



# Power-Brick PB 500 – Akku-Informationssystem mit Blei-Akku-Aktivator-Funktion

***Dieses neuartige Akku-Informationssystem dient zur Online-Qualitätsbeurteilung von Blei-Akkus für Kraftfahrzeuge und Motorräder. Des Weiteren werden kristallisierte Sulfat-Ablagerungen an den Platten von Blei-Akkus verhindert. Zulassungszertifikat zum direkten Fahrzeugeinbau.***

## Allgemeines

Eines der wichtigsten Kriterien zur Beurteilung eines Starter-Akkus ist dessen Innenwiderstand. Hier gilt: je niedriger, desto besser. Resultat: Der Anlasser zieht gut durch. Doch leider steigt dieser Innenwiderstand mit sinkender Temperatur, fortgeschrittener Entladung, steigender Passivierung der Bleiplatten und zunehmendem Alter der Akkus. Hier sowohl aktuelle sowie auch tendenzielle Infos zu erhalten, ist Aufgabe des PB 500.

Dank 4-Leiter-Messtechnik werden wichtige Akku-Parameter wie die Spannungslage sowohl im Leerlauf als auch unter Lastbedingungen mit hoher Präzision erfasst. Die Auswertung der erfassten Messwerte (inkl. Temperatur) erfolgt dann mit einem Mikrocontroller, wobei besonders der Innenwiderstand zur Qualitätsbeurteilung dient. Ständig wird der niedrigste

gemessene Innenwiderstandswert vom PB 500 als Referenzwert (100 %) gespeichert, wodurch das System selbstlernend ist. Dieser Messwert wird dann in einem EEPROM abgelegt und bleibt auch bei

einer Spannungsunterbrechung erhalten. Der Innenwiderstandswert der nachfolgenden Messungen wird grundsätzlich mit dem abgespeicherten Referenzwert verglichen und zur Qualitätsbeurteilung ausgewertet.

### Technische Daten: PB 500

Entlade-Stromimpuls: .....	bis 100 A
Entladeimpuls-Zeitraaster: .....	20 Sekunden
Entladeimpuls-Dauer: .....	100 µs
Ruhestromaufnahme (typisch): .....	<1 mA
Mittlere Betriebsstromaufnahme: .....	<1,5 mA
Betriebsspannung: .....	11–16 V
LC-Display: .....	Anzeige von Akku-Qualität, Akku-Spannung und Entlade-Stromimpuls. Zusätzlich grafische Symbolanzeige
Gehäuse IP 65 (B x H x T): .....	91 x 39,5 x 47 mm

#### Sonstiges:

- LED-Impulsanzeige mit Endstufen-Überwachung
- eingebauter Verpolungsschutz
- 4 seitliche Befestigungslaschen zur Montage
- fest angeschlossene Anschlussleitungen mit Schraubösen
- Zulassungszertifikat zum direkten Fahrzeugeinbau (Fertigerät)

Auf dem LC-Display wird der Zustand des Akkus dann in Prozent angegeben. Dadurch wird der Anwender rechtzeitig informiert, wenn die Zuverlässigkeit des Akkus nicht mehr gegeben ist. Abgesehen von der Alterung kann auch ein unzureichender Ladezustand für den Anstieg des Innenwiderstands verantwortlich sein.

Neben dem Kraftfahrzeug werden viele saisonweise genutzte Geräte wie Motorräder, Boote, Elektro-Gartengeräte usw. durch Blei-Akkus mit Spannung versorgt. Die maximale Lebensdauer wird bei den zum Teil recht teuren Energiespendern jedoch nur selten erreicht, da oft die erforderliche Pflege vernachlässigt wird.

Blei-Akkus verkraften keine Tiefentladung und sollten für eine lange Lebensdauer möglichst immer im voll geladenen Zustand gehalten werden. Besonders auffällig ist der vorzeitige Ausfall von Blei-Akkus, die nur saisonweise genutzt werden. Neben der Lagerung mit unzureichendem Ladezustand sind Sulfat-Ablagerungen an den Bleiplatten der Hauptgrund für den vorzeitigen Ausfall.

Blei-Akkus, die im Winter nur gelagert und sich mehr oder weniger selbst überlassen wurden, versagen häufig bei der ersten Inbetriebnahme im Frühjahr.

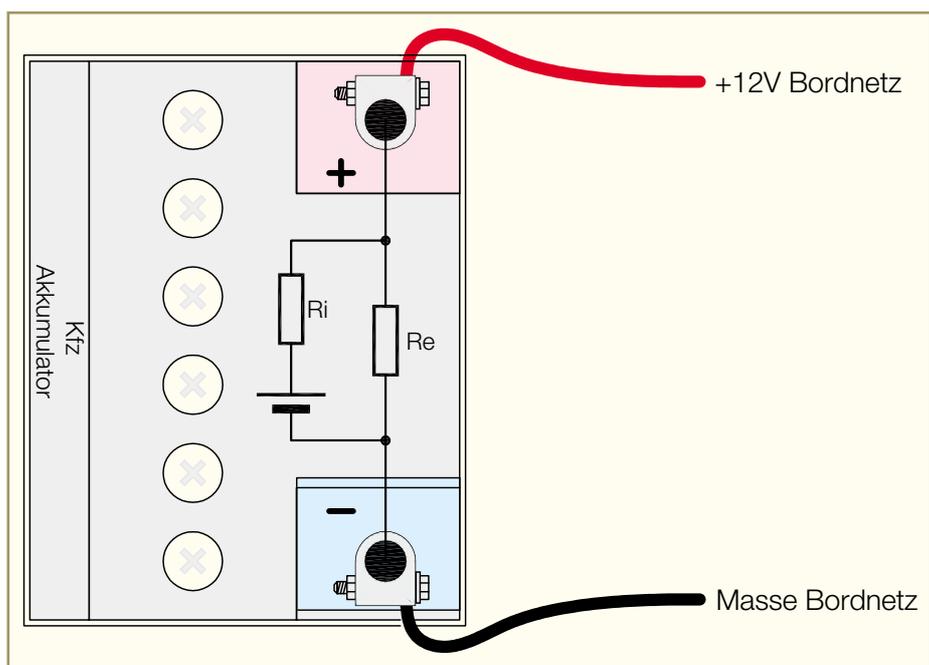
Die Sulfatierung ist ein grundsätzliches Problem, welches zwar nicht vollständig verhindert, jedoch deutlich reduziert werden kann. Einen entscheidenden Einfluss darauf, wie schnell kristalline Sulfat-Ablagerungen die Bleiplatten bedecken, haben die Betriebs- und Lagerbedingungen. Je tiefer Blei-Akkus entladen werden, desto stärker tritt die Sulfatierung ein.

Durch hohe Entlade-Stromimpulse verhindert der PB 500 die Sulfatierung. Selbst bestehende Sulfat-Ablagerungen werden teilweise gelöst und als aktives Bleisulfat in die Akku-Flüssigkeit zurückgeführt.

Der Anschluss des PB 500 ist jederzeit unabhängig vom aktuellen Ladezustand des Akkus möglich. Sobald der Akku seinen besten Ladezustand und damit den geringsten Innenwiderstand erreicht hat, wird, wie bereits erwähnt, der zugehörige Messwert als Referenz gespeichert. Alle weiteren Messwerte werden dann mit dem abgespeicherten Referenzwert (100 %) verglichen und auf dem Display wird der jeweils erreichte Prozentwert angezeigt.

Da der zulässige Innenwiderstandsbereich natürlich bei einem 8-Ah-Motorrad-Akku anders ist als bei einem 88-Ah-Akku, z. B. für ein großes Dieselfahrzeug, ist zwangsläufig eine Anpassung des PB 500 an den verwendeten Akku-Typ erforderlich. Dazu bietet der PB 500 einen Konfigurationsmode, in dem bei der ersten Inbetriebnahme die Anpassung an den verwendeten Akku vorgenommen werden kann.

Doch wie groß ist nun der typische



**Bild 1: Ersatzschaltbild eines Akkus mit parasitären Widerständen**

Innenwiderstand von Blei-Starterakkus? Dazu sind bei den Akku-Herstellern in der Regel leider keine Angaben zu finden. Angegeben wird aber häufig der Kälteprüfstrom nach EN. Der Kälteprüfstrom ist der vom Hersteller angegebene Entladestrom, der von einem Akku bei  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  und einer Mindestspannung von  $U_1 = 7,5\text{ V}$  an den Anschlussklemmen für die Dauer von 10 Sekunden abgegeben wird.

Wenn wir nun von einer Leerlaufspannung (Klemmenspannung) von  $13,5\text{ V}$  ausgehen, fällt unter diesen Bedingungen am Innenwiderstand eine Spannung von  $6\text{ V}$  ab. (Beim Innenwiderstand handelt es sich um einen parasitären Widerstand in Reihe zur Spannungsquelle, siehe Abbildung 1.) Damit lässt sich nun sehr einfach der Innenwiderstand nach dem ohmschen Gesetz berechnen (Spannungsabfall am In-

nenwiderstand dividiert durch den Kälteprüfstrom = Innenwiderstand).

Abgesehen von wenigen Ausnahmen kann gesagt werden, je größer die Akku-Kapazität, desto höher der Kälteprüfstrom und desto geringer ist zwangsläufig auch der Innenwiderstand des Akkus.

Mit steigender Temperatur nimmt der Innenwiderstand ab, was wiederum aus erklärt, warum es gerade in der kalten Jahreszeit zum häufigen Ausfall von Starterakkus kommt. Hinzu kommt, dass bei niedrigen Temperaturen der Motor wesentlich schwerer dreht und somit der Anlasser einen höheren Strom verlangt.

Typische Kälteprüfstrom-Werte für unterschiedliche Akku-Kapazitäten sind in Tabelle 1 zu finden.

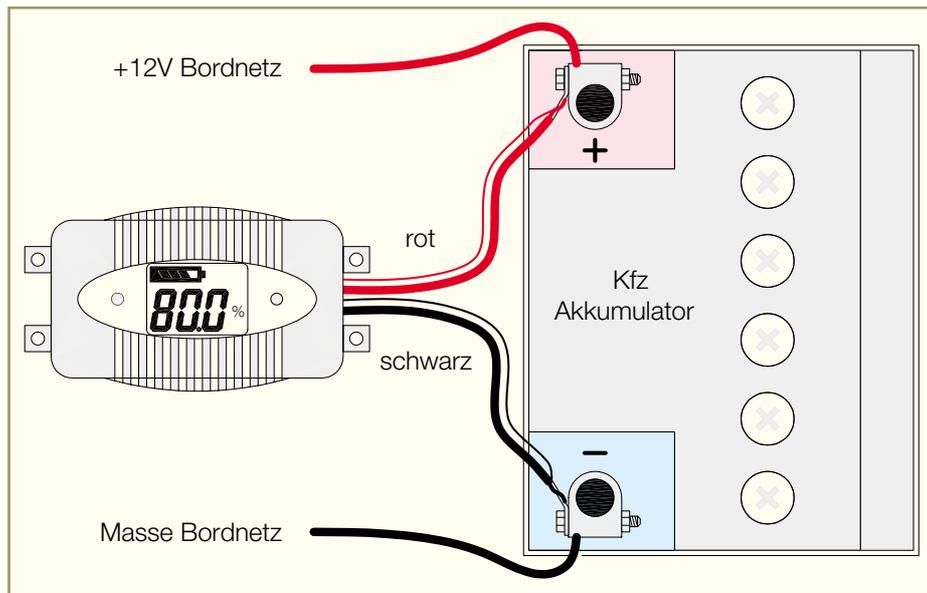
Das Ersatzschaltbild in Abbildung 1 verdeutlicht auf einfache Weise den zuvor beschriebenen Zusammenhang. Neben dem Innenwiderstand ist noch ein weiterer parasitärer Widerstand innerhalb des Akkus zu beachten. Dieser Widerstand ( $R_e$ ) liegt parallel zu den Polklemmen des Akkus und ist für die Selbstentladung verantwortlich.

Während der Innenwiderstand möglichst klein sein soll, um einen hohen Belastungsstrom zu ermöglichen, muss der Entladewiderstand natürlich möglichst groß sein, damit der Akku seine Energie möglichst lange ohne Nachladung hält.

Während des Alterungsprozesses nimmt der Innenwiderstand zu und der Entladewiderstand  $R_e$  wird leider immer niederohmiger. Beide parasitären Widerstände sind zusätzlich noch relativ stark temperaturabhängig.

Der PB 500 ist in einem sehr stabilen wasserdichten Gehäuse mit den Abmessungen (B x H x T) von  $91 \times 39,5 \times 47\text{ mm}$

Tabelle 1: Typische Kälteprüfstromwerte von Blei-Akkus bei unterschiedlichen Nennkapazitäten	
Nennkapazität	Kälteprüfstrom
4 Ah	10 A
6 Ah	30 A
8 Ah	40 A
12 Ah	80 A
14 Ah	140 A
25 Ah	220 A
36 Ah	300 A
40 Ah	330 A
45 Ah	360 A
55 Ah	420 A
66 Ah	510 A
80 Ah	640 A
100 Ah	760 A

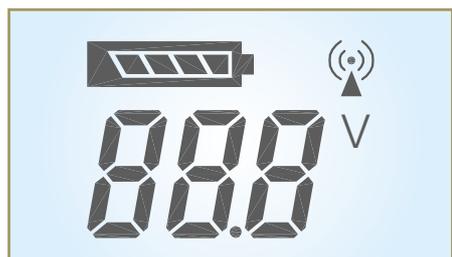


**Bild 2: Anschluss des PB 500 an den Akku**

untergebracht und hat vier stabile seitliche Befestigungslaschen, die sowohl eine Schraubbefestigung als auch eine Kabelbinderbefestigung, z. B. direkt am Akku, ermöglichen. Bei der Kabelbinderbefestigung verhindern zusätzliche Führungsstege das Abrutschen des Kabelbinders.

Die 50 cm langen Anschlussleitungen des PB 500 sind mit Ringösen ausgestattet, die direkt an die Anschlusspole des Akkus anzuschließen sind. Die Ringösen werden, wie in Abbildung 2 zu sehen ist, mit den Befestigungsschrauben der Akku-Anschlussklemmen verschraubt.

Das Funktionsprinzip des Aktivators basiert auf periodischen Spitzenstrom-Impulsen von 50 bis 100 A, die die gefürchteten Sulfat-Ablagerungen an den Bleiplatten verhindern. Da die Dauer des alle 20 Sek. auftretenden Entlade-Stromimpulses nur 100 µs beträgt, wird dem Akku nur wenig Energie entzogen. Im arithmetischen Mittel beträgt die Stromaufnahme der Schaltung inklusive Entlade-Stromimpuls weniger als 1,5 mA. Trotzdem ist das regelmäßige Nachladen wichtig, da Blei-Akkus eine relativ hohe Selbstentladung haben. Die Selbstentladung ist auch ohne angeschlossenen Verbraucher ein ständiger chemischer Reaktionsprozess an den Elektroden und abhängig von der Umgebungstemperatur sowie von weiteren Faktoren



**Bild 3: Display des PB 500 mit allen zur Verfügung stehenden Segmenten**

wie z. B. dem Alter oder dem Aufbau des Akkus. Die Selbstentladung bei Blei-Akkus liegt in der Größenordnung von 5 bis 10 % pro Monat, so dass ein nicht genutzter Akku ohne angeschlossenen Verbraucher unbedingt alle zwei bis drei Monate nachgeladen werden sollte.

### Bedienung

Die Bedienung des PB 500 erfolgt über einen eingebauten wasserdichten Taster, der mit einem Stift zu betätigen ist. Zuerst wird das Gerät entsprechend Abbildung 2 am Akku angeschlossen. Da bei der ersten Inbetriebnahme noch keine Anpassung am verwendeten Akku erfolgte, ruft das Gerät automatisch den Konfigurationsmode auf, bei dem auf dem Display die Akku-Nennkapazität angezeigt wird. Durch kurze Tastenbetätigungen ist die Anzeige auf dem Display mit der Kapazitätsangabe des Akkus in Übereinstimmung zu bringen. Eine genaue Übereinstimmung ist nicht erforderlich, da es sich nur um einen Richtwert handelt, um den Innenwiderstandsbereich grob vorzugeben. Eingegeben werden kann die Nennkapazität zwischen 4 Ah und 100 Ah in 4-Ah-Schritten.

Sobald der Wert selektiert wurde, der dem auf dem Akku aufgedruckten Wert am nächsten liegt, ist die Taste länger als drei Sekunden gedrückt zu halten. Der Kapazitätswert wird nun als Parameter abgespeichert und auf dem Display erscheint die Anzeige 100 %, da das System bei der ersten Inbetriebnahme von einem zu 100 % geladenen neuen Akku ausgeht.

Sollte der Akku nicht vollständig geladen sein, ist das kein Problem, da der PB 500 selbstlernend ist. Grundsätzlich wird der niedrigste gemessene Innenwiderstand als Referenzwert (100 %) gespeichert.

Von nun an arbeitet das Gerät vollkom-

men automatisch. Durch kurze Tastenbetätigungen können nacheinander die Akku-Spannung, der Impuls-Entladestrom und natürlich wieder die Prozentanzeige zur Qualitätsbeurteilung auf dem Display dargestellt werden.

Alle abgespeicherten Daten und Parameter bleiben auch bei einer Spannungsunterbrechung im nicht-flüchtigen EEPROM erhalten. Neben der numerischen Anzeige erfolgt in 20%-Schritten auch die grafische Darstellung in Form eines Akku-Symbols auf dem Display. Abbildung 3 zeigt alle auf dem Display zur Verfügung stehenden Segmente.

Natürlich kann auch jederzeit ein Reset des Gerätes und eine Neukonfiguration erfolgen, z. B. wenn der Akku erneuert wird. Dazu ist die Taste mindestens 5 Sekunden gedrückt zu halten, wodurch wieder die eingestellte Nennkapazität angezeigt wird. Da sich das Gerät nun wieder im Konfigurationsmode befindet, kann durch kurze Tastenbetätigungen die Nennkapazitätsvorgabe verändert werden oder durch eine mindestens 3 Sekunden lange Betätigung der angezeigte Wert neu übernommen werden.

Bei der Erneuerung eines Akkus mit gleicher Nennkapazität ist keine neue Konfiguration erforderlich, da das System, wie bereits erwähnt, selbstlernend ist.

### Schaltung

Dank Mikroprozessor-Technologie ist der Schaltungsaufwand des PB 500 recht übersichtlich, wie in Abbildung 4 zu sehen ist. Alle Steuer- und Messaufgaben übernimmt dabei der Controller IC 1, der mit einem integrierten 4-Kanal-A/D-Wandler ausgestattet ist.

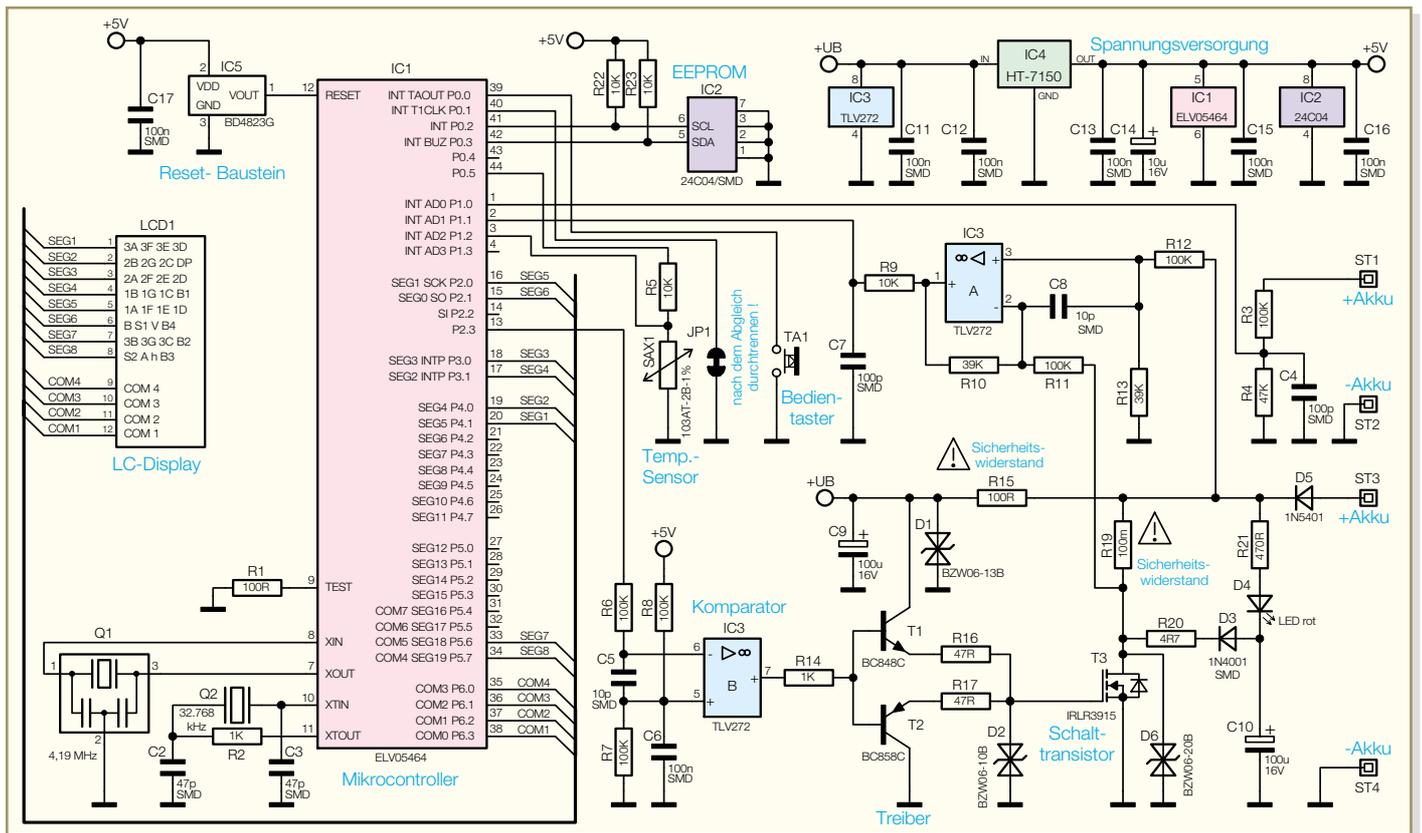
Das LC-Display ist über vier COM- und acht Segmentleitungen direkt mit dem Mikrocontroller verbunden.

Das EEPROM IC 2 speichert wichtige Firmware-Parameter und ist über den I<sup>2</sup>C-Bus (SDA, SCL) mit dem Mikrocontroller verbunden. Die unidirektionale Taktleitung SCL (Pin 6) ist dabei an Port 0.2 und die bidirektionale Datenleitung (SDA) Pin 5 an Port 0.3 des Controllers angeschlossen.

Der Bedientaster TA 1 ist direkt mit Port 0.0 verbunden. Da der Portanschluss über einen internen Pull-up-Widerstand verfügt, ist keine weitere Beschaltung erforderlich.

Die Codierbrücke JP 1, an Port 0.1, dient zum Abgleich und ist bei Bausätzen durch eine dünne Leiterbahn geschlossen. Die Leiterbahn zwischen den Kontaktflächen wird nach erfolgreichem Abgleich unterbrochen.

Für das interne Zeitmanagement sind die beiden integrierten Taktoszillatoren des



**Bild 4: Schaltbild des Power Brick PB 500 (Blei-Akku-Aktivator)**

Mikrocontrollers zuständig. Der schnelle Oszillator ist an Pin 7 und Pin 8 mit dem 4,19-MHz-Quarzbaustein Q 1 (erforderliche Kapazitäten sind integriert) beschaltet. Dieser Oszillator ist nur während der Messwert-Erfassung aktiv. Um den Energieverbrauch zu minimieren, arbeitet der Controller während der überwiegenden Zeit mit dem langsamen Uhrenquarz an Pin 10 und Pin 11 des Bausteins. Hier sind zusätzlich noch die Kondensatoren C 2, C 3 und der Widerstand R 2 erforderlich.

Die Steuerung des 100 µs langen Entlade-Stromimpulses erfolgt über Port 2.3, der während der Impulszeit über R 6 ein Low-Signal auf den mit IC 3 B aufgebauten Komparator koppelt. Der Ausgang (Pin 7) steuert dann über R 14 den Treibertransistor T 1 durch, der wiederum eine hohe Spannung am Gate des Leistungs-FETs T 3 anlegt. Die Treiberstufe ist aufgrund der hohen Gate-Kapazität von T 3 erforderlich.

Die Widerstände R 16, R 17 schützen die Transistoren T 1 und T 2, während die Transildioden D 2 und D 6 zum Schutz des Schalttransistors T 3 dienen.

Bei durchgeschaltetem FET (T 3) wird die Drain-Source-Strecke extrem niederohmig, so dass für die Dauer von 100 µs die Reihenschaltung, bestehend aus D 5, R 19 und der niederohmigen Drain-Source-Strecke des FETs, an den Anschlussklemmen des Akkus anliegen.

Der Schalttransistor ist für Impulsbelastungen bis zu 240 A ausgelegt, während die

Diode D 5 für 100 µs Stromimpulse bis zu 200 A verkräften kann.

Die Anzeige des Belastungsimpulses wird mit Hilfe der Leuchtdiode D 4 vorgenommen, wobei es sich gleichzeitig um eine echte Funktionskontrolle handelt. Bei durchgeschaltetem FET (T 3) wird der Elko C 10 über R 20, D 3 nahezu schlagartig entladen und die Kathode der Diode auf „low“ gezogen, wodurch die Leuchtdiode über R 21 mit Spannung versorgt wird und leuchtet.

Da ein 100-µs-Impuls zur optischen Anzeige zu kurz ist, kann sich nach dem Sperren des FETs (T 3) der Elko C 10 nur langsam wieder über R 21, D 4 aufladen. Die Leuchtdauer der Kontroll-LED wird dadurch erheblich verlängert.

Wie bereits erwähnt, verfügt der Controller über einen integrierten 4-Kanal-A/D-Wandler, über den sämtliche Messwerte erfasst werden. Die A/D-Eingänge stehen an Port 1.0 bis Port 1.3 zur Verfügung.

Zunächst wird die über ST 1 vom Pluspol des Akkus kommende Akku-Spannung mit dem Spannungsteiler R 3, R 4 heruntergeteilt und auf Port 1.0 zur Messung gegeben.

Der Belastungswiderstand R 19 dient gleichzeitig als Shunt-Widerstand für die Strommessung. Über die Widerstände R 11 und R 12 wird der Spannungsabfall abgegriffen und über den mit IC 3 A aufgebauten Differenzverstärker auf Port 1.1 zur A/D-Wandlung gegeben.

Der dritte Analog-Eingang ist mit dem Temperatursensor SAX 1 beschaltet. Über diesen Sensor wird die Umgebungstemperatur erfasst, da die Leistungsdaten von Blei-Akkus stark temperaturabhängig sind. Ein direkter Kontakt des Temperatursensors zum Akku ist nicht erforderlich, da die Montage des PB 500 in der Nähe des Akkus erfolgt und die Temperatur sich im Allgemeinen nur langsam nähert. Abweichungen um einige Grad haben keinen Einfluss auf die Funktion.

Für einen definierten Power-on-Reset des Mikrocontrollers sorgt der Reset-Baustein IC 5.

Betrachten wir nun die Spannungsversorgung des Gerätes, die direkt aus dem zu prüfenden Akku erfolgt. Über D 5, R 15 gelangt die Akku-Spannung auf den Pufferelko C 9 und den Eingang des Spannungsreglers C 4. Die Transil-Schutzdiode D 1 schützt die Elektronik vor Spannungsspitzen aus dem Kfz-Bordnetz.

Während der Operationsverstärker IC 3 direkt mit der an D 1 anliegenden Spannung versorgt wird, benötigen der Mikrocontroller IC 1 und das EEPROM IC 2 eine stabile Betriebsspannung von 5 V. Diese Spannung liefert der Spannungsregler IC 4, und die Kondensatoren C 11 bis C 16 dienen zur allgemeinen Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung.

Der praktische Aufbau und die Inbetriebnahme des Gerätes werden im zweiten Teil des Artikels („ELVjournal“ 5/2005) ausführlich beschrieben.