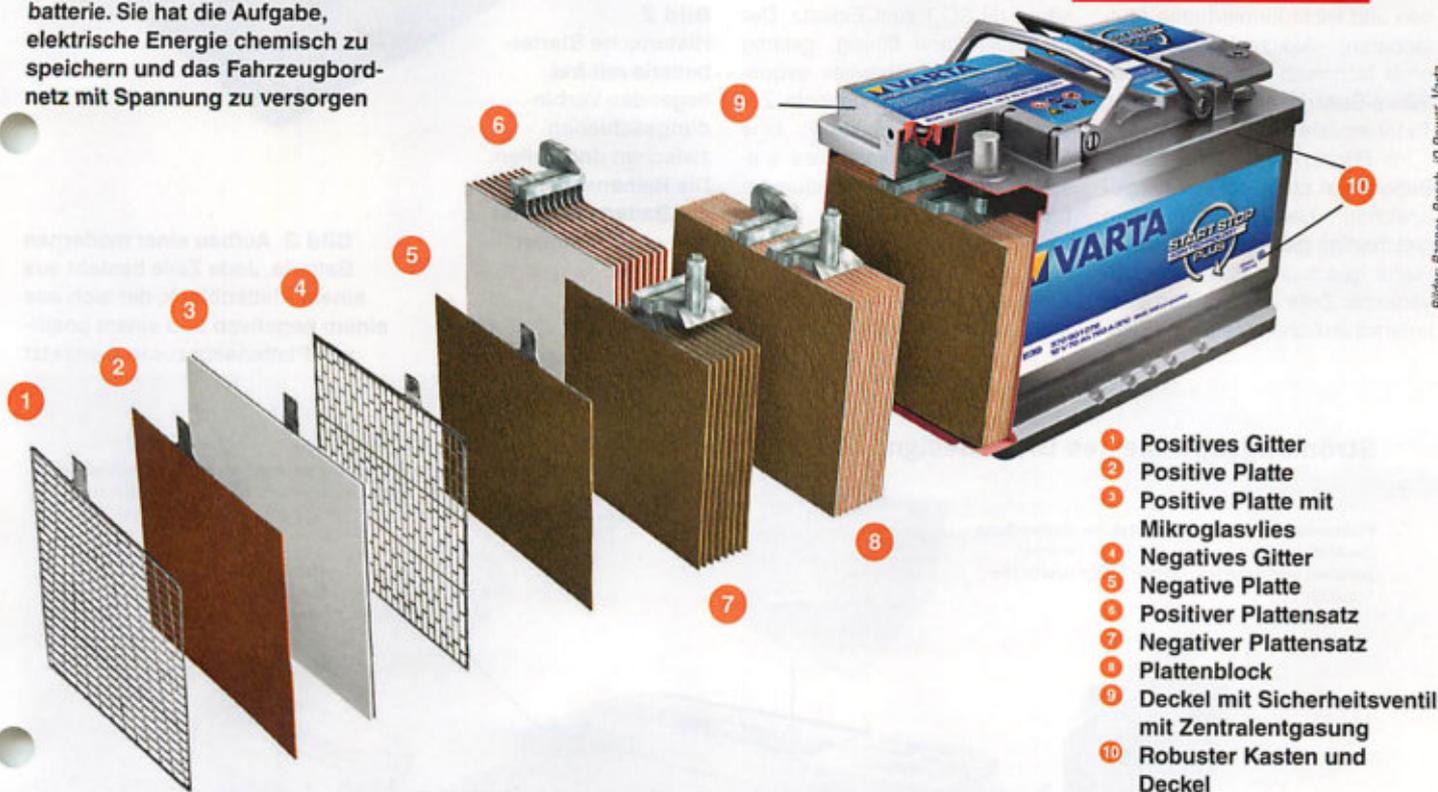


Das Extraheft für Kfz-Technik von

auto
motor
und sport

Bild 1 Bestandteile und Aufbau einer modernen Blei-Säure-Starterbatterie. Sie hat die Aufgabe, elektrische Energie chemisch zu speichern und das Fahrzeugbordnetz mit Spannung zu versorgen



- 1 Positives Gitter
- 2 Positive Platte
- 3 Positive Platte mit Mikroglassvlies
- 4 Negatives Gitter
- 5 Negative Platte
- 6 Positiver Plattensatz
- 7 Negativer Plattensatz
- 8 Plattenblock
- 9 Deckel mit Sicherheitsventil mit Zentralentgasung
- 10 Robuster Kasten und Deckel

Bilder: Banner, Bosch, IQ Power, Varta

Grundwissen/Lernfeld 2 ■ Batterietechnik

Klassiker mit Zukunft

Die Starterbatterie stellt die elektrische Energie für das Starten des Verbrennungsmotors bereit und versorgt das Bordnetz mit Spannung. Die Blei-Säure-Batterie hat sich für diese Anwendung über viele Jahrzehnte bestens bewährt. Und sie wird uns trotz zunehmender Verbreitung der Elektromobilität und neuer Batterietechnologien noch lange begleiten.

Seitdem die Automobilhersteller mit ihren Abgasschmelleien bei Dieselmotoren aufgefliegen sind, rückt die Elektromobilität immer stärker ins öffentliche Interesse, und die Industrie konzentriert ihre Aufmerksamkeit auf die Forschung und Entwicklung neuer Technologien für leistungsstarke Traktionsbatterien.

Gerät die klassische Blei-Säure-Batterie damit ins Abseits? Keineswegs! Denn auch bei Elektro- und Hybridfahrzeugen wird das 12-Volt-Bordnetz von einem konventionellen Blei-Säure-Akku gespeist (Bild 1). Und das nicht ohne Grund: Diese Technologie bietet eine gute Spannungslage selbst unter hohen Belastungen.

Zudem punkten Blei-Säure-Akkumulatoren gegenüber anderen Batteriekonzepten mit robuster Bauweise und vergleichsweise günstigen Herstellungskosten. Nicht zuletzt existiert für Blei-Säure-Batterien ein geschlossener Recyclingkreislauf, bei dem rund 97 Prozent der Rohstoffe wiederverwendet werden können.

Inhalt

- Batterietechnik..... 1
- Werkstattpraxis: Professioneller Batterietausch..... 8
- Autobatterien – so werden sie perfekt geladen..... 10
- Hintergrund: Recycling von Blei- und Hochleistungsbatterien..... 15

Chemischer Stromspeicher

Die Blei-Säure-Batterie hat eine lange Historie. Die Grundzüge eines auf Blei basierenden Akkumulators wurden bereits 1801 erkannt und Mitte des 19. Jahrhunderts von dem deutschen Mediziner und Physiker Josef Sinsteden weiter erforscht. Der französische Ingenieur Camille Alphonse Faure entwickelte um 1881 die Gitterplatte mit einpastierter aktiver Masse. Damit legte er den Grundstein für die industrielle Produktion von leistungsfähigen und leicht formierbaren (auf-ladbaren) Akkumulatoren. Die erste technisch einsetzbare Blei-Säure-Batterie entwickelte Henri Tudor im Jahr 1886.

Im Prinzip ist die Blei-Säure-Batterie ein chemischer Energiespeicher, bei dem mehrere gleichartige galvanische Zellen in Reihe geschaltet sind. Eine galvanische Zelle besteht aus zwei unterschiedlichen Metallen (Elek-

troden), die in einen Elektrolyten getaucht sind. Hierbei entsteht eine elektrische Spannung. Deren Höhe ist abhängig von der Art der Metalle – also davon, wie weit sie in der elektrochemischen Spannungsreihe voneinander entfernt sind, von der Lösungskonzentration des Elektrolyten und von der Temperatur.

Bei der Blei-Säure-Batterie besteht die Pluselektrode in geladenem Zustand aus Bleidioxid (PbO_2) und die Minuselektrode aus reinem Blei (Pb). Als Elektrolyt kommt verdünnte Schwefelsäure (H_2SO_4) zum Einsatz. Der Elektrolyt kann flüssig, gelartig oder in einem Glasvlies gebunden sein. In voll geladenem Zustand hat der Elektrolyt eine Dichte von 1,28 kg/l. Dies entspricht einem Schwefelsäuregehalt von etwa 37 Prozent.

Der Batterieaufbau

Eine 12-V-Blei-Säure-Batterie besteht aus sechs in Reihe geschal-



Bild 2
Historische Starterbatterie mit freiliegenden Verbindungsschienen zwischen den Zellen. Die Reihenschaltung der Batteriezellen ist hier gut erkennbar

Bild 3 Aufbau einer modernen Batterie. Jede Zelle besteht aus einem Plattenblock, der sich aus einem negativen und einem positiven Plattensatz zusammensetzt

Strömungsoptimiertes Gitterdesign

Plattensatz mit besonders stabiler Verbindung
Die mittige Anordnung der Verbinder zwischen positiven und negativen Platten bringt zusätzliche Stabilität.



Labyrinthdeckel für hohe Betriebssicherheit
Der Doppeldeckel mit Labyrinth-Konstruktion stellt sicher, dass verdampfte Flüssigkeit in der Batterie bleibt. Dadurch ist die S4 E absolut wartungsfrei und auslaufsicher

Polabdeckkappen
Geben Sicherheit gegen Kurzschluss.

Ergonomische Tragegriffe
Für leichten Transport und Einbau.

Ionendurchlässiger Taschenseparator
Verhindert den Kontakt zwischen Plus- und Minusplatte - für längere Lebensdauer und höhere Startkraft.

► **Patentiertes strömungsoptimiertes Gitterdesign für optimalen Stromfluss und geringere Korrosion**
Das strömungsoptimierte Gitterdesign garantiert kontinuierlich hohe Startkraft und lange Lebensdauer. Zusätzlich sorgt die spezielle Legierung für hohe Korrosionsfestigkeit und deutlich geringere Selbstentladung.

Universelle Adapter-Bodenleiste mit hoher Fahrzeug-Kompatibilität
Für sicheren und passgenauen Einbau. Die Typenvielfalt reduziert sich, wodurch sich die Lagerhaltung vereinfacht.

tete Zellen (**Bild 2**). Die Nennspannung einer Batteriezelle beträgt 2V. Jede Zelle besteht aus einem Plattenblock, der sich aus einem negativen und einem positiven Plattensatz zusammensetzt (**Bild 3**). Separatoren trennen die Elektroden unterschiedlicher Polarität. Ein Plattensatz besteht aus mehreren miteinander verbundenen Elektroden. Diese setzen sich aus einem Gitter und der aktiven Masse zusammen. Das Gitter ist aus einer Bleilegierung gefertigt. Legierungsbestandteile wie Antimon, Calcium, Zinn oder Silber verleihen der Gitterplatte eine hohe mechanische Widerstandsfähigkeit und eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit (**Bild 4**). Die Gitterplatte dient zur Aufnahme der aktiven Masse und als Stromkollektor. Die aktive Masse wird bei der Herstellung in Form einer Paste maschinell in die Gitterstruktur eingestrichen und härtet dort aus.

Bei Hochleistungsbatterien kommt alternativ zur Plattenbauweise auch die sogenannte Wi-

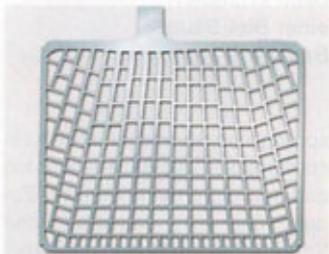


Bild 4 Das Gitter einer Batterieplatte besteht aus einer Bleilegierung. Es hat die Aufgabe, die aktive Masse aufzunehmen, und dient gleichzeitig als Stromkollektor

ckeltechnik zum Einsatz. Hier werden sehr dünne Elektroden zu einem spiralförmigen Wickel verarbeitet. Das steigert die Leistung der Batterie, weil sich auf diese Weise größere aktive Flächen und kürzere Stromlaufbahnen realisieren lassen.

Die Zellen sind im Batteriegehäuse untergebracht. Dieses besteht aus einem säurefesten Kunststoff, meist Polypropylen. Bei wartungsarmen Batterien ist das Batteriegehäuse für das Einfüllen des Elektrolyten bzw. für das Nachfüllen von destilliertem Wasser im Service mit Schraubstopfen versehen (**Bild 5**). Neuere Batteriebauarten sind meist wartungsfrei. Bei diesem Konzept reicht der Elektrolytvorrat für die gesamte Lebensdauer der Batterie. Das Gehäuse ist daher komplett verschlossen (**Bild 6**). Bei wartungsfreien Batterien ist im Gehäusedeckel ein System untergebracht, das mithilfe eines aufwendigen Labyrinths oder eines Katalysators das beim Laden der Batterie frei werdende Knallgas in Wasserdampf umwandelt. Dieser kondensiert und wird der Batterie zurückgeführt. Auf diese Weise kann der Aufwand für das Auffüllen destillierten Wassers reduziert werden – bis hin zur völligen Wartungsfreiheit.

Entlade- und Ladeprozess

Sobald ein elektrischer Verbraucher an die Batterie angeschlossen wird, startet ein chemischer Prozess (**Bild 7**). Hierbei spalten sich die Schwefelsäuremoleküle (H_2SO_4) in positiv geladene Wasserstoffionen (H_+) und negativ geladene Sulfationen (SO_4^{2-}). Gleichzeitig wandern Elektronen von der Minuselektrode über den Verbraucher zur Plusselektrode. Hierbei wird das vierwertig positive Blei (Pb_{4+}) der Plusselektrode in zweiwertig positives Blei (Pb_{2+}) umgewandelt. Dieser Prozess hebt im Bleidioxid der Plusselektrode die Bindung an die Sauerstoffatome (O_2) auf. Letztere verbinden sich mit dem aus der Schwefelsäure freigesetzten Wasserstoff zu Wasser (H_2O). Das hat zur Folge, dass die Dichte des Elektrolyten abnimmt. An der Minuselektrode bildet sich aufgrund der Elektronenwanderung aus dem metallischen Blei ebenfalls zweiwertig positives Blei. Schließlich verbinden sich

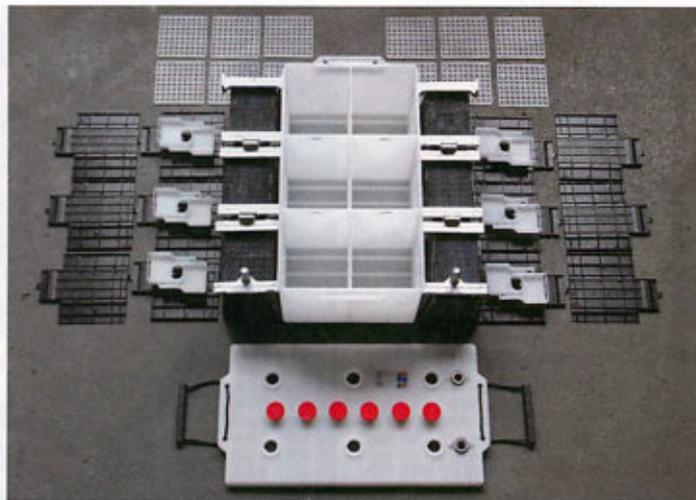
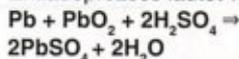


Bild 5 Das Gehäuse der Blei-Säure-Batterie besteht aus einem stabilen und säurefesten Kunststoff. Die Stopfen im Batterie-deckel erlauben das Nachfüllen von destilliertem Wasser und das Prüfen der Säuredichte im Service.

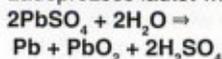
die negativ geladenen Sulfationen aus der Schwefelsäure mit dem zweiwertig positiv geladenen Blei der beiden Elektroden, sodass an beiden Elektroden nach und nach Bleisulfat ($PbSO_4$) als Endprodukt entsteht.

Die chemische Formel für den Entladeprozess lautet wie folgt:



Das Laden der Batterie erzwingt die chemischen Prozesse in umgekehrter Richtung: Die Ladenspannung transportiert die Elektronen von der Plus- zur Minuselektrode. An Letzterer entsteht aus dem zweiwertig positiven Blei wieder reines Blei, wobei sich die Bleisulfatmoleküle auflösen. Die frei gewordenen negativen Sulfationen gehen wieder in den Elektrolyten über. Auch an der Plusselektrode wird das Bleisulfat elektrochemisch gespalten. Hier entsteht durch den Ladevorgang wieder vierwertig positives Blei, das mit dem Sauerstoff aus dem Wasser reagiert. Die Plusselektrode wird dadurch wieder in Bleidioxid umgewandelt. Die aus dem Zersetzungsprozess des Wassers übrig gebliebenen Wasserstoffionen verbinden sich mit den aus den Elektroden frei gewordenen Sulfationen. Die Folge: Schwefelsäure wird neu gebildet, und die Dichte des Elektrolyten nimmt zu.

Die chemische Formel für den Ladevorgang lautet wie folgt:



Sollte die Ladespannung nach dem vollständigen Laden der Batterie nicht abgeschaltet werden, findet eine elektrolytische Zersetzung des Wassers statt. Dieser Vorgang wird als Gasung bezeichnet. Hierbei entsteht Knallgas – also eine detonationsfähige Mischung aus gasförmigem Sauerstoff und Wasserstoff. Deshalb ist beim Laden der Batterien auf ausreichende Lüftung des Raums zu achten. Gegebenenfalls muss Wasser in den einzelnen Zellen nachgefüllt werden.

Temperaturabhängige Leistung

Trotz aller Vorteile hat die klassische Blei-Säure-Batterie mit physikalisch-chemisch bedingten Nachteilen zu kämpfen. So hat die Temperatur des Elektrolyten einen starken Einfluss auf den elektrochemischen Prozess und damit auf die Leistungs- und Ladefähigkeit der Batterie (**Bild 8**). Die ideale Temperatur liegt bei etwa 20°C. Niedrigere Temperaturen bremsen den elektrochemischen Prozess aus. Sinkt die Temperatur unter den Gefrierpunkt, stellen sich deutliche Leistungseinbußen ein. Das hat weitreichende Konsequenzen in der Praxis. Da die Batterie bei niedrigeren Temperaturen eine schlechtere Ladungsaufnahme hat, muss man beispielsweise rund eine Stunde fahren, um allein die beim Starten verbrauchte Energie wieder in die Batterie zurückladen zu können. Häufiges Kurzstrecken-

Impressum

Schüler-Service

Directa Fachverlag, Lübecker Straße 8,
23611 Bad Schwartau, Telefon: 0451/49999-0,
Fax: -40, E-Mail: direkt@directa-verlag.de

Redaktion *ams technik profi*

Thiemo Fleck (Ltg.),
tfleck@motorpresse.de
Telefon: 07 11/182-24 75, Fax: -18 34
Dipl.-Ing. (FH) Joachim Deleker,
jdeleker@motorpresse.de
Telefon: 07 11/182-18 73, Fax: -18 34
Motor Presse Stuttgart GmbH & Co. KG,
70162 Stuttgart

Druck: Firmengruppe APPL
Kuncke Druck GmbH

fahren im Winter führt zu einer anhaltend negativen Ladebilanz der Batterie und somit zu ihrem frühzeitigen Ausfall.

Gefahr der Sulfatierung

Die schlechte Ladungsaufnahme der Batterie bei kalten Temperaturen hat weitere negative Folgen. Verharrt die Batterie über einen längeren Zeitraum in einem nicht vollständig geladenen Zustand, bilden sich an den Elektroden kompakte Kristalle aus Bleisulfat. Diese wirken wie elektrische Isolatoren, hemmen die Ladungsaufnahme der Batterie zusätzlich und drosseln die Stromentnahme beim Kaltstart.

In diesem Zusammenhang spricht man auch vom Sulfatieren der Batterie. Um dies zu verhindern, muss die Batterie regelmäßig vollständig aufgeladen werden. Eine sulfatierte Batterie lässt sich zwar nicht immer, aber in vielen Fällen mit einem pulsierenden Ladestrom regenerieren. Das funktioniert natürlich nur dann, wenn keine weiteren Schäden wie zum Beispiel ein Zellschluss vorliegen.

Die Regeneration setzt jedoch nicht „von jetzt auf nachher“ ein. Sie ist ein längerer Prozess, dessen Zeitbedarf sich an unterschiedlichen Faktoren wie Grad der Sulfatierung, Temperatur, Stromstärke und so weiter orientiert. Viele moderne Ladegeräte unterstützen das Regenerieren von Blei-Säure-Batterien. Darüber hinaus gibt es Geräte am Markt, die in das Fahrzeug verbaut werden und mit einem hochfrequenten Spannungssignal die Sulfatkristalle zurückbilden sowie deren Entstehen verhindern sollen.

„Totes Blei“ entsteht durch Säureschichtung

Ein weiteres Problem der Blei-Säure-Batterie ist die Säureschichtung, auch Stratifikation genannt. Sie entsteht dann, wenn Batterien zyklisch belastet oder mit einer zu niedrigen Spannung geladen werden. Die Säureschichtung ist auf eine mangelnde Durchmischung des Elektrolyten zurückzuführen. Infolgedessen bilden sich in der Batterie Schichten mit unterschiedlicher Säuredichte. Während im oberen Bereich Wasser überwiegt, sammelt sich die Schwefelsäure am Bo-



Bild 6 Wartungsfreie Batterien haben ein komplett verschlossenes Gehäuse. Bei diesem Konzept reicht der Elektrolytvorrat für die gesamte Lebensdauer der Batterie

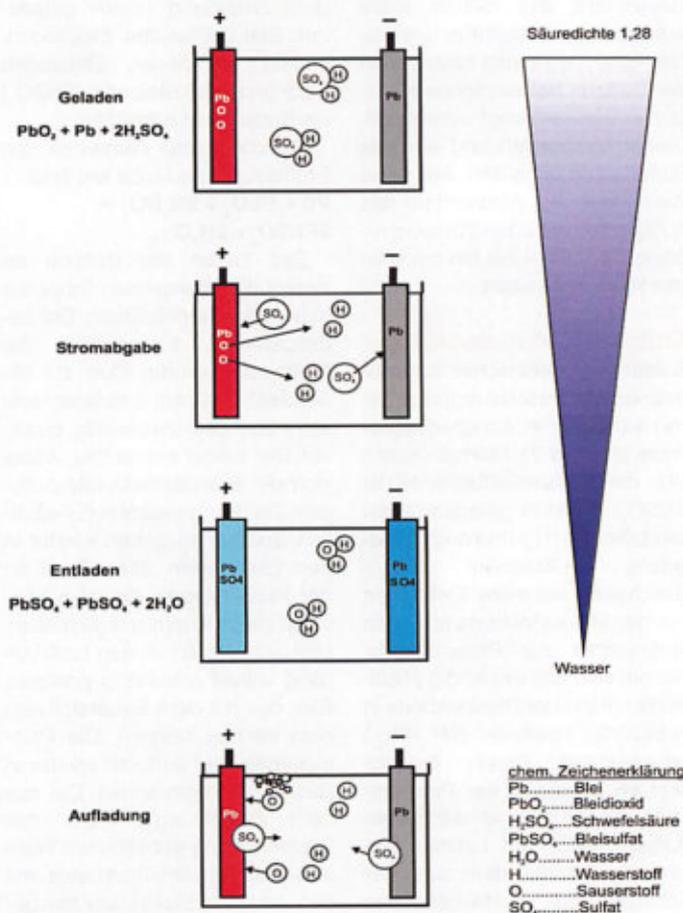


Bild 7 Chemische Prozesse beim Entladen einer Blei-Säure-Batterie

sprüngliche Kapazität und Kaltstartfähigkeit der Batterie werden dadurch nicht mehr erreicht. Zudem führt eine dauerhaft hohe Säuredichte am Boden der Batterie zur Schädigung der aktiven Masse und zur bereits beschriebenen Sulfatierung.

Die Säureschichtung einer Batterie lässt sich in der Werkstatt nur erkennen, indem die gemessene Ruhespannung mit der gemessenen Säuredichte verglichen wird. Die Formel lautet: (Säuredichte + 0,84) x 6 = Ruhespannung. Bei verschlossenen Batterien ist die Stratifikation nicht feststellbar, da bei dieser Bauweise kein Elektrolyt zum Messen der Säuredichte entnommen werden kann. Elektronische Schnelltester weisen in solchen Fällen eine hohe Spannung bei geringerer Kaltstartfähigkeit aus. Ein Belastungstest würde eine geringere Kapazität als Ergebnis liefern.

Solfern keine Schädigung der Batterie vorliegt, können Batterien mit Säureschichtung in den meisten Fällen wieder in ihren vollen Ladezustand gebracht

den des Gehäuses (**Bild 9**). Dieser Prozess hat einen hohen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Batterie. Die aktive Schicht der Batterie wird auf das mittlere Drittel reduziert, wo das stöchi-

metrische Verhältnis des Elektrolyten ideal ist. Im oberen und unteren Bereich entsteht „totes Blei“, das aufgrund der Säuredichte nicht mehr am Entlade- und Ladeprozess beteiligt ist. Die ur-

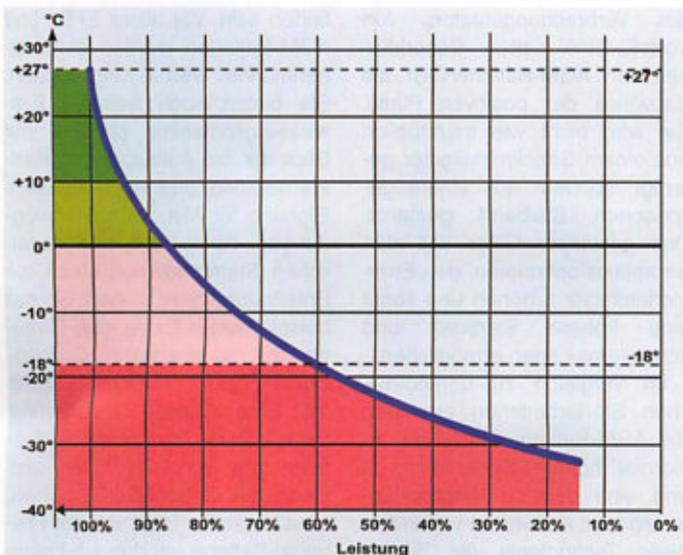


Bild 8 Leistungsverhalten einer Blei-Säure-Batterie in Abhängigkeit der Temperatur. Unter dem Gefrierpunkt kommt nicht nur die Stromabgabe, sondern auch die Ladefähigkeit in einen kritischen Bereich

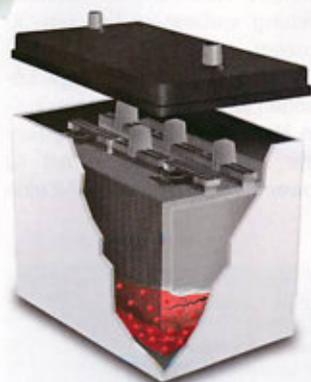


Bild 9 Die Säureschichtung bewirkt, dass sich am Plattenboden eine schädliche Säurekonzentration bildet. Das führt auf Dauer zur Schädigung der aktiven Masse

werden. Hierzu muss die Batterie ausgebaut und mit einer Spannung von 16V über einen Zeitraum von 24 h geladen werden. Der Ladestrom sollte dabei ein Zehntel der Nennkapazität betragen. Die erhöhte Ladespannung bewirkt eine leichte Gasentwicklung. Die aufsteigenden Gasblasen durchmischen den Elektrolyt und verringern dessen Säureschichtung. Moderne Profi-Ladegeräte bieten hierfür einen speziellen Lademodus an.

EFB- und AGM-Batterien

Moderne Bordnetze stellen immer höhere Anforderungen an die Starterbatterie. Stromhungrige Komfort- und Sicherheitssysteme stehen einer nach wie vor begrenzten Speicherkapazität der Batterie gegenüber. Um Pan-

nen aufgrund einer leeren Batterie zu vermeiden, mussten die Fahrzeughersteller reagieren und führten zunächst in der Oberklasse ein Batteriemanagementsystem ein. Heute ist es mittlerweile in allen Fahrzeugklassen zu finden, da es wesentlicher Teil des Start-Stopp-Systems ist. Es schaltet den Motor bei Fahrzeugstillstand automatisch ab, sofern alle Abschaltbedingungen erfüllt sind. Diese Maßnahme soll den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen reduzieren. Mit den Start-Stopp-Systemen steigen die Anforderungen an die Fahrzeugbatterie jedoch zusätzlich. Im Vergleich zu Starterbatterien für klassische Bordnetze müssen Akkumulatoren für Start-Stopp-Systeme nicht nur leistungsfähiger sein, sondern vor allem eine höhere Zyklenfestigkeit aufweisen. Diese hohen Anforderungen erfüllen Batterien mit EFB- (Enhanced Flooded Battery) oder mit AGM-Technologie (Absorbent Glass Mat).

EFB-Batterien sind im Vergleich zu klassischen Blei-Säure-Batterien mit einer optimierten

Technik-Info Batteriekenngrößen

Jede Blei-Säure-Batterie hat typische Kenngrößen. Neben mechanischen Merkmalen wie Abmessungen, Befestigungsart und Endpolausführung sind charakteristische elektrische Werte in Prüfnormen, etwa der EN 50342-1, festgelegt. Die wichtigsten elektrischen Batteriekenngrößen sind die Nennspannung (z. B. 12V), die Nennkapazität (z. B. 70 Ah) und der Kälteprüfstrom (z. B. 650 A).

Die Nennspannung einer Batteriezelle beträgt laut Norm 2V. Die Nennspannung der gesamten Batterie ergibt sich aus der Multiplikation der Zellennennspannung mit der Zahl der in Reihe geschalteten Zellen. Gemäß der Norm EN 50342-1 beträgt die Nennspannung für Starterbatterien 12V. Sie ist aber nicht mit der Ruhespannung zu verwechseln. Diese kennzeichnet die Leerlaufspannung einer unbelasteten Batterie. Die Ruhespannung ist eine variable Größe, die vom Ladezustand der Batterie und von der Elektrolyttemperatur abhängig ist.

Die Nennkapazität einer Starterbatterie definiert die Ladungsmenge, die innerhalb von 20 Stunden bis zu einer Entladeschlussspannung von 10,5 V mit einem konstanten Strom bei 25° C entnommen werden kann. Sie wird in Amperestunden (Ah) angegeben. Die Kapazität sinkt mit steigendem Entladestrom und fallender Temperatur. Zum Beispiel

kann eine Batterie mit einer Nennkapazität von 44 Ah unter definierten Bedingungen bei einem konstanten Entladestrom von 2,2 A bis zu 20 Stunden genutzt werden. Die Kapazität wird im Wesentlichen von der Menge der aktiven Masse und dem Elektrolytvolumen bestimmt. Massenverlust an den Platten, Sulfatierung und Säureschichtung verringern die Kapazität der Batterie.

Der Kälteprüfstrom ist ein Maß für die Stromabgabefähigkeit der Batterie bei Kälte. Gemäß der Norm EN 50342-1 darf die Klemmspannung der Batterie bei Belastung mit dem angegebenen Kälteprüfstrom und einer Temperatur von -18° C innerhalb von 10 Sekunden nicht unter 7,5V absinken. Der Kälteprüfstrom ist für das Startverhalten bei niedrigen Temperaturen wichtiger als die Kapazität. Er ist stark von der gesamten Oberfläche der aktiven Masse abhängig. Der Plattenabstand und das Separatormaterial sind ebenfalls wichtige Einflussgrößen für den Kälteprüfstrom.

Nennspannung, Nennkapazität und Kälteprüfstrom sind die wichtigsten elektrischen Kenngrößen einer Starterbatterie. Bei der europäischen Typnummer (ETN) sind diese Kenngrößen in eine Zahlenkombination verpackt
Foto: Varta



Technik ausgestattet. So ist unter anderem der positive Plattensatz mit einem sogenannten Polyester-Scrim versehen (**Bild 10**). Hierbei handelt es sich um ein Gewebe, welches das aktive Material in der Platte festhält. Dieser zusätzliche Halt für das aktive Material ermöglicht ein widerstandsarmes und schnelles Laden und Entladen der Batterie. Dank dieser Technologie sind die EFB-Batterien doppelt so zyklensfest wie herkömmliche Starterbatterien. Sie ermöglichen auch bei sehr niedrigen Temperaturen einen zuverlässigen Motorstart. Zudem weisen EFB-Batterien eine

Bild 10 Aufbau einer EFB-Batterie. Sie ist am positiven Plattensatz mit einem Polyesterergewebe ausgestattet, welches das aktive Material in der Platte festhält und die Zyklensfestigkeit verbessert

geringere Neigung zur Säureschichtung auf und erreichen eine höhere Lebensdauer. Sie werden in Fahrzeugen mit Start-Stopp-System und niedrigen Verbrauchslasten eingesetzt.

Bei AGM-Batterien liegen zwischen den positiven und negativen Elektroden anstelle der Separatoren spezielle Matten aus einem mikroporösen Glasfaservlies. Sie binden den kompletten Elektrolyten (**Bild 11**). Die Elektrodenplatten werden durch den komprimierten Einbau so stark gepresst, dass der Verlust des aktiven Materials minimiert und gleichzeitig ein sehr niedriger Innenwiderstand erzielt wird. Dank der schnelleren Reaktion zwischen dem gebundenen Elektrolyten und dem aktiven Plattenmaterial können AGM-Batterien in anspruchsvollen Situationen höhere Energiemengen aufnehmen und abgeben. Das ist vor allem für Funktionen wie Rekuperation von Bremsenergie oder Boosten

des Verbrennungsmotors von Vorteil. Eine weitere Besonderheit von AGM-Batterien ist die Bauweise der positiven Platte. Sie wird nicht wie marktüblich aus einem Streckmetallgitter gefertigt, sondern aus einem gegossenen Bleiband gestanzt. Das gestanzte Gitter soll den Stromfluss optimieren, den Energiedurchsatz erhöhen und somit eine höhere Startkraft und schnelleres Laden ermöglichen.

Im Vergleich zu herkömmlichen Starterbatterien erreichen die AGM-Batterien eine bis zu viermal höhere Zyklensfestigkeit und eine deutlich längere Lebensdauer. Außerdem verhindert diese Technologie die Säureschichtung. AGM-Batterien sind darüber hinaus extrem rüttelfest.

Pfiffige Problemlösungen

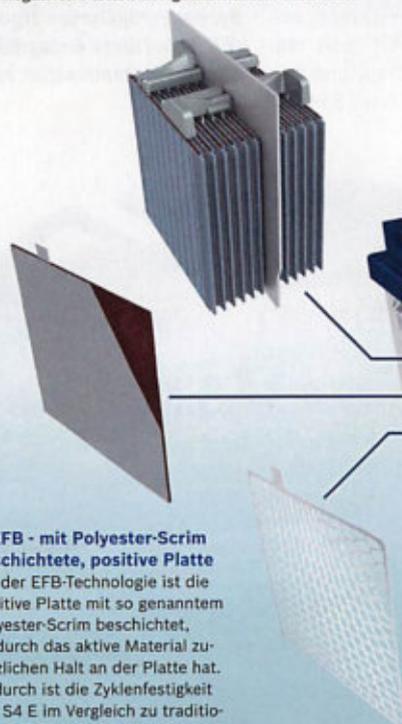
Die Blei-Säure-Batterie wird für das Versorgen von Niederspannungsbordnetzen voraussichtlich noch lange in Kraftfahrzeugen zu

finden sein. Vor allem EFB- und AGM-Batterien werden eine zunehmende Verbreitung finden. Sie bieten noch weiteres Entwicklungspotenzial speziell mit Blick auf die Aufladbarkeit, Kaltstartleistung und noch bessere Eignung für Mikrohybrid-Anwendungen. Aber auch bei klassischen Starterbatterien bleibt die Entwicklung nicht stehen. So hat beispielsweise Exide eine Batterie mit sogenanntem Carbon-Boost-Effekt entwickelt (**Bild 11**). Eine spezielle Beschichtung der negativen Platten soll die Sulfatkristalle schneller lösen und damit die Leitfähigkeit erhöhen. Laut Hersteller lässt sich die Premium-Batterie um das 1,5-Fache schneller laden, und die Kaltstartleistung verbessert sich um 30 Prozent.

Aber auch weitere pfiffige Lösungen können die konzeptionellen Nachteile der Blei-Säure-Batterie kompensieren. So hat IQ Power mit dem System IQP-2 eine

EFB-Technologie (Enhanced Flooded Battery)

Plattensatz mit besonders stabiler Verbindung
Die mittige Anordnung der Verbindler zwischen positiven und negativen Platten bringt zusätzliche Stabilität.



► **EFB - mit Polyester-Scrim beschichtete, positive Platte**
Bei der EFB-Technologie ist die positive Platte mit so genanntem Polyester-Scrim beschichtet, wodurch das aktive Material zusätzlichen Halt an der Platte hat. Dadurch ist die Zyklensfestigkeit der S4 E im Vergleich zu traditionellen Batterien höher und sie bleibt auch bei höheren Erschütterungen einsatzbereit.

Labyrinthdeckel für hohe Betriebssicherheit

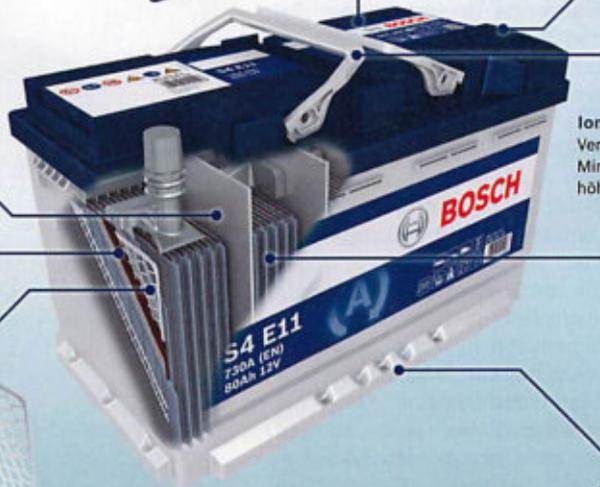
Der Doppeldeckel mit Labyrinth-Konstruktion stellt sicher, dass verdampfte Flüssigkeit in der Batterie bleibt. Dadurch ist die S4 E absolut wartungsfrei und auslaufsicher



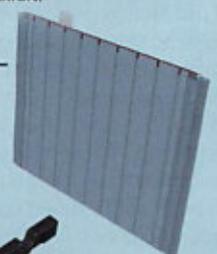
Polabdeckkappen
Geben Sicherheit gegen Kurzschluss.



Ergonomische Tragegriffe
Für leichten Transport und Einbau.



Ionendurchlässiger Taschenseparator
Verhindert den Kontakt zwischen Plus- und Minusplatte - für längere Lebensdauer und höhere Startkraft.

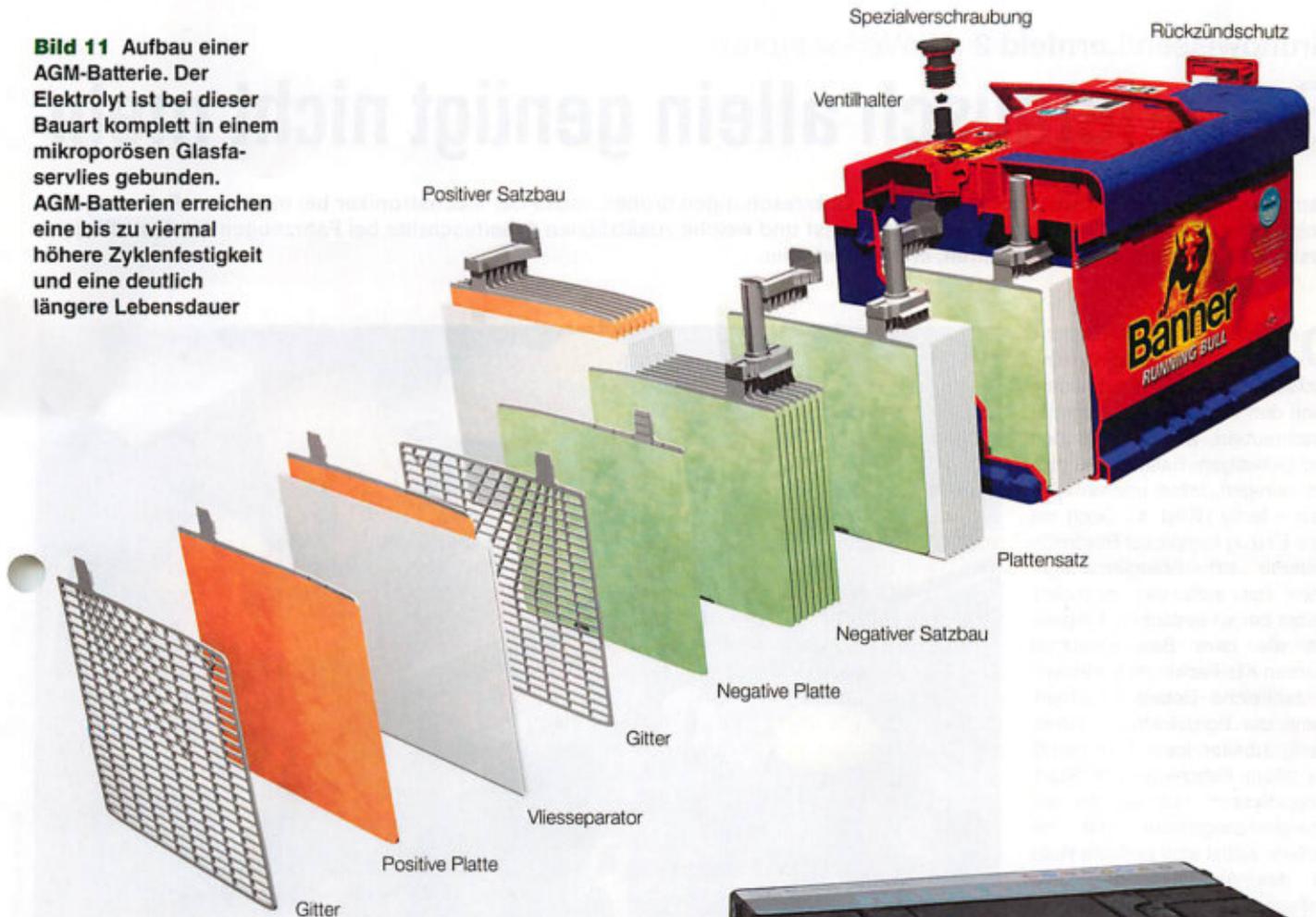


Patentiertes strömungsoptimiertes Gitterdesign für optimalen Stromfluss und geringere Korrosion
Das strömungsoptimierte Gitterdesign garantiert kontinuierlich hohe Startkraft und lange Lebensdauer. Zusätzlich sorgt die spezielle Legierung für hohe Korrosionsfestigkeit und deutlich geringere Selbstentladung.



Universelle Adapter-Bodenleiste mit hoher Fahrzeug-Kompatibilität
Für sicheren und passgenauen Einbau. Die Typenvielfalt reduziert sich, wodurch sich die Lagerhaltung vereinfacht.

Bild 11 Aufbau einer AGM-Batterie. Der Elektrolyt ist bei dieser Bauart komplett in einem mikroporösen Glasfaserwolle gebunden. AGM-Batterien erreichen eine bis zu viermal höhere Zyklenfestigkeit und eine deutlich längere Lebensdauer



kostengünstige und interessante Lösung für Nassbatterien entwickelt, die der befürchteten Säureschichtung zu Leibe rückt. Das System basiert auf passiven Mischelementen, die sich ohne größere Probleme auch in bereits bestehende Batteriekonzepte integrieren lassen dürften. Die Mischelemente erzeugen mithilfe der Kräfte beim Beschleunigen, Bremsen und bei Kurvenfahrten einen hydrostatischen Druckunterschied im Batteriegehäuse. Ein Kanal gleicht diesen Druckunterschied weitgehend aus und bewirkt so eine effiziente Zirkulation des Elektrolyten (**Bild 12**).

Die passiven Mischelemente funktionieren unabhängig von der Einbaulage der Batterie im Fahrzeug. Eine Stunde Fahrtzeit soll ausreichen, um den Elektrolyten vollständig umzuwälzen. Danach herrschen in der gesamten Batterie gleiche stöchiometrische Verhältnisse ohne „totes Blei“. Ein stets homogener durchgemischter Elektrolyt unterbindet außerdem die Korrosion. Das erhöht die Lebensdauer und die Zyklenfestig-

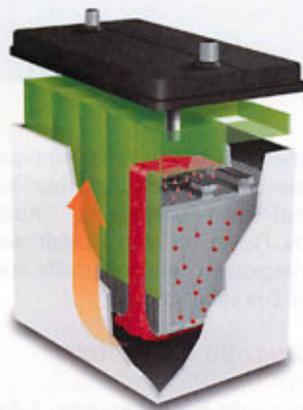


Bild 12 Das Umwälzen des Elektrolyten mithilfe von Leitelementen aus Kunststoff verhindert die Säureschichtung und verbessert damit die Leistungsfähigkeit der Batterie



Bild 13 Handelsübliche Batterie mit Elektrolytdurchmischung. Die patentierte Technik kommt ohne bewegliche Teile aus und nutzt die Kräfte der Fahrdynamik

keit jeweils um das Doppelte. Auch die Ladefähigkeit der Batterie wird verbessert, was vor allem EFB-Batterien bei stromintensiven Start-Stopp-Anwendungen zugutekommt. Diese Technologie belegte beim Umweltpreis Green-Tech Awards 2017 den ersten Platz in der Kategorie Mobilität. iQ Power vergibt diese wegweisende Technik an Batterieherstel-

ler weltweit in Lizenz. In Deutschland sind Starterbatterien mit Elektrolytdurchmischung etwa unter dem Markennamen Mixtech im Onlinehandel erhältlich (**Bild 13**).

Bleibt zu hoffen, dass die großen renommierten Batteriehersteller diese Technik auch für sich entdecken.

Richard Linzing