

So haben wir getestet

Als Testgrösse wurden Starterbatterien mit einer Nennkapazität von mindestens 70 Ah und einem Kälteprüfstrom von mindestens 540 A ausgewählt. Diese Batterien mit den Abmessungen 278 mm x 175 mm x 175 mm sind in vielen Mittelklassewagen verwendbar.

Den Testschwerpunkt bildeten Starterbatterien, die dem Verbraucher (Konsumenten) im Ersatzteilhandel von Markengaragen und unabhängigen Werstätten angeboten werden.

Durch verschieden Etikettierungen bleiben dem Konsumenten die Hersteller der Batterie meist verborgen. Das können sowohl die wenigen, nach der starken Konzentrationswelle der letzten Jahre noch verbliebenen Hersteller der in Westeuropa bekannten Traditionsmarken, als auch die durch den stark fortgeschrittenen Globalisierungsprozess in den europäischen Markt drängenden Hersteller aus Asien und Osteuropa sein.

Von aussen nicht für den Verbraucher ersichtlich ist die Qualität der angebotenen Batterien. Denn die Angabe von Nennkapazität und Kälteprüfstrom nach der aktuellen europäischen Norm für Blei-Akkumulatoren Starterbatterien DIN EN 50342, die auch Grundlage dieses Batterie-Tests war, garantiert leider nicht, dass eine so gekennzeichnete Batterie auch die hierzu in dieser Norm gestellten Anforderungen erfüllt und zwar Stück für Stück. Noch viel weniger bedeutet dies, dass eine so gekennzeichnete Batterie alle in der DIN EN 50342 gestellten Anforderungen erfüllt. Denn solange in dieser Norm weder Bestimmungen über die maximale Stückzahl, die zur Prüfung eingereicht werden darf, damit eine Zertifizierung möglich wäre, noch Regelungen zur Zertifizierung und zur Produktionskontrolle auf laufende Einhaltung der Norm enthalten sind, hat die Angabe von Leistungsdaten mit Bezug auf diese Norm eher täuschenden anstatt vertrauenswürdig informativen Charakter.

Die Batterien wurden im Frühjahr 2007 betriebsfertig eingekauft und sollten dementsprechend richtig befüllt und aufgeladen (aktiviert) sein. Alle Messungen wurden unter der Federführung des ADAC im IEMW Batterie-Prüflabor der Technischen Univer-

sität Wien durchgeführt. Zusätzlich zu den Vorgaben der Norm DIN EN 50342 testeten wir auch das Verhalten bei und nach einer Tiefentladung, das Verhalten der Batterien bei Beaufschlagung mit elektrostatischen Entladungen und die Neigung zur Schichtung.

Insgesamt wurden zehn Exemplare jedes Batterietyps in drei Testabschnitten: «**Startleistung**», «**Technische Prüfung**» und «**Haltbarkeit**» geprüft. Jede Batterie wurde einer Eingangskontrolle unterzogen, und ging dann gemäss der Norm noch einmal vollgeladen in die Tests.

Die Testkriterien im Einzelnen:

Startleistung (Erfüllen der Leistungsangaben) **Gewichtung 30 Prozent**

Für die **Kapazitätsprüfung** (Einzelgewichtung 15%) wird die Batterie mit einem Strom I_n , der einem Zwanzigstel der Nennkapazität C_n entspricht, bei 25°C so lange entladen, bis die Spannung auf 10.5 V absinkt. Die Entladezeit wird festgehalten und daraus die effektive Kapazität C_e berechnet und bewertet. Ebenfalls mitbewertet wird die Kapazitäts-Streuung und -Beständigkeit während der Prüfungen.

Für die **Kaltstartprüfung** (Einzelgewichtung 15%) wird die Batterie bei -18 °C mit dem

vom Hersteller angegebenen Nennkaltstartstrom I_{cc} entladen (erste Entladestufe). Nach zehn Sekunden wird die Klemmenspannung U_f , sie soll nicht unter 7.5 V liegen, gemessen. Bewertet wird diese Klemmenspannung. Nach einer Pause von zehn Sekunden wird die Entladung mit $0.6 \cdot I_{cc}$ fortgesetzt, bis die Klemmenspannung von 6 V erreicht wird (zweite Entladestufe). Bewertet wird danach die Gesamtentladezeit t_{6V} beider Entladestufen. Ebenfalls mitbewertet wird die Kaltstartleistungs-Streuung und -Beständigkeit während der Prüfungen.

Haltbarkeit **Gewichtung 35 Prozent**

Die **Zyklusfestigkeit** (Einzelgewichtung 15%) wird bei 25°C getestet. Ein Zyklus bedeutet, dass die Batterie eine Stunde lang entladen wird mit einem Strom I , der 25 Prozent der Nennkapazität C_n entspricht. Die Klemmenspannung darf dabei 10.5 V nicht unterschreiten. Danach erfolgt eine Ladung über 2 Stunden 55 Minuten mit 14.8 V bei einem Strom von maximal 50 Prozent der Nennkapazität plus einer weiteren Ladung über 5 Minuten mit einem Strom I , der 12.5 Prozent der Nennkapazität entspricht. Nach 180 Zyklen oder bei Unterschreiten der 10.5 V Klemmenspannung während eines Entladevorganges, dies führt zu vorzeitigem Testende, wird die Batterie bei -18 °C 30 Sekunden lang einer



Die Batterie muss in die Tiefkühltruhe.



Diese Messreihe, Phase 1, beginnt mit einer voll geladenen Batterie, die in einem Wasserbad bei 27 °C steht. Die Batterie wird mit einem Strom analog der Kapazitätsprüfung entladen bis eine Spannung von $U = 10.5$ V erreicht ist. Aus der Entladezeit wird die entnommene Kapazität berechnet. In Phase 2 wird die Batterie mit einer Spannung von 14 V und einer Strombegrenzung von 60 A geladen, bis sie «wieder so aufgefüllt ist», dass der Ladestrom unter 1.0 A sinkt. Anschliessend wird die Batterie, wie bei einem Startversuch, während 10 Sekunden mit einem Strom $I = 0.6 \cdot I_{cc}$ belastet. Der Spannungsabfall bzw. die Spannung wird protokolliert und die Batterie wird wieder aufgeladen. Dies erfolgt abermals bei einer Spannung von 14 V und einem Strom von max 60 A. Der Zeitverlauf der Wiederaufladung wird ebenfalls protokolliert. Zwischen den Belastungstests ist eine Pause von mindestens 2 Stunden und max 10 Stunden vorgesehen. Die gesamte Messreihe besteht aus einer Sequenz von 5 hintereinander folgenden Entladungen und Ladungen. Bewertet wird, wie die Abnahme der Entladekapazität verläuft und welche Spannung jeweils am Ende der 10 Sekunden dauernden Belastungen gemessen wurden. Ganz am Schluss wird die Batterie mit einer Kapazitäts- und Kaltstartprüfung auf eventuelle Schädigungen untersucht.

Die Batterie wird ins Wasserbad gestellt.

Kaltstartprüfung mit dem 0.6-fachen Nennkaltstartstrom I_{cc} unterzogen. Dabei darf die Klemmenspannung 7.2 V nicht unterschreiten. Nach bestandenen 180 Zyklen und bestandener Kaltstartprüfung wurde der Test in Erweiterung der DIN EN 50342 solange fortgesetzt bis entweder während eines Entladevorganges die Klemmenspannung 10.5 V unterschritten oder die abschließende Kaltstartprüfung (nach Vollendung von jeweils weiteren 180 Zyklen) nicht mehr bestanden wurde. Bewertet wird die Zahl der insgesamt überstandenen Zyklen und die in der Kaltstartprüfung nach den ersten 180 Zyklen erreichte Klemmenspannung nach 30 Sekunden.

tens nach 30 Sekunden auf 6 V abfallen darf. Bewertet wird das Bestehen dieses Belastungstests in allen 4 Prüfeinheiten und die niedrigste Klemmenspannung unter Last am Ende einer der Prüfeinheiten sowie die Startleistung nach dem Korrosionstest.

Die **Schichtungsneigung** (Einzelgewichtung 10%) zeigt auf, wie sich die Batterie bei teilweiser Belastung verhält. Durch die zunehmende Elektronik in modernen Fahrzeugen kommen solche Belastungszustände immer häufiger vor.

Die **Korrosionsprüfung** (Einzelgewichtung 10%) besteht aus vier Dauerprüfeinheiten in einem Wasserbad. Die Batterie wird darin zunächst auf die vorgeschriebene Prozesstemperatur von 60 °C erwärmt und dann 13 Tage lang mit 14.4 V geladen, danach weitere 13 Tage bei offenem Stromkreis gelagert und anschliessend auf Umgebungstemperatur (25 °C) abgekühlt. Sofern möglich, d.h. die «Stopfen» genannten Batteriedeckelverschlüsse sind vorhanden und frei zugänglich, wurde der Elektrolytstand geprüft und nötigenfalls korrigiert. Dann wird die Batterie wieder voll geladen und danach mit einem Strom $I = 0.6 \cdot I_{cc}$ belastet, wobei die Klemmenspannung frühes-



Präzisions Testgeräte im Labor der TU-Wien.

Technische Prüfungen, Gebrauchseigenschaften

Gewichtung 35 Prozent

Die Bestimmung des **Wasserverbrauchs** (Einzelgewichtung 11%) erfolgte einmal nach Norm bei 40 °C und darüber hinaus auch bei 60 °C. Dazu wird die geladene Batterie gereinigt, getrocknet und gewogen und danach in einem Wasserbad 21 Tage lang mit 14.4 V geladen. Danach wird die Batterie wiederum gereinigt, getrocknet und gewogen. Bewertet wird der Gewichtsverlust in g/Ah bezogen auf die in einer vorhergehenden Kapazitätsbestimmungen maximal erzielte effektive Kapazität C_e der geprüften Batterie.



Wasserverbrauch: Wägung auf der Präzisionswaage.

Bei der **Ladungsaufnahmeprüfung** (Einzelgewichtung 6%) wird die Batterie bei 25°C fünf Stunden lang mit einem Strom I_o entladen, der einem Zehntel der in einer der vorhergehenden Kapazitätsbestimmungen maximal erzielten effektiven Kapazität C_e entspricht. Danach wird die Batterie auf 0°C abgekühlt und nach 24 Stunden Kühlzeit mit 14.4 V bei einer Strombegrenzung auf 75 A (entspricht der durchschnittlichen maximalen Leistungsabgabe einer Lichtmaschine in der Mittelklasse) aufgeladen. Nach einer Ladezeit von zehn Minuten wird der Ladestrom I_{ca} gemessen. Dieser muss größer als $2 \cdot I_o$ sein. Bewertet wird der gemessene Ladestrom.

Die **Tiefentladungsprüfung** (Einzelgewichtung 6%) erfolgt in Anlehnung an den «Flughafentest» des VDA und in einer vom ADAC/EMW erweiterten Form, da in der oben genannten Norm hierfür keine Prüfung vorgesehen ist. Der VDA-Flughafentest wurde von den Fahrzeugherstellern eingeführt. Der Test soll das Verhalten der Batterie untersuchen, wenn sie über einen längeren

Zeitraum hin tief entladen wird. Beispiel: Man stellt das Fahrzeug mit eingeschaltetem Standlicht ab und fliegt ein paar Wochen in Urlaub - daher der Name «Flughafentest».

Phase 1: Die Batterie wird mit $I = 0.7A$ (entspricht ca. 10 Watt) entladen, bis 60 Prozent der Kapazität entnommen sind. Anschliessend wird ein Warmstarttest mit $0.6 \cdot I_{cc}$ simuliert. Sinkt dabei die Klemmenspannung nach 30 Sekunden nicht unter 7.5 V ab, werden der Batterie weitere 5% der Kapazität durch Entladung mit 0.7 A entnommen (unter Einrechnung der, beim zuvor durchgeführten Warmstarttest entnommenen Energie) und danach ein weiterer Warmstarttest durchgeführt. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis der Warmstarttest nicht mehr bestanden wird (Klemmenspannung nach 30 Sekunden unter 7.5 V). Bewertet wird die Entladezeit bis zum letzten erfolgreichen Startversuch, die Klemmenspannung nach 30 Sekunden im ersten erfolglosen Warmstart und die Restkapazität beim letzten erfolgreichen Warmstart. Im Anschluss daran wird die Batterie mit einer Glühlampe von 10 W unter Anrechnung der vorangegangenen Entladezeiten solange weiter entladen, bis eine Gesamtentladezeit von 14 Tage erreicht ist. Danach bleibt die Batterie mit offenem Stromkreis weitere 14 Tage stehen.



Flughafentest: Bis das Licht ausgeht.

Phase 2: Mit 14.4 V und $I_{max} = 75 A$ wird 30 Minuten geladen. Danach erfolgt ein Warmstarttest. Wenn dieser erfolglos ist, wird der Vorgang so oft wiederholt, bis ein Startversuch positiv ist. Wird während eines Ladevorganges am Ende der Ladezeit ein Strom von 10 A überschritten, der nachfolgende Warmstarttest aber nicht bestanden, so wird die Ladezeit des nächsten Ladevor-

ganges zur Erzielung einer besseren Genauigkeit auf 15 Minuten reduziert. Bleibt auch der Startversuch nach einer Gesamtladezeit von maximal fünf Stunden erfolglos, so ist der Test beendet. Bewertet wird die Ladezeit bis zum ersten erfolgreichen Warmstart oder Testabbruch, sowie die dabei gemessene Klemmenspannung nach 30 Sekunden.

Beim **Rütteltest** (Einzelgewichtung 6%) wird die Batterie zuerst mit $0.6 \cdot I_{cc}$ bis auf 6 V entladen und anschliessend bei 25 °C 24 Stunden lang weiter gelagert. Danach wird die Batterie auf einem Rütteltisch befestigt. Hier wird die Batterie zwei Stunden lang mit 30 bis 35 Hz und einer Beschleunigung von maximal 3 g (dreifache Erdbeschleunigung) möglichst sinusförmig gerüttelt. Danach wird die Batterie innerhalb von maximal vier Stunden mit $0.6 \cdot I_{cc}$ entladen. Dabei darf nach 60 Sekunden die Klemmenspannung nicht weniger als 7.2 V betragen. Bewertet wird die Klemmenspannung nach 60 Sekunden, ob während des Rüttelns Säure austritt und wie viel Säure austritt.

Eine **elektrostatische Entladung** (ESD = Electrostatic Discharge) sollte an der Batterie grundsätzlich keinen Schaden anrichten, jedoch befindet sich im Innern der Batterie - abhängig von ihrem grundsätzlichen Aufbau und ihrem momentanen Ladezustand - immer ein Wasserstoff-Luft-Gemisch, dessen Anteil an Wasserstoff mehr oder weniger weit von der Zündfähigkeitsgrenze (4 Vol.% H₂) entfernt ist.. Sowohl Batteriehersteller als auch Autohersteller führen deshalb ESD-Tests an Starterbatterien durch. Die Vorgehensweise ist jeweils ähnlich, aber in Ermangelung einer einheitlichen Prüfvorschrift oder Norm unterscheiden sich einzelne Parameter. Die Prüfung des Verhaltens von Batterien bei Auftreten von Elektrostatischen Entladungen (Einzelgewichtung 6%) wurde für diesen Test vom ADAC/EMW ausgearbeitet und gliedert sich in zwei Abschnitte.

Im ersten Testabschnitt wird die von der Batterie während eines Ladevorganges generierte Erhöhung des Wasserstoffgehaltes in der Umgebungsluft bestimmt. Dazu wird die Batterie unmittelbar nach Vollladung in einer gasdicht verschlossenen Prüfkammer mit etwa dem zweifachen Batterievolumen 10 Minuten lang mit 14.4 V

und $I_{max} = Cn/4$ geladen. Der Wasserstoffgehalt in der Kammer wird bestimmt. Nach Spülen der Kammer mit Frischluft wird die Batterie nochmals 10 Minuten mit 16 V und $I_{max} = Cn/4$ geladen. Danach wird wieder die Wasserstoffkonzentration gemessen. Die Wasserstoffkonzentrationen nach den jeweils 10-minütigen Ladephasen werden bewertet.

Im zweiten Testabschnitt wird die nach Norm voll geladene Batterie nach einer 24-stündigen Lagerphase zunächst mit offenen Klemmen und ohne weitere Aufladung mit einer ESD-Zündpistole mit Prüfspannungen von zuerst 5 kV und danach in 5 kV-Schritten ansteigend bis maximal 30 kV beaufschlagt und zwar so lange, bis es zu einer Zündung im inneren der Batterie kommt, die zu einer offensichtlichen Beschädigung führt. Der Führungsweg der Hochspannungselektrode ist dabei so einheitlich wie möglich von Bereichen mit hoher hin zu solchen mit geringerer Beständigkeit gegen das Eindringen elektrostatischer Entladungen vorzunehmen und wird dokumentiert. Besteht die Batterie die Prüfung mit der maximalen Prüfspannung ohne offensichtliche Zerstörung durch Zündung im Inneren, so erfolgt eine Wiederholung des Testablaufes indem der negative Pol der Batterie mit dem Nullpotential der Prüfpistole verbunden (geerdet) wird.

Tritt dabei ebenfalls keine offensichtliche Zerstörung der Batterie ein, so werden die Prüfungen unmittelbar nach einer Aufladung mit 14.4 V über einen Zeitraum von einer Stunde fortgesetzt und zwar wieder zunächst mit offenen Klemmen und danach mit geerdeten Klemmen.

Besteht die Batterie auch diese Prüfungen ohne offensichtliche Zerstörung, so wird eine weitere Prüfreihe nach Aufladung mit 16.0 V über einen Zeitraum von einer Stunde durchgeführt.

Durchläuft eine Batterie diesen Gesamtprüfungsumfang, wird sie einer maximalen Anzahl von $6 \times 2 \times 3 = 36$ Einzelprüfungen unterzogen, wobei die Anforderungen hinsichtlich der ESD-Beständigkeit einer Batterie von Stufe zu Stufe grösser werden. Bewertet wird welcher Belastungsstufe die Batterie ohne offensichtliche Zerstörung (Explosion) widerstehen kann.



Protokollieren der Messwerte am Computer.