



Merkblatt 28

Blei-Starterbatterien im System

Hinweise zu Einsatz und Anwendung

Ausgabe Januar 2024
ZVEI FV Batterien

Vorbemerkung:

Dieses Merkblatt soll die Auswahl von Batterien sowie das Erarbeiten von konstruktiven Lösungen und Betriebsanweisungen unterstützen, in dem über die einschlägigen Normen hinausgehend allgemeingültige Informationen zum Einsatz von Blei-Säure-Batterien in Fahrzeugen bereitgestellt werden. Diese Informationen besitzen empfehlenden Charakter und ersetzen im Einzelfall nicht die in Verantwortung des jeweiligen Batterieanwenders zu treffenden Entscheidungen. Durch die Zusammenfassung der bisherigen Erfahrungen sollen sie jedoch die Entscheidung erleichtern.

| | |
|---|-----------|
| 1. Allgemeines | 3 |
| 2. Mechanische Belastungen | 3 |
| 2.1. Befestigung der Batterie | 3 |
| 2.2. Rüttelbeanspruchung | 4 |
| 3. Thermische Belastungen | 5 |
| 3.1. Batterietemperaturen | 5 |
| 3.2. Mögliche Maßnahmen bezüglich thermischer Belastung..... | 6 |
| 4. Elektrische Belastungen | 7 |
| 4.1. Elektrische Einbindung der Batterie ins Fahrzeug | 7 |
| 4.2. Batteriespannung | 7 |
| 4.3. Batterieströme | 9 |
| 4.4. Grenzen der zyklischen Belastung | 9 |
| 5. Einbauraum der Batterie | 10 |
| 5.1. Be- und Entlüftung der Batterie | 10 |
| 5.2. Schutz vor Verätzungen durch Batteriesäure..... | 11 |
| 5.3. Elektrostatische Entladung (ESD) | 12 |
| 5.4. Schwallwasser | 13 |
| 5.5. Direkte Lichteinwirkung (UV) | 13 |
| 5.6. Batterieumgebung | 13 |
| 5.7. Einbaurichtung der Batterie im Fahrzeug..... | 13 |
| 5.8. Beschilderung und Warnhinweise | 13 |
| 6. Vorschriften für die Verschaltung von Batterien | 13 |
| 6.1. Reihenschaltungen von Batterien..... | 13 |
| 6.2. Parallelschaltungen von Batterien | 14 |
| 6.3. Kombinierte Reihen- und Parallelschaltung: | 14 |
| 7. Reparatur- und Wartungshinweise | 14 |
| 7.1. Eingefrorene Batterien..... | 14 |
| 7.2. Einbau und Ausbau der Batterie..... | 14 |
| 7.3. Kontrolle und Korrektur des Elektrolytstandes | 14 |
| 7.4. Fremdladung mittels externem Ladegerät..... | 15 |
| 7.5. Fremdstart | 15 |

1. Allgemeines

Blei-Batterien im Sinne dieser Empfehlung erfüllen ihre Funktion beim Starten des Motors, beim Versorgen des Bordnetzes mit Strom und zur Glättung der Bordnetzspannung. Um Kundenzufriedenheit in Verbindung mit einem Höchstmaß an Produktsicherheit zu gewährleisten, ist eine Reihe von Hinweisen bei der Anwendung von Bleibatterien zu beachten. Diese ergeben sich aus der Abhängigkeit der Batterie von mechanischen, thermischen und elektrischen Einflüssen und berücksichtigen Sicherheitsaspekte.

Dieses Merkblatt enthält Empfehlungen für den sicheren Umgang mit diesen Batterien, sie ersetzt weder die durch den Erstausrüster erstellte Arbeitsanweisung im gewerblichen Bereich noch die durch den Fahrzeughersteller mitgelieferte Gebrauchsanweisung oder die Fahrzeugbetriebsanleitung.

Die Anforderungen an diese Batterien sind breit gefächert. Neben Standardbatterien kommen deshalb auf spezielle Anwendungsbedingungen hin optimierte Batterien zum Einsatz. Spezielle Einsatzbedingungen sind zum Beispiel hohe mechanische Belastungen, hohe thermische Belastungen und besondere elektrische Belastungen. Besondere Aufmerksamkeit verlangen die sicherheitsrelevanten Eigenschaften.

Einbauort, Betriebsbedingungen und Batterieauswahl müssen aufeinander abgestimmt werden. Dieser Leitfaden soll dabei unterstützen und Einzelheiten erläutern.

2 Mechanische Belastungen

2.1. Befestigung der Batterie

2.1.1 Der Batterieträger

Der Batterieträger ist die fahrzeugseitig vorgesehene Batterieaufnahme. Er muss mechanisch stabil ausgeführt und fest am Fahrzeug befestigt sein. Der Batterieträger und seine Befestigung sind auf die dynamischen Belastungen abzustimmen. Übermäßige mechanische Belastungen der Batterien sind zu vermeiden. Eine flächige, außen umlaufende Unterstützung der Batterieabdeckungsfläche ist vorteilhaft. Im Bereich der Batteriebefestigung ist der Batterieträger so auszuführen, dass das bei starker Vibration bzw. bei einem Crash auftretende Vielfache des Batteriegewichtes aufgenommen werden kann.

Die verschiedenen Batterietypen bieten unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten:

2.1.2 Bodenleisten nach EN 50342-2

In diesem europäischen Standard sind umlaufende Bodenleisten an den Längs- und Stirnseiten beschrieben. Diese genormten Bodenleisten haben ein fest vorgegebenes Profil. Zusätzlich verfügen sie über genormte Sicken in fest vorgegebenen Positionen. Die für die Befestigung der Batterie vorzusehenden Konstruktionselemente wie Klemmleiste und Pratzen oder andere Elemente haben die Aufgabe, die Batterie im Träger zu positionieren, niederzuhalten und gegen seitliches Rutschen zu sichern. Die Befestigungselemente sind mechanisch stabil auszuführen und spielfrei gegen die Grundplatte zu verschrauben. Befestigungspunkte und Elemente sind so auszuführen, dass die an der Batterie möglichen Kräfte aufgenommen werden. Die Sicherung gegen Verrutschen erfolgt bevorzugt mittels Nasen, die in die Sicken der Bodenleisten eingreifen. Die Befestigungselemente sind so auszuführen, dass keine Beschädigungen an der Batterie auftreten. Zulässige Spannkraft siehe 2.1.5.

2.1.3 Blockdeckel nach EN 50342-2

In diesem europäischen Standard sind Batterien mit Blockdeckel beschrieben, bei denen der Deckel an den beiden Längsseiten definierte Rücksprünge aufweist. Das sich hierdurch ergebende Trottoir ist besonders gut für die Befestigung von oben geeignet. Typische Befestigungselemente sind quer zur Batterie geführte Bügel mit Zugankern. Die Befestigungselemente sind mechanisch stabil auszuführen und spielfrei gegen die Grundplatte zu verschrauben. Befestigungspunkte und Elemente sind so auszuführen, dass die an der Batterie angreifenden Kräfte aufgenommen werden. Eine zusätzliche Sicherung gegen seitliches Verrutschen ist erforderlich. Zulässige Spannkraft siehe 2.1.5.

2.1.4 Monodeckel nach EN 50342, Teile 2 und 4

In diesen europäischen Standards sind Batterien mit flachem Deckel beschrieben. Bei diesen Batterien stehen die Endpole und in einigen Fällen auch die Zellenverschlussstopfen über den Deckel hinaus. Typische Befestigungselemente sind umlaufende Rahmen oder senkrecht zur Querachse der Batterie geführte Bügel mit Zugankern. Die Befestigungselemente sind mechanisch stabil auszuführen und spielfrei gegen die Grundplatte zu verschrauben. Befestigungspunkte und Elemente sind so auszuführen, dass die an der Batterie möglichen Kräfte aufgenommen werden. Eine zusätzliche Sicherung gegen seitliches Verrutschen ist erforderlich. Zulässige Spannkkräfte siehe 2.1.5.

2.1.5 Zulässige Spannkkräfte

Die Batteriegehäuse bestehen in der Regel aus Polypropylen. Die Anforderungen an die Werkstoffe, den Batteriekasten und den Deckel sind in EN 50342-5 festgelegt. Zu den Eigenschaften des Werkstoffs Polypropylen zählt, dass er unter Belastung kriecht. Das bedeutet, dass die von der Befestigung aufgebrachte Vorspannung bereits nach einem Temperaturwechsel stark reduziert ist. Hieran ändern auch größere Spannkkräfte nichts, sie verursachen plastische Verformungen der Gehäusewände. Bei der Befestigung der Batterie über die Bodenleisten ist eine gewisse plastische Verformung der Bodenleisten zur dauerhaften Befestigung der Batterie erforderlich. Eine übermäßige Verformung führt zur Zerstörung des Gehäuses. Aus diesem Grunde sollte bei der Montage die Verformung an den Bodenleisten 15% der Höhe der Bodenleiste nicht überschreiten.

Anmerkung: Die Bodenleistenbefestigung der Batterie ist ein statisch überbestimmtes System, auf das die Konstruktionsregeln des Maschinenbaues im Hinblick der plastischen Verformung nicht angewendet werden können. Folgende Konstruktionsmerkmale müssen theoretisch und experimentell abgestimmt werden: Steifigkeit der Bodenleiste hinsichtlich Konstruktion und Werkstoff, Größe der Pratzenfläche, Verformungsweg sowie Anzugsdrehmoment in Bezug auf den Schraubengewinde-durchmesser (Steigung ist Gewindeabhängig).

Bei der Befestigung über den Deckel hängen die Flächenbelastungen auf den Deckel von der jeweiligen Konstruktion (Ausführung des Batteriedeckels und Lage und Ausführung der Halterung) ab und müssen für den Einzelfall gesondert ausgelegt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Gesamtbelastung der Batterie in der Regel nicht mehr als das 10-fache Batteriegewicht und die Flächenbelastung den Wert von 1 N/mm² bei nicht unterstützten und maximal 6 N/mm² bei Trennwand unterstützten Deckelbereichen betragen darf.

2.1.6 Sicherung gegen seitliches Verrutschen

Die Befestigung soll eine Batteriebewegung in X-/ Y- und Z- Richtung verhindern. Zusätzlich zur Niederhaltung soll die Batterie gegen seitliches Rutschen gesichert werden. Nebeneinanderstehende Batterien sollen auf Abstand gehalten werden, so dass die Batteriedeckel nicht aneinanderstoßen. Mögliche Höhendifferenzen nebeneinanderstehender Batterien sollten beachtet werden.

Im Fall der Bodenleistenbefestigung kann das Sichern gegen Verrutschen durch Nasen in den Pratzen und / oder Klemmleisten erreicht werden, die spielfrei in die Sicken der Bodenleisten greifen.

2.1.7 Verhalten der Batterie bei einem Crash

Die Batterie kann aufgrund ihrer großen Masse eine besondere Gefahr für direkt und indirekt an einem Crash beteiligte Personen darstellen. Die folgenden Maßnahmen sind geeignet, diese Risiken zu verringern:

- geeignete Wahl des Einbauortes,
- Batterie, wenn erforderlich, zusätzlich sichern.

2.2. Rüttelbeanspruchung

Der Batterieträger überträgt die Fahrzeugschwingungen direkt auf die Batterie. Die Beanspruchung ist durch das Frequenzspektrum und die zugehörigen Amplituden bestimmt. Besonders kritisch wirken sich Frequenzen im Resonanzbereich der Batterie aus.

Die Batterie stellt bedingt durch ihren konstruktiven Aufbau selbst ein aktives Schwingungssystem dar. Komponenten dieses Systems sind das elastische Kunststoffgehäuse, die im Gehäuse fixierten Plattenblöcke sowie die frei in den Zellen bewegliche Säure. Dieses System der drei Komponenten zeigt in der Regel zwei ausgeprägte Resonanzstellen. Diese variieren mit der jeweiligen Batteriekonstruktion.

Typische Resonanzfrequenzen liegen im Bereich von:

- 10 bis 30 Hz (für die Resonanz der Säure)
- 90 bis 120 Hz (für die Resonanz der Plattenblöcke)

Gerät die Säure in Resonanz, so ist Säureaustritt aus der Batterie möglich. Gerät der Plattenblock in Resonanz, sind mechanische Schädigungen der internen Komponenten mit der potenziellen Konsequenz der Funkenbildung und der daraus resultierenden Entzündung des Gasgemisches denkbar.

Durch konstruktive Vorkehrungen am Fahrzeug kann auf die Auswirkung der Schwingungsbelastung Einfluss genommen werden. Bei Bedarf können Batterieausführungen mit erhöhter Rüttelfestigkeit eingesetzt werden:

- Batterien mit festgelegtem Elektrolyt (verschlossene VRLA- Technik) dämpfen die Resonanz des Plattenblockes und der Säure deutlich.
- Bei konventionellen Batterieausführungen kann der Plattenblock durch geeignete fertigungstechnische Maßnahmen in seinem Schwingverhalten gedämpft werden. In EN 50342-1 sind verschiedene Anforderungsklassen definiert.

3. Thermische Belastungen

Batterien sind elektrochemische Energiespeicher. Chemische Prozesse sind bekanntlich stark temperaturabhängig. In erster Näherung gilt, dass sich die Reaktionsgeschwindigkeit pro 10 K Temperaturerhöhung verdoppelt bzw. bei 10 K Temperaturabnahme halbiert.

Hohe Temperaturunterschiede in der Batterie bzw. im Batterieverbund bewirken eine ungleichmäßige Arbeitsweise der Zellen und damit den Frühausfall der Batterie.

Die optimale Arbeitstemperatur der Batterie liegt im Bereich +20 bis +40 °C. Tiefere Temperaturen begrenzen sowohl die Ladbarkeit als auch die Leistungsfähigkeit der Batterie. Höhere Temperaturen steigern die Selbstentladung, den Verschleiß und den Wasserverbrauch.

Die Erwärmung der Batterie kann sowohl durch äußere Wärmequellen über Wärmeleitung, -strahlung und / oder -konvektion als auch durch Verlustwärme innerhalb der Batterie erzeugt werden.

Extreme Temperaturen bewirken besondere Risiken:

- Bei Überhitzung ist zu berücksichtigen, dass insbesondere bei VRLA- Batterien zusätzlich zum höheren Verschleiß ein Ausfall durch den so genannten „thermal runaway“ Effekt auftreten kann. Hierunter versteht man die thermische Selbstzerstörung der Batterie, da bei Ladung überhitzter Batterien die Stromaufnahme unkontrolliert steigt und die dabei zusätzlich freigesetzte Wärme eskaliert. Es kann zu Säureaustritt kommen.
- Bei Temperaturen unter dem Nullpunkt sinkt die Stromaufnahme fast bis auf null. Das bedeutet, dass die der Batterie entnommene Strommenge nicht schnell genug wieder eingeladen wird. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass der Gefrierpunkt der Batteriesäure mit sich verringernder Säuredichte steigt. Die Dichte der Säure sinkt bei der Entladung mit zunehmender Entladetiefe. Typische Werte sind:
 - die vollgeladene Batterie gefriert erst bei etwa -70°C ,
 - die halbentladene Batterie bei -20°C und
 - die völlig entladene Batterie bereits bei 0°C .

Achtung: Gefrorene Batterien können bersten, nach dem Auftauen tritt dann Säure aus. Außerdem kann die Aufladung gefrorener Batterien zur Explosion führen.

Die Batterie sollte deshalb entsprechend den zu erwartenden Einsatztemperaturen in einem Ladezustand gehalten werden, der das Einfrieren der Batterie verhindert.

3.1. Batterietemperaturen

Entsprechend den allgemeinen Ausführungen im voranstehenden Text sollten die Batterien im Arbeitstemperaturbereich (Säuretemperatur) der *Tabelle 1* betrieben werden:

3.2. Mögliche Maßnahmen bezüglich thermischer Belastung

3.2.1 Maßnahmen gegen Probleme der Batterie bei hohen Temperaturen

Mögliche Maßnahmen gegen hohe Temperaturen der Batterie sind einzeln oder in Kombination:

- Kühler Einbauort (Lage der Kühl- und Abgasanlage beachten),
- Belüfteter Einbauort gegen Erwärmung von außen und innen, Wärmeabschirmblech, Wassertaschen / Kühltaschen, Rundum-Wärmeschutz für die Batterie (Isolierung, Raum für Isolierung vorhalten) oder

| | geschlossene Batterien (flooded batteries) | verschlossene Batterien (valve regulated lead-acid batteries – VRLA) |
|--|---|--|
| Obere Temperatur | 60 °C | 60 °C |
| Differenz innerhalb der Batterie bzw. innerhalb des Batterieverbundes | 10 K | 6 K |
| Untere Temperatur | - 40 °C Ladbarkeit und Gefriergrenze beachten. | |
| 1) Temperaturspitzen kumuliert über Gebrauchsdauer 3h 80°C sind zulässig. 2) Bei VRLA- Batterien ist zu beachten, dass diese sich bei gleichen Umgebungsbedingungen aufgrund des internen Rekombinationskreislaufes schneller erwärmen als nasse Batterien. | | |

Tabelle 1: Arbeitstemperaturbereich im Inneren der Batterie

- Batterietemperaturgeregelte Ladung mit einem Gradienten der Lade-spannung von -24 mV/K pro 12 V-Einheit (siehe Punkt 4.2.1).

3.2.2 Maßnahmen gegen Probleme der Batterie durch tiefe Temperaturen

Mögliche Maßnahmen gegen tiefe Temperaturen der Batterie sind einzeln oder in Kombination: Wärmeisolation,

- Warmer Einbauort (Wärmequellen im Fahrzeug nutzen, Zusatzheizung) oder
- Batterietemperatur-geregelte Ladung, der Gradient der Ladespannung beträgt -24 mV/K pro 12 V Einheit, siehe Punkt 4.2.1.

3.2.3 Systemmaßnahmen:

Auch das System kann seinen Beitrag zur Kompensation extremer Temperaturen oder deren Folgen leisten:

- Batterieauswahl (Technologie, innerer Aufbau, Säuredichte),
- Systemabstimmung (Generator, Bordnetz, Batterie),
- Temperaturüberwachung mit aktivem Temperaturmanagement für die Batterie,
- Ladezustandsüberwachung mit aktivem Energiemanagement für die Batterie oder
- leichten Batterieausbau gewährleisten, um die Batterie extern nachladen zu können.

3.2.4 Servicemaßnahmen

In Regionen mit extremen klimatischen Verhältnissen sind dem Anwender gegebenenfalls nachfolgende Maßnahmen zu empfehlen:

- Batteriewartung (Säurestandskontrolle, Wasser nachfüllen, externe Ladung, externe Temperierung),
- Anpassung der Wartungsintervalle oder
- Begrenzung der Einsatzdauer.

4. Elektrische Belastungen

4.1. Elektrische Einbindung der Batterie ins Fahrzeug

Für die sichere Einbindung in das Bordnetz besitzt die Batterie bevorzugte Formen und Lagen der Anschlusspole. Die an den Batteriekabeln befindlichen Anschlusselemente sind so auf die Formen und Materialeigenschaften der Anschlusspole abzustimmen, dass eine dauerhaft kraftschlüssige Verbindung gewährleistet ist.

Form und Lage der Anschlusspole sind überwiegend in EN 50342, Teil 2 (für PKW) und Teil 4 (für NKW) genormt.

Die Batteriepole sind aus Blei bzw. einer Bleilegierung gefertigt. Die Polhülsen sind weitgehend hohl ausgeführt und das duktile Verhalten von Blei unter permanent mechanischer Belastung ist zu berücksichtigen. Deshalb ist bei der Konstruktion der Anschlussklemmen und der Definition der zugehörigen Anzugsmomente auf gleichmäßige, großflächige, den Pol nur gering verformende Pressung zu achten. Zusätzlich ist bei der Konstruktion der Klemme zu berücksichtigen, dass eine mehrmalige Wiederholung des Löse- und Anschlussvorganges erforderlich sein kann. Hierbei ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass der Pol mit jedem Anschlussvorgang seine Oberflächengestalt verändern kann. Bei der Verwendung von Polfett ist der Einfluss auf den Festsitz der Klemme zu beachten.

Die Konstruktion der Batterieklemme und das zur Befestigung gehörende Werkzeug sind so aufeinander abzustimmen, dass es beim Anschluss der Batterie durch den Laien weder zur Beschädigung des Pols, des Batteriedeckels noch der Plattensätze kommt. Die Anwendung von Gewalt zum Aufschieben der Klemme (Hammer) oder das Aufbringen von Biege- und Torsionsmomenten (Hebelwirkung) größer 10 Nm sind unzulässig.

In der Regel werden in einem Fahrzeugmodell je nach Ausstattung Batterien verschiedener Größen verbaut. Deshalb wird empfohlen, dass:

- die Batterie bedingt durch die Länge der Zuleitungen nur polrichtig angeschlossen werden kann,
- bedingt durch die Länge und Flexibilität der Zuleitungen keine unzulässig hohen Biegemomente weder statisch noch dynamisch auf die Batteriepole gelangen, der Leitungssatz so zu dimensionieren ist, dass die Ladespannung gemäß Punkt 4.2.1 eingehalten wird.
- Kabel und Schlauchleitungen mit Kontakt zum Motor müssen sicher von der Batterie ferngehalten werden. Andernfalls können Motorschwingungen zum Durchscheuern des Batteriegehäuses führen. Säureschäden an Fahrzeugteilen sind dann möglich.

Nicht mit Masse verbundene Polanschlüsse sind gegen Kurzschluss zu schützen.

4.2. Batteriespannung

Bei Ladung ist die optimale Ladespannung abhängig von der Batteriekonstruktion, der Batterietemperatur und dem Lastprofil. Zu hohe Ladespannungen führen zu verstärkter Gasung in der Batterie, dadurch besteht die Gefahr von Säureaustritt. Gleichzeitig wird der Wasserverbrauch erhöht und die Lebensdauer reduziert. Zu niedrige Ladespannungen führen zu Mangelladung, bleibender Sulfatation und zur Gefahr des Einfrierens.

Zum Schutz der Batterie sollten Bleibatterien nicht unter stromabhängige Spannungsgrenzwerte entladen werden. Andererseits hat die Versorgung sicherheitsrelevanter Verbraucher Vorrang vor dem Schutz der Batterie.

4.2.1 Ladespannungen

Eine für die Batterie optimierte Kennlinie der Ladespannung in Abhängigkeit von der Temperatur (Spannung an den Batteriepolen gemessen, Temperatur in der Batterie gemessen) ist in der *Abbildung 1* dargestellt.

Systemoptimierte Ladekennlinien sollten mit dem Batteriehersteller abgestimmt werden. Sonderladungen wie zum Beispiel die Rekuperation (Rückspeisung der Bremsenergie, Rückspeisung von Aktoren) oder Fremdladung sollten ebenfalls mit den Batterieherstellern abgestimmt werden, wenn sie sich außerhalb der oben angeführten Ladekennlinie (Abb. 1) befinden.

Hinweis: Die Batterie ist kein elektrischer Verbraucher im Sinne der ISO 16750-2.

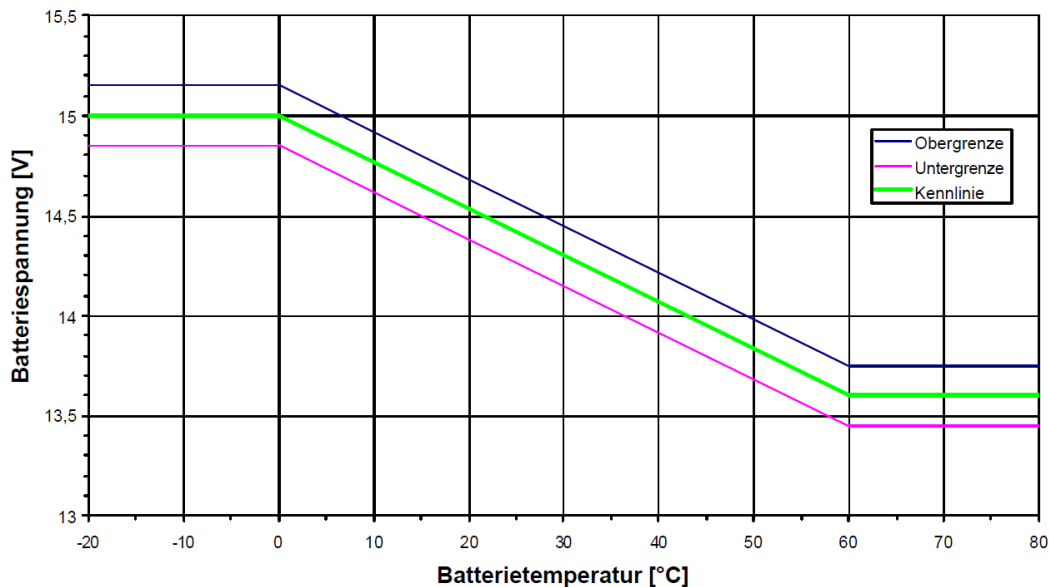


Abbildung 1: Doppelknick-Kennlinie für 12 V-Batterien bei Ladung im Fahrzeug (Gradient der Kennlinie: -24 mV/K).

4.2.2 Überlagerte Wechselstromanteile

Die Batterie arbeitet im Fahrzeug im Pufferbetrieb. Generator und die sich wechselnd zuschaltenden Verbraucher bewirken eine zusätzliche Wechselstrombelastung der Batterie, bei der dem Lade- oder Entladestrom ein Wechselstrom aufgeprägt ist. In Abhängigkeit von Ladebilanz, Ladezustand der Batterie, Batterietemperatur und Batteriebauart beeinflussen Amplitude und Frequenz des Wechselstromanteiles die Haltbarkeit der Batterie. Es sind unterschiedliche Schadensbilder, dramatische Verkürzungen der Lebensdauer, aber auch vorteilhafte Effekte bekannt.

Eine zusätzliche Wechselstrombelastung in der Ladephase bewirkt stets eine zusätzliche Erwärmung der Batterie. Nach heutiger Erfahrung sind verschlossene Batterien im vollgeladenen Zustand empfindlicher gegen Wechselstrombelastungen als Batterien mit flüssigem Elektrolyten.

Frequenzen im Bereich bis 500 Hz bewirken selbst bei geringen Ladungsdurchsätzen abhängig von der Kurvenform des Stromes und von Grundladezustand eine Mikrozyklisierung der Batterie, die zu Säureschichtung, vorzeitigem Verschleiß der Aktivmassen und zu verkürzten Batterielebensdauer führen kann. Wechselstrombelastungen im kHz-Bereich sind relativ unbedenklich.

Maßnahmen gegen Wechselstrombelastungen sind:

- Anpassung der Batteriegröße und Batterietechnologie,
- Bordnetz Anpassung (Überladung der Batterie vermeiden, Einsatz von Induktivitäten und/oder Zusatzkapazitäten).

4.2.3 Entladespannungen

Der Mindestladezustand der Batterie wird in der Regel durch die Anforderungen beim Starten bestimmt und liegt deshalb zumeist oberhalb von 50 % bezogen auf die Nennkapazität der Batterie. Tiefere Entladungen der Batterie sind möglich, gehen aber zu Lasten der Gebrauchsdauer. Insbesondere sollten Entladungen über 80% der Nennkapazität vermieden werden. Ein dauerhaftes Verweilen bei niedrigen Ladezuständen führt ebenfalls zu Schädigungen und zum Frühausfall. Gelegentliche Stromspitzen, wie sie zum Beispiel beim Start vorkommen, sind unkritisch und bedürfen keiner Begrenzung der Entladespannung.

Die auf 80 % Entladetiefe abgestimmten Entladeschlussspannungen sind vom jeweiligen Belastungsstrom abhängig. Die in der *Tabelle 2* genannten Entladeschlussspannungen UES gelten für 12 V Batterien und die auf Nennkapazität C_{20} normierten Lastströme. Für Batterien mit von 12 V abweichender Nennspannung sind die Entladeschlussspannungen linear entsprechend den Nennspannungen umzurechnen.

Für die Verbraucher sind die zulässigen Spannungsgrenzen nach ISO 16750 zu beachten.

| | | | | | | | |
|---|--------|-------|------|------|------|------|-----|
| Spezifischer Entladestrom I_E pro C_{20} [A/Ah] | 0,0005 | 0,005 | 0,05 | 0,25 | 1 | 3 | 5 |
| Entladeschluss-Spannung UES [V] | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 11,6 | 11,3 | 10,2 | 9,3 |

Tabelle 2: Entladeschlussspannungen

Um unzulässige Spannungseinbrüche auszuschließen, werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Bordnetzauslegung (Generator/ Verbraucher/Leitungen)
- Batteriegröße und -bauart,
- Abschaltung einzelner Verbraucher,
- Drehzahlanhebung.

4.3. Batterieströme

Autobatterien sind nicht kurzschlussfest. Batterien können bei einem Kurzschluss im nicht abgesicherten Bordnetzteil (Batteriehauptleitung, Starterleitung, Generatorleitung) sehr hohe Leistungen über längere Zeit abgeben. Zu hohe Ströme, wie sie bei einem Kurzschluss im Bordnetz auftreten, können zum Durchschmelzen des Kopfbleis (interne Bleiverbindungen der Batterie) führen. Durch den hierbei auftretenden Funken kann es zur Explosion der Batterie kommen.

| | | | | | |
|--|-----|---|-----|----|------|
| Belastungszeit in Sekunden | 0,5 | 2 | 10 | 30 | > 30 |
| Laststrom in Vielfachen des Kaltstartstroms I_{cc} | 3 | 2 | 1,3 | 1 | 0,6 |

Tabelle 3: Laststrom/Belastungszeiten

Die in der *Tabelle 3* aufgeführten Lastströme und Belastungszeiten sind aus Erfahrung unkritisch.

4.3.1 Maßnahmen gegen zu hohe Batterieströme:

Um Folgen von Kurzschlüssen an Leitungen und Batterie zu vermeiden, sind fahrzeugseitig verschiedene Maßnahmen einzeln oder in Kombination möglich:

- Geeigneter Einbauraum,
- Geschützte Leitungsverlegung,
- Verwenden von Polabdeckungen,
- Einsatz von Hauptsicherungen,
- Mehrbatterienbordnetz,
- Geeignete Batterien einsetzen

4.4. Grenzen der zyklischen Belastung

Unter zyklischer Belastung versteht man den Wechsel von Ladungen und Entladungen. Die zyklische Belastbarkeit der Batterie ist als Anzahl von Lade- und Entladewechseln bis zum Batterieausfall definiert. Die erreichbare Zyklenzahl wird bei optimaler Temperatur und Ladung im Wesentlichen von der durchschnittlichen Entladetiefe bestimmt. Das Produkt aus Zyklenzahl und pro Zyklus entnommener Kapazität stellt in erster Näherung für eine bestimmte Batterie die charakteristische

Größe für die Zyklenlebensdauer dar.

Die im Fahrzeug tatsächlich erreichte Zyklenlebensdauer wird von Ladespannung, Ladebilanz, Batteriekonstruktion und Batterietemperatur bestimmt.

Batterien, die

- permanent im niedrigen Ladezustand betrieben werden,
- mit zu niedrigen oder zu hohen Ladespannungen geladen werden,
- bei extremen Batterietemperaturen gezykelt werden, erreichen nur stark verkürzte Zyklenlebensdauer.

Mögliche Maßnahmen gegen frühzeitigen Ausfall durch zyklische Belastung:

- Generator und Verbraucher abstimmen;
- Ruhestrommanagement zur Vermeidung von zu tiefen Entladungen;
- Ladespannung an die Batterietemperatur angepasst;
- Batterieauswahl (Größe, Bauart, Ladedynamik)
- extreme Batterietemperaturen vermeiden.

5. Einbauraum der Batterie

5.1. Be- und Entlüftung der Batterie

In der Batterie wird durch Wasserersetzung und Selbstentladung ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff erzeugt. Dieser Vorgang ist unter allen Betriebsbedingungen vorhanden (Lade-, Entlade- und Ruhephase) und tritt insbesondere dann auf, wenn die Batterie über die so genannte Gasungsspannung hinaus geladen wird.

Die Batterie braucht in jedem Fall den Gasaustausch mit der umgebenden Atmosphäre. Die Batterie entgast über die Verschlussstopfen jeder einzelnen Zelle oder über die seitliche Öffnung der Zentralentgasung. Mit den Gasen können Säurepartikel austreten, diese Aerosole können Korrosion im Umfeld der Batterie verursachen. Diese Gase sind entsprechend ihrer Zusammensetzung explosiv.

5.1.1 Entwicklung von Batteriegasen

Die Gasungsspannung kennzeichnet jenen Spannungswert, bei dem deutliche Gasung einsetzt. Dieser Spannungswert ist abhängig von der Batterietechnologie, vom Batteriealter und von der Batterietemperatur. Für die neue Batterie gilt als Richtwert für die Gasungsspannung bei Raumtemperatur 14,4 V (= 2,4 V/Zelle).

Bei vollgeladener Batterie wird die eingeladene Strommenge nahezu vollständig zur Zersetzung des Wassers im Elektrolyten verbraucht. Die Strommenge einer Amperestunde zersetzt dann 0,34 g Wasser und bildet dabei 0,42 l Wasserstoff und 0,21 l Sauerstoff bei 20 °C und 1013 hPa.

Gegen Ende der Gebrauchsdauer kann es zusätzlich in der Batterie zur Ausbildung von Kurzschlüssen in einer oder mehreren Batteriezellen kommen. Die Ladespannung des Generators bleibt in diesem Fall gleich, sie verteilt sich aber auf wenige nicht kurzgeschlossene Zellen und kann dadurch die Gasungsspannung der übrigen Zellen erheblich übersteigen. Bei defektem Regler kann die Ladespannung ebenfalls unzulässig ansteigen, verstärkt Gasung und korrosive Aerosole erzeugen.

Der Konzentrationsbereich, in dem ein Wasserstoff/ Sauerstoff-Gemisch gezündet werden kann, liegt bei 4 % bis 96 % Wasserstoffanteil. Für die Zündung des Gemisches genügt eine Zündenergie von nur 0,01 Joule. Generell kann das austretende Gasmisch gezündet werden und sich die Zündung ins Innere der Batterie fortsetzen.

Es sind deshalb Maßnahmen vorzusehen, die Korrosionsschäden vermeiden und das Risiko von Batterieexplosionen minimieren. Diese Maßnahmen müssen über die Nutzungsdauer des Fahrzeuges wirksam bleiben. Dies gilt auch für die Ersatzbatterie, die mindestens den gleichen Anforderungen wie die Originalbatterie genügen muss.

5.1.2 Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Batteriegase

Mögliche Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Batteriegase / Aerosole in der Nähe von Zündquellen und / oder in

der Nähe korrosionsempfindlicher Bauteile sind:

- Geeignete Konstruktion des Einbauraumes (s. 5.1.2.1),
- ausreichender Abstand zu Zündquellen (s. 5.1.2.2) oder
- gezielte Ableitung der Batteriegase (s. 5.1.2.3),

Zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung von Schäden:

- Auswahl geeigneter Batterien,
- Rückzündungshemmung in der Batterie (s. 5.1.2.4),
- Systemabstimmung (Regler, Batterie),
- Auffangsystem für austretende Säure (Tropfenfänger, Wanne),
- keine korrosionsempfindlichen Bauteile in Batterienähe oder
- Batteriedeckelsysteme mit Säureauffang /Abscheidefunktion.

5.1.2.1 Geeignete Konstruktion des Einbauraumes

Einbauräume sollten so konstruiert sein, dass eine Wasserstoffkonzentration in der Verdünnung der austretenden Gase unter der Zündgrenze von <4 % gehalten wird.

Mögliche Maßnahmen hierfür sind:

- Einbauraum so gestalten, dass die natürliche Belüftung ausreicht,
- für ausreichende Fremdbelüftung des Einbauraumes sorgen oder
- Ableitung der Batteriegase aus dem Einbauraum.

Siehe auch entsprechende Sicherheitsanforderungen in den Normen EN 50272 bzw. IEC 62485.

5.1.2.2 Ausreichender Abstand zu Zündquellen

Ein ausreichender Abstand von Zündquellen ist einzuhalten um die Wasserstoffkonzentration unterhalb der Zündgrenze zu halten. Hierzu sind geeignete Untersuchungen oder Berechnungen erforderlich. Die Normen EN 50272 bzw. IEC 62485 geben entsprechende Hinweise.

5.1.2.3 Gezielte Ableitung der Batteriegase

Das Sammeln der Batteriegase in einem Zentralentgasungskanal bietet die Möglichkeit, die Gase zusammen mit den Aerosolen kontrolliert über eine genormte Entgasungsöffnung im Deckel in Verbindung mit einem Gasableitungsschlauch aus der Batterieumgebung oder dem Batteriekasten nach außen zu führen.

Hierbei ist zu beachten:

- Ungehinderte Entgasung durch knickfreie Verlegung der Ableitung gewährleisten.
- Schlauch kontinuierlich fallend verlegen, um Wasseransammlung zu vermeiden, die bei Frost die Entgasung beeinträchtigen könnte.
- Schlauchende nicht in Bereiche starken Über- oder Unterdrucks münden lassen.
- Ausreichender Abstand des Schlauches zu Zündquellen.
- Hinweis geben, dass der Schlauch nach Wartungsarbeiten erneut gesteckt werden muss.
- Batterien einsetzen, deren Zellenstopfen über die Lebensdauer der Batterie dicht sind oder die stopfenlose Batteriedeckel haben.
- Hinweis, dass im Ersatzfall nur Batterien gleicher Konstruktion verwendet werden dürfen.
- Einige Fahrzeuge sind mit einem Schlauch mit aufgestecktem Anschlussstück zur Ableitung der Batteriegase versehen. Trifft das auf das Fahrzeug zu, ist der Schlauch über das Anschlussstück in die entsprechende Entgasungsöffnung der Batterie einzustecken. Sofern eine weitere Entgasungsöffnung auf der anderen Seite vorhanden ist, muss diese mit einem Verschlussstopfen verschlossen werden. Es dürfen keinesfalls beide Entgasungsöffnungen gleichzeitig mit Stopfen verschlossen werden.

5.1.2.4 Rückzündungshemmung

Unter Rückzündungshemmung werden zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung des Explosionsrisikos bei Außenzündung verstanden. Hierbei wird der Durchschlag eines außerhalb der Batterie vorhandenen Funkens ins Innere der Batterie mittels eines speziellen „Filters“ gehemmt. Trotz dieses deutlichen Vorteils, muss gleichzeitig berücksichtigt werden, dass dieser Filter den Abzug der explosiven Gase aus der Batterie verzögert.

5.2. Schutz vor Verätzungen durch Batteriesäure

Batterien enthalten als Elektrolyt stark ätzende verdünnte Schwefelsäure. Beim Einbau der Batterie im Fahrzeuginnenraum (der Kofferraum gehört bei umlegbaren Rücksitzen ebenfalls zum Innenraum) muss die Vermeidung von Personenschäden durch austretende Batteriesäure bedacht werden. Die Möglichkeit einer Kontamination von Personen mit Batteriesäure kann sowohl durch fahrzeugseitige als auch batterieseitige Maßnahmen verringert oder verhindert werden.

5.2.1 Fahrzeugseitige Maßnahmen

Schutz vor Verätzung mit Batteriesäure kann zum Beispiel durch eine Unterbringung der Batterie mit einer Abdeckung zum Fahrzeuginnenraum erreicht werden.

5.2.2 Batterieseitige Maßnahmen

Bei den nachstehend genannten Batterien handelt es sich um Ausführungen mit besonderen Eigenschaften. Für den Ersatzfall muss der Anwender darauf hingewiesen werden, dass eine Batterie mit mindestens den gleichen Konstruktionsmerkmalen wie die Erstausrüstung verwendet

wird. (z.B. Hinweisschild im Umfeld der Batterie oder Hinweis in der Bedienungsanleitung zum Fahrzeug).

5.2.2.1 Kippwinkel optimierte Batterien

So genannte Kippwinkel optimierte Batterien erfüllen spezielle Anforderungen. So halten zum Beispiel Batterien dieser Bauart den flüssigen Elektrolyten selbst in Kopflage und unter Ladung zeitlich begrenzt zurück, so dass das Säureaustrittsrisiko reduziert wird.

5.2.2.2 Batterien mit festgelegtem Elektrolyt

Als batterieseitige Maßnahme bietet sich der Einsatz einer Batterie mit festgelegtem Elektrolyt, einer so genannten VRLA-Batterie an (VRLA = „Valve Regulated Lead Acid“ und steht als Sammelbegriff für AGM / Vlies und Gel-Batterien).

5.3. Elektrostatische Entladung (ESD)

Das fast immer im Gasraum der Batterie befindliche Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff ist explosiv und kann durch einen Funken gezündet werden. Ein Zündfunke kann auch durch elektrostatische Entladung auftreten.

Da das Batteriegehäuse aus Kunststoff besteht und ein elektrischer Isolator ist, kann das Batterieinnere ein anderes Potential haben als die Umgebung. Der Ausgleich dieser Potentialdifferenz erfolgt als elektrostatische Entladung.

Eine elektrostatische Aufladung von Personen oder Gegenständen erfolgt durch Ladungstrennung oder Ladungsübertragung. Eine Ladungstrennung kann durch Reibung von / an aufladbaren Flächen oder Gegenständen entstehen, z. B. durch Putzen des Batteriegehäuses mit einem trockenen Lappen, durch Ziehen der Batterie über einen Teppich, durch das Reiben von Flächen / Gegenständen in direkter Batterieumgebung. Durch die Reibung werden Elektronen von einer Fläche auf die andere Fläche überführt. Die Flächen oder Gegenstände sind dann elektrostatisch aufgeladen.

Dies ist nur bei nicht leitfähigen Materialien / Gegenständen möglich. Es können sehr hohe elektrische Spannungen oder elektrische Potentiale im Bereich von mehreren kV entstehen und es kann in Abhängigkeit von den gegebenen Umständen (Art der Materialien, der Reibung, der Luftfeuchte) zu einem Ladungsausgleich durch einen Zündfunken (Electro-Static-Discharge = ESD) kommen. Die Funkenbildung erfolgt über die Luft durch Ladungsausgleich zwischen zwei Flächen unterschiedlicher Elektronenkonzentration. Die Luft wird aufgrund des hohen elektrischen Potentials ionisiert, d. h. leitfähig. Als Faustformel gilt, dass pro 1kV Potentialdifferenz eine Luftstrecke von 1 mm überwunden werden kann. Stark beeinflusst wird dieser Wert von der vorhandenen Luftfeuchtigkeit.

Weiter kann es zur Funkenbildung kommen, indem eine aufgeladene Person oder ein aufgeladener Gegenstand in die unmittelbare Nähe der Batterie gelangt.

Zur Zündung des Gasgemisches in der Batterie ist die benötigte Energie des Zündfunken so gering, dass der Funke für den Menschen nicht unbedingt wahrnehmbar ist. Es wird wegen der Komplexität der Thematik auf die einschlägige Literatur verwiesen.

5.3.1 Batteriezeitige Maßnahmen

Batteriezeitig kann das ESD- Risiko dadurch verringert werden, dass Batterien mit hohem Durchgangswiderstand zwischen dem Äußeren und Inneren der Batterie eingesetzt werden. Einflussgrößen sind:

- Materialstärke des Batteriegehäuses;
- Verzicht auf Zellenstopfen oder
- Zellenstopfen mit hohem Durchgangswiderstand im Dichtungsbereich;
- Überkleben der Zellenstopfen mit einem nicht leitenden Etikett;
- Einsprühen der Batterien mit Antistatikspray (zeitlich begrenzte Wirkung).

5.3.2 Maßnahmen in der Umgebung der Batterie

Auch die Umgebung kann dazu beitragen, ESD von der im Fahrzeug montierten Batterie fernzuhalten:

- Personen sollen hinreichend entladen werden z.B. durch Berühren leitfähiger Teile, die mit der Karosseriemasse verbundenen sind.

- In unmittelbarem Umfeld der Batterie wird Ladung abgeleitet durch Materialien mit einer Mindestleitfähigkeit von 10^{-4} Sm^{-1} mit Kontakt zur Fahrzeug-masse oder zum Batteriepol.

5.4. Schwallwasser

Treffen große Mengen Schwallwasser auf die Batterie, so bewirken sie die schnelle Abkühlung des Gasraumes in der Batterie. Hierdurch entsteht in der Batterie Unterdruck, der über den Batteriedeckel fließendes Wasser durch die seitliche Öffnung der Zentralentgasung oder undichte Verschraubungen in die Batterie saugt. Wiederholt sich dieser Vorgang mehrmals, kann es als Folge der so überfüllten Batterie zu Säureaustritt kommen.

Das ständige Überfluten der Batterie durch Schwallwasser ist zu vermeiden. Schutzmaßnahmen sind:

- schwallwasserfreien Einbauort wählen,
- Öffnung der Zentralentgasung mit Winkelstück oder ähnlichem versehen,
- Abdeckhaube für die Batterie verwenden oder,
- Überflutungsgeschützte Batterie wählen (Zellenstopfen mit Dichtring, Batterie ohne Zellenstopfen oder mit überklebten Zellenstopfen, Entgasungsschlauch, geschützte Pole)

5.5. Direkte Lichteinwirkung (UV)

Die UV-Anteile des Tageslichts führen zur Versprödung des Batteriegehäuses. Gehäusebruch und Säureaustritt können die Folgen sein. Mögliche Schutzmaßnahmen sind:

- Angepasster Einbauort,
- Batterieeinbau im separaten Kasten oder Lichtstabilisiertes Batteriegehäuse und
- bei Lagerung auf Lichtschutz achten.

5.6. Batterieumgebung

Die Batterie sollte so im Fahrzeug eingebaut sein, dass sie möglichst einfach demontiert und montiert werden kann. (z.B. Zugänglichkeit, Kurzschlüsse, ESD).

Im Umfeld der Batterie dürfen keine spitzen oder scharfkantigen Gegenstände angeordnet sein, die im Gebrauch sowie beim Ein- und Ausbau das Gehäuse der Batterie beschädigen oder zerstören können.

5.7. Einbaurichtung der Batterie im Fahrzeug

Bei nassen Batterien mit eingebauten Maßnahmen zur Vermeidung von Säureschichtung ist die Herstellerempfehlung für die Einbauorientierung zu beachten.

Für nasse Batterien wird der waagerechte Einbau ins Fahrzeug empfohlen.

5.8. Beschilderung und Warnhinweise

Gemäß EN 50342 müssen Batterien mit Sicherheitssymbolen gekennzeichnet sein. Die Symbole sollten bei Arbeiten an der eingebauten Batterie erkennbar bleiben oder es sollte darauf hingewiesen werden. Diese Symbole sind zusammen mit anderen sicherheitsrelevanten Informationen in der Gebrauchsanleitung der Batterie erläutert.

6. Vorschriften für die Verschaltung von Batterien

Batterien in Kraftfahrzeugen sind stets parallel zur Ladeeinrichtung und parallel zu den Verbrauchern geschaltet. Je nach Anforderung des Kfz-Bordnetzes werden Batterien

- zur Erhöhung der Spannung in Reihe bzw.
- zur Erhöhung der Gesamtkapazität und/oder zum Absichern verschiedener Funktionen parallel geschaltet.

6.1. Reihenschaltungen von Batterien

Um eine verringerte Lebensdauer zu vermeiden, ist bei der Reihenschaltung mehrerer Batterien zu beachten, dass:

- an den Anschlüssen jeder Batterie die vom Batteriehersteller vorgegebene Ladespannung anliegt;
- die einzelnen Batterien sollten möglichst gleiche Betriebstemperaturen aufweisen (andernfalls ein temperaturgeführtes Batteriemangement einsetzen;

- die einzelnen Batterien möglichst gleichmäßig belastet werden (Zwischenabgriff mit ausgleichendem Lade- und / oder Entlademanagement einsetzen).
- kein Anschluss von Verbrauchern an einer einzelnen Batterie erfolgt.

6.2. Parallelschaltungen von Batterien

Um eine verringerte Lebensdauer zu vermeiden ist bei der Parallelschaltung mehrerer Batterien zu beachten, dass:

- nur Batterien gleicher Spannung, gleicher Bauart und möglichst gleichen Alters verschaltet werden und
- an den Anschlüssen jeder Batterie möglichst die gleiche Ladespannung anliegt (entweder durch Ausgleich der Kabellängen und Querschnitte oder durch eine spezielle Ladeschaltung) und
- die einzelnen Batterien möglichst gleiche Betriebstemperaturen aufweisen oder
- durch geeignete schaltungstechnische Maßnahmen eine unerwünschte wechselseitige Beeinflussung der Batterien verringert wird (z.B. unbeabsichtigtes Fließen von Ausgleichsströmen mit der Folge unkontrollierter Batterie- und Kabelerwärmung sowie Ladungsverlust).

6.3. Kombinierte Reihen- und Parallelschaltung:

Bei einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung kann es aufgrund ungleichmäßiger Belastung der Einzelbatterien zu vorzeitigen Ausfällen kommen. Daher müssen bei derartigen Anwendungen entsprechende Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen werden.

7. Reparatur- und Wartungshinweise

Folgende Hinweise sollten sinngemäß in die Serviceanweisungen für die Werkstatt und auch in die Bedienungsanleitung zum Fahrzeug aufgenommen werden.

7.1. Eingefrorene Batterien

Batterien werden durch das Einfrieren geschädigt. Sollte trotz aller Sorgfalt eine Batterie einfrieren, so ist bei der Behandlung der eingefrorenen Batterien zu beachten:

- Batterie möglichst vor dem Auftauen ausbauen;
- Batterie in einem säurefesten Behälter auftauen, austretende Säure auffangen;
- Defekte Batterie und eventuell ausgetretene Säure fachgerecht entsorgen.

Der Austausch einer eingefrorenen Batterie wird deshalb empfohlen.

7.2. Einbau und Ausbau der Batterie

Die Gebrauchsanleitung des Batterieherstellers sollte als Leitfaden für die Dokumentation (Bedienungsanleitung, Serviceanleitung Werkstatt) des Fahrzeugherstellers dienen.

7.3. Kontrolle und Korrektur des Elektrolytstandes

Batterien verbrauchen während des Betriebs Wasser. Bei modernen Batterien ist in der Regel keine Korrektur des Elektrolytstandes mehr erforderlich und konstruktiv meist auch nicht möglich. Bei Batterien mit Säurestandanzeiger oder einem sogenannten „Magic eye“ kann der Säurestand abgelesen werden. Batterien mit zu niedrigem Elektrolytstand müssen ausgetauscht werden. Generell sind die Hinweise des jeweiligen Herstellers zu beachten.

7.4. Fremdladung mittels externem Ladegerät

Die Fremdladung sollte nur durch eine Fachwerkstatt erfolgen.

Allgemeine Informationen über das Nachladen von Blei-Starterbatterien, die Auswahl des richtigen Ladegerätes und die technischen Rahmenbedingungen sind ausführlich im ZVEI-Merkblatt 32 „Laden von Blei-Starterbatterien“ dargestellt.

Weiter sind die Hinweise des jeweiligen Batterieherstellers zu beachten.

7.5. Fremdstart

In die Bedienungsanleitung des Fahrzeugs ist die Beschreibung des Fremdstarts aufzunehmen.



Herausgeber:

ZVEI e.V.
Verband der Elektro- und Digitalindustrie
Fachverband Batterien
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt

Fon: +49 69 6302-420
Mail: batterien@zvei.org
www.zvei.org

© ZVEI 2024
Trotz größtmöglicher Sorgfalt kann keine Haftung für
Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernommen werden