



# Akku-Ri-Messgerät RIM 1000

***Wenn es um die Qualität von Akkus und Batterien geht, ist die Kapazität nicht alles. Damit die Spannung unter Belastung nicht zusammenbricht, ist bei jeder Spannungsquelle ein möglichst geringer Innenwiderstand besonders wichtig. Diese für die Qualitätsbeurteilung eines Akkus wichtige Information, ist mit dem RIM 1000 in wenigen Sekunden messbar.***

## Allgemeines

Bei Akkus und insbesondere Akkupacks ist die Nennkapazität die wohl bekannteste technische Angabe und fehlt somit in keinem Angebotstext. Für die Qualitätsbeurteilung ist die Kapazität zwar wichtig, jedoch bei Weitem nicht alles. Eines der wichtigsten Beurteilungskriterien, insbesondere bei Hochstromanwendungen, ist der Zellen-Innenwiderstand. Hohe Preisunterschiede bei Einzelzellen und Akkupacks mit gleicher Nennkapazität können somit durchaus gerechtfertigt sein.

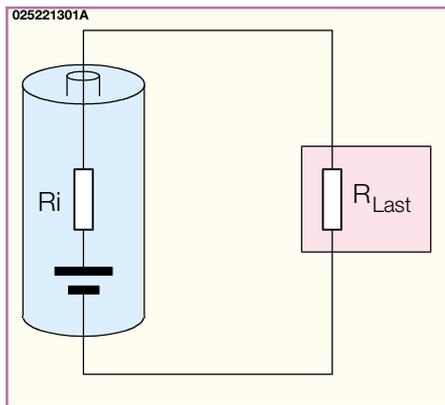
Ein wichtiges Leistungsmerkmal ist im Modellbaubereich, aber auch bei Elektrowerkzeugen, wo hohe Ströme entnommen werden, die Spannungslage unter Lastbedingungen. Die kann natürlich nur dann hoch sein, wenn möglichst wenig Spannung am Akku selbst abfällt und in Abwärme umgesetzt wird.

Bei Akkus mit hohem Innenwiderstand ist die entnehmbare Kapazität relativ stark von den Lastbedingungen abhängig. Zum einen wird dann eine Menge Energie ungenutzt am Innenwiderstand „verbraten“ und zum anderen erscheint der Akku durch das Zusammenbrechen der Spannung als leer,

## Technische Daten:

### Messmöglichkeiten:

Akku-Innenwiderstand: 0,1 mΩ - 9,999 Ω  
 Akku-Spannung: ..... 0 - 30 V  
 Entlade-Stromimpuls: ..... 1 A - 20 A  
 Messwerterfassung: ..... 4-Leiter-Messung mit federnd gelagerten Messspitzen  
 Messbereichswahl: ..... automatisch  
 Spannungsversorgung: 9-V-Blockbatterie  
 Abm. (B x H x T): .. 71 x 172 x 28 mm

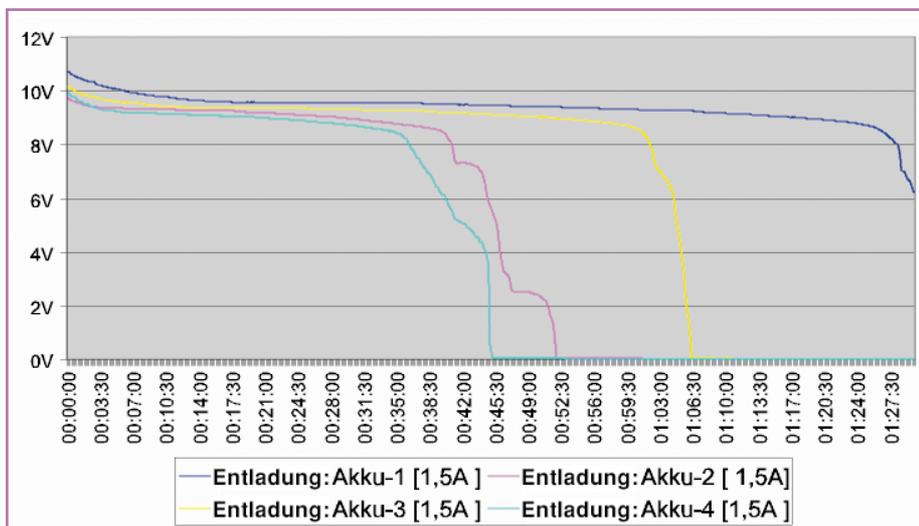


**Bild 1: Das vereinfachte Ersatzschaltbild verdeutlicht, dass der Innenwiderstand des Akkus und die Last eine Reihenschaltung bilden.**

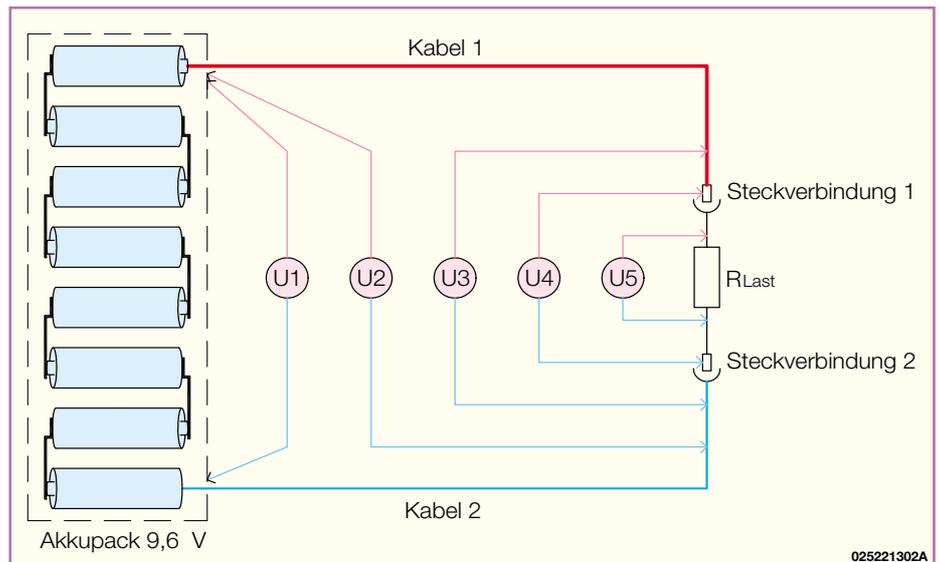
obwohl noch eine Menge Restenergie vorhanden sein kann.

Wie das vereinfachte Ersatzschaltbild in Abbildung 1 zeigt, besteht eine Reihenschaltung aus dem Innenwiderstand des Akkus bzw. Akkupacks und dem Widerstand des Verbrauchers (Last). Je höher der Laststrom, desto geringer ist der Widerstand der Last und desto mehr macht sich ein Spannungsabfall am Akku-Innenwiderstand bemerkbar. Bei einem mehrzelligen Akku addieren sich die Innenwiderstände jeder einzelnen Zelle zu einem Gesamtwiderstand.

Wenn man die Spannung an einem voll geladenen Akku und einem entladenen Akku (nicht tiefentladen) vergleicht, so wird man feststellen, dass nur ein geringer Spannungsunterschied besteht. Unter Lastbedingungen ist jedoch der Unterschied erheblich. Das zeigt, dass während des Entladevorgangs sich die Spannungsabgabe der Spannungsquelle kaum verändert, während der Innenwiderstand insbesondere zum Schluss des Entladevorgangs stark ansteigt.



**Bild 2: Entladekurven von 4 unterschiedlichen 9,6-V-Akkupacks bei gleichen Entladebedingungen.**



**Bild 3: Neben dem Innenwiderstand der Akkupacks sind auch Kabel und Steckverbindungen für Spannungsverluste am Verbraucher verantwortlich.**

Zum Ermitteln des Innenwiderstandes von Akkus und Akkupacks müssen diese einen definierten Ladungszustand aufweisen. In der Regel sollten die Akkus dann nahezu voll geladen sein. Besonders wichtig ist der gleiche Ladezustand, wenn ein Vergleich von verschiedenen Zellen erfolgen soll.

Abgesehen von einem Defekt und somit einem Totalausfall macht sich die Alterung eines Akkus durch nichts anderes als durch einen Anstieg des Innenwiderstandes bemerkbar.

Anhand von Entladekurven kann ermittelt werden, wie sich der Innenwiderstand eines Akkus bzw. Akkupacks während des Entladevorgangs und auch während der Alterung verändert. Gewünscht wird eine hohe Spannungslage während der gesamten Entladezeit. Gute Zellen zeigen erst am Ende der Entladekurve einen recht steilen Spannungsabfall.

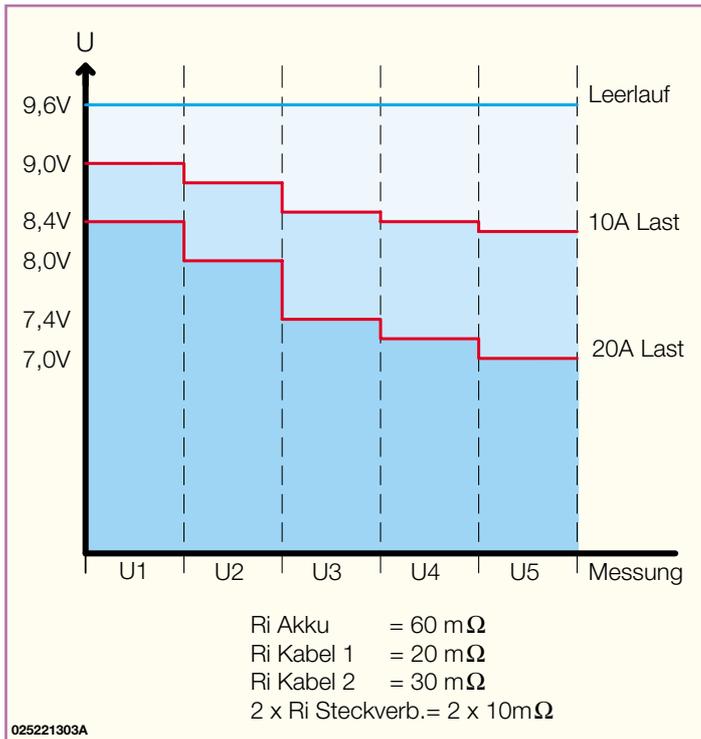
Die Entladekurven von vier unterschiedlichen 9,6-V-Akkupacks unter den gleichen Entladebedingungen wurden aufgezeichnet und sind in Abbildung 2 zu sehen.

Treten bei einem Akkupack abrupte Spannungseinbrüche beim Entladevorgang auf, so ist dies eindeutig ein Indiz dafür, dass nicht alle Zellen die gleiche Kapazität haben bzw. eine oder mehrere Zellen bereits geschädigt sind (deutlich zu sehen bei Akku 2). Während des weiteren Entladeverlaufs kann es dann zum Umpolen und somit zur weiteren Schädigung dieser Zelle kommen. Gut selektierte Zellen hingegen sorgen immer dafür, dass Akkupacks eine hohe Zuverlässigkeit und insbesondere eine lange Lebensdauer haben.

Beim Zusammenstellen eines Akkupacks sollten daher grundsätzlich keine unterschiedlichen Zellen und erst recht keine Zellen mit unterschiedlicher Kapazität verwendet werden. Je besser die Zellen selektiert sind, desto besser und langlebiger ist der Akkupack.

Anhand einer Kapazitätsmessung ist der Alterungszustand eines Akkus oft nicht eindeutig zu erkennen. Da gibt schon die Messung des Akku-Innenwiderstandes bei definiertem Ladezustand einen weitaus genaueren Aufschluss. Der Innenwiderstand ist sicherlich das aussagekräftigste Kriterium für die Belastbarkeit eines Akkus. Typische Werte bei sehr guten Sub-C-Zellen sind im Bereich von 4 mΩ bis 6 mΩ zu finden.

In einem mit Akkus betriebenen System ist nicht nur der Innenwiderstand des Akkus für Spannungsverluste von der Zelle bzw. den Zellen zum Verbraucher verantwortlich. Hinzu kommen immer noch parasitäre Übergangswiderstände, hervorgerufen durch Leitungen und Steckverbindungen. Auch diese Werte können sich im

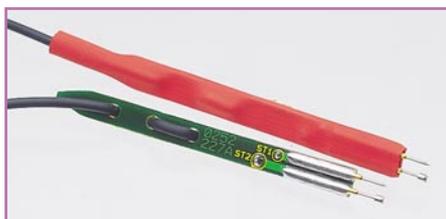


**Bild 4:** Spannungsverhältnisse des in Abbildung 3 dargestellten Ersatzschaltbildes bei unterschiedlichen Lastbedingungen.

Laufe der Zeit durch Oxidation an Steckverbindungen oder Verschraubungen erheblich verschlechtern und dann bei hoher Strombelastung einen erheblichen Spannungsverlust im Bereich der Spannungsversorgung hervorrufen.

In der Regel bleiben diese Übergangswiderstände zueinander aber unverändert. Bei Hochstromanwendungen lohnt es sich also immer, hier eine Optimierung vorzunehmen, indem auf unnötige Steckverbindungen verzichtet wird und möglichst kurze Leitungen mit großem Querschnitt verwendet werden. Steckverbinder sollten eine große Kontaktfläche aufweisen und einen festen Sitz haben.

Das Ersatzschaltbild in Abbildung 3 zeigt die Verhältnisse in einem System mit zwei unterschiedlich langen Anschlussleitungen und zwei Steckverbindern. In Abbildung 4 ist der zugehörige Spannungsverlauf bei unterschiedlicher Strombelastung zu sehen. Je höher der Innenwiderstand des Akkus ist, desto schlechter ist die Spannungslage unter Lastbedingungen und desto mehr Verlustleistung wird innerhalb der Zelle und an den parasitären Übergangswiderständen in Wärme umgesetzt. Bei hohen Strömen verursachen parasitäre Wi-



**Bild 5:** Spezial-Messleitungen mit federnd gelagerten Messspitzen.

derstände im mΩ-Bereich bereits erhebliche Spannungsverluste am Verbraucher.

Auch die Messung des Innenwiderstandes im Gesamtsystem ist mit Hilfe des Akku-Ri-Messgerätes RIM 1000 problemlos möglich.

### Bedienung und Funktion

Das Akku-Ri-Messgerät RIM 1000 ist im ELV-Handmessgeräte-Gehäuse eingebaut, verfügt über ein LC-Display und kann den Wert des Innenwiderstandes in wenigen Sekunden ermitteln.

Vom Prinzip her ist die Messung des Innenwiderstandes recht einfach. Der Akku wird mit einem hohen definierten Strom entladen und der Spannungsabfall gegenüber dem unbelasteten Zustand ermittelt. Die Spannungsdifferenz dividiert durch den Belastungsstrom ergibt dann den Innenwiderstand.

In der Praxis ist die Sache schon schwieriger. Zum einen handelt es sich um sehr geringe Spannungsdifferenzen im Millivoltbereich und zum anderen muss das Gerät, zumindest kurzzeitig, hohe Entladeströme und die damit verbundenen Verlustleistungen verkraften. Hinzu kommt, dass aussagekräftige Ergebnisse nur dann zu erzielen sind, wenn die Spannungserfassung direkt am Akku erfolgt. Ansonsten würden Spannungsabfälle auf den Messleitungen das Ergebnis stark verfälschen.

Um diese Forderungen zu erfüllen, werden beim RI 1000 Spezial-Messleitungen eingesetzt, die jeweils über zwei federnd gelagerte Messspitzen verfügen (Abbildung 5). Diese Messspitzen stellen dann den sicheren Kontakt zu den Polkappen des

Akkus bzw. zu den gewünschten Messpunkten her. Über den breiten Kontakt der Messleitungen fließt der Entladestrom und der zweite Kontakt dient zur Messwertfassung direkt an den Polkappen des Akkus.

Sollen die durch Leitungen und Steckverbinder entstehenden Verluste mit in die Messung einfließen, so sind einfach die Messspitzen an die entsprechenden Punkte zu führen. Durch die federnde Lagerung der Prüfspitzen ist eine sichere Kontaktierung an allen vier Messpunkten recht einfach sicherzustellen.

Das Akku-Ri-Messgerät RIM 1000 ist mit einem LC-Display ausgestattet, auf dem die Akkuspannung, der Entladestrom und natürlich der gemessene Innenwiderstand in mΩ angezeigt werden (Abbildung 6).

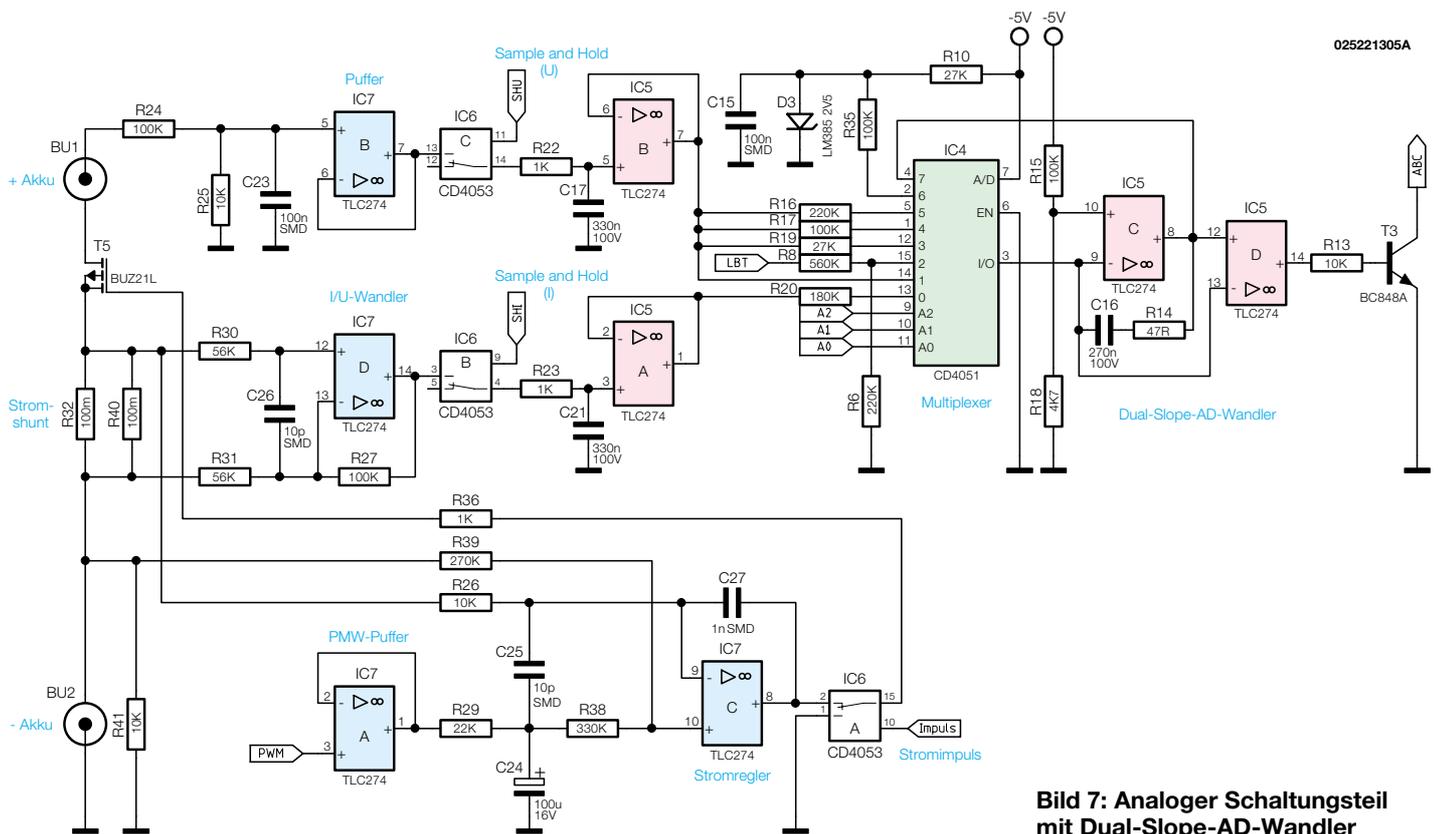


**Bild 6:** Display des Akku-Ri-Messgerätes

Zur Bedienung des Gerätes steht eine Folientastatur mit 8 Tasten zur Verfügung. Hier kann zunächst ausgewählt werden, ob der gemessene Akku-Innenwiderstand, die Akkuspannung oder der Entladestrom, mit dem der Akku belastet wird, angezeigt werden soll. Bei der Spannungsanzeige erfolgt alternierend im Sekundenraster die Anzeige der Leerlaufspannung und der Spannung unter Lastbedingungen. Die Belastung des Akkus erfolgt beim RIM 1000 mit kurzen Stromimpulsen, da eine kontinuierliche Belastung eine zu große Verlustleistung im Gerät hervorrufen würde. Während der Akku-Spannungsanzeige unter Lastbedingungen erscheint zusätzlich auf dem Display ein Entladeimpuls.

Die Größe des Entladestromimpulses ist beim RIM 1000 einstellbar. Dazu ist die Taste für die Stromvorgabe (I-Vorgabe) zu betätigen und mit Hilfe der Tasten „+“ und „-“ der gewünschte Wert im 1-A-Raster einzustellen. Zur Unterscheidung des Einstellmodos vom Anzeigemodus blinkt jetzt der Wert im Display. Während jeder Messung im 5-Sekunden-Raster ist bei der Stromanzeige auf dem Display das Impuls-Zeichen zu sehen. Die Anzeige bleibt auch in den relativ langen Mess-Pausen erhalten.

Das Gerät verfügt über ein EEPROM, das sämtliche Einstellungen und die Kalibrierwerte auch nach dem Ausschalten des



**Bild 7: Analoger Schaltungsteil mit Dual-Slope-AD-Wandler**

Gerätes speichert. Somit bleiben ohne Betriebsspannung die Informationen nahezu unbegrenzt erhalten.

Zur Messung ist nach dem Einschalten des Gerätes nur der gewünschte Anzeigebereich zu wählen und dann sind die Messspitzen stramm auf die Polkappen des zu überprüfenden Akkus zu drücken. Im Display erscheint automatisch im 5-Sekunden-Raster ein neuer Messwert. Maximal werden dabei 20 Messwerte erfasst. Danach ist erneut die Taste „Ri-Anzeige“ für weitere 20 Messungen zu betätigen. Wenn die Messspitzen vom Prüfling entfernt werden, bleibt die Anzeige des letzten Messwertes erhalten. Mit den Anzeigetasten für RI, U und I können die zuletzt gemessenen Werte auch nach der Messung abgefragt werden, die erst durch eine neue Tastenbetätigung gelöscht werden. Nach jedem Einschalten des Gerätes wird zuerst ein Displaytest durchgeführt und alte Messwerte automatisch gelöscht.

## Schaltung

Zur besseren Übersicht ist das Gesamtschaltbild des Akku-Ri-Messgerätes RIM 1000 in drei Teilschaltbilder aufgeteilt. Abbildung 7 zeigt den analogen Schaltungsteil mit Dual-Slope-AD-Wandler, Abbildung 8 den zentralen Mikrocontroller mit der zugehörigen Peripherie und in Abbildung 9 ist die Spannungsversorgung des Gerätes dargestellt.

Wir beginnen die Schaltungsbeschreibung mit dem Analogteil in Abbildung 7,

wo an die Cinch-Buchse BU 1 der Pluspol des Prüflings und an die Cinch-Buchse BU 2 der Minuspol des Prüflings (Akku) anzuschließen ist. Die impulsartige Entladung des Akkus erfolgt mit Hilfe des Leistungs-FETs T 5, wobei der in Reihe liegende Shunt-Widerstand bestehend aus R 32 und R 40 zur Strommessung dient. Jeweils über die Abschirmungen der beiden Cinch-Leitungen fließt dann der Entladestrom und die Innenadern dienen als sogenannte Sense-Leitungen zur Erfassung der Akku-Spannung direkt an den Messpunkten.

Über den Spannungsteiler R 24, R 25 gelangt die Akkuspannung auf den nicht invertierenden Eingang des Pufferverstärkers IC 7 B. Die am Shunt-Widerstand R 32/R 40 abfallende entladestromproportionale Spannung wird mit Hilfe des Operationsverstärkers IC 7 D um den Faktor 1,8 verstärkt und steht an dessen Ausgang (Pin 14) gepuffert zur Verfügung.

Zwei nachgeschaltete Sample-and-Hold-Stufen, aufgebaut mit IC 5 A, IC 6 B, R 23, C 21 sowie IC 5 B, IC 6 C, R 22 und C 17 dienen zur Messwertabtastung und Zwischenspeicherung für den nachgeschalteten Dual-Slope-AD-Wandler.

Der Bezugspunkt für die OPs wird mit dem Spannungsteiler R 15, R 18 auf ca. -200 mV gelegt. Die Eingangs-Auswahl erfolgt mit dem 8fach-Analog-Multiplexer IC 4, wobei die Widerstände R 16, R 17 und R 19 zur Bereichs-Umschaltung bei der Spannungsmessung dienen. Je nach Eingangsspannung wählt der Prozessor im

Auto-Range-Verfahren einen dieser Widerstände zum Aufintegrieren.

Nach Beendigung des Aufintegrierens wird der Wandler auf Abintegrieren geschaltet, wobei dann der an einer Referenzspannung von -2,5 V liegende Widerstand R 35 mit dem Eingang des Wandlers verbunden ist. Aus der Zeit, die der Wandler zum Abintegrieren benötigt, berechnet der Prozessor den aktuell gemessenen Wert.

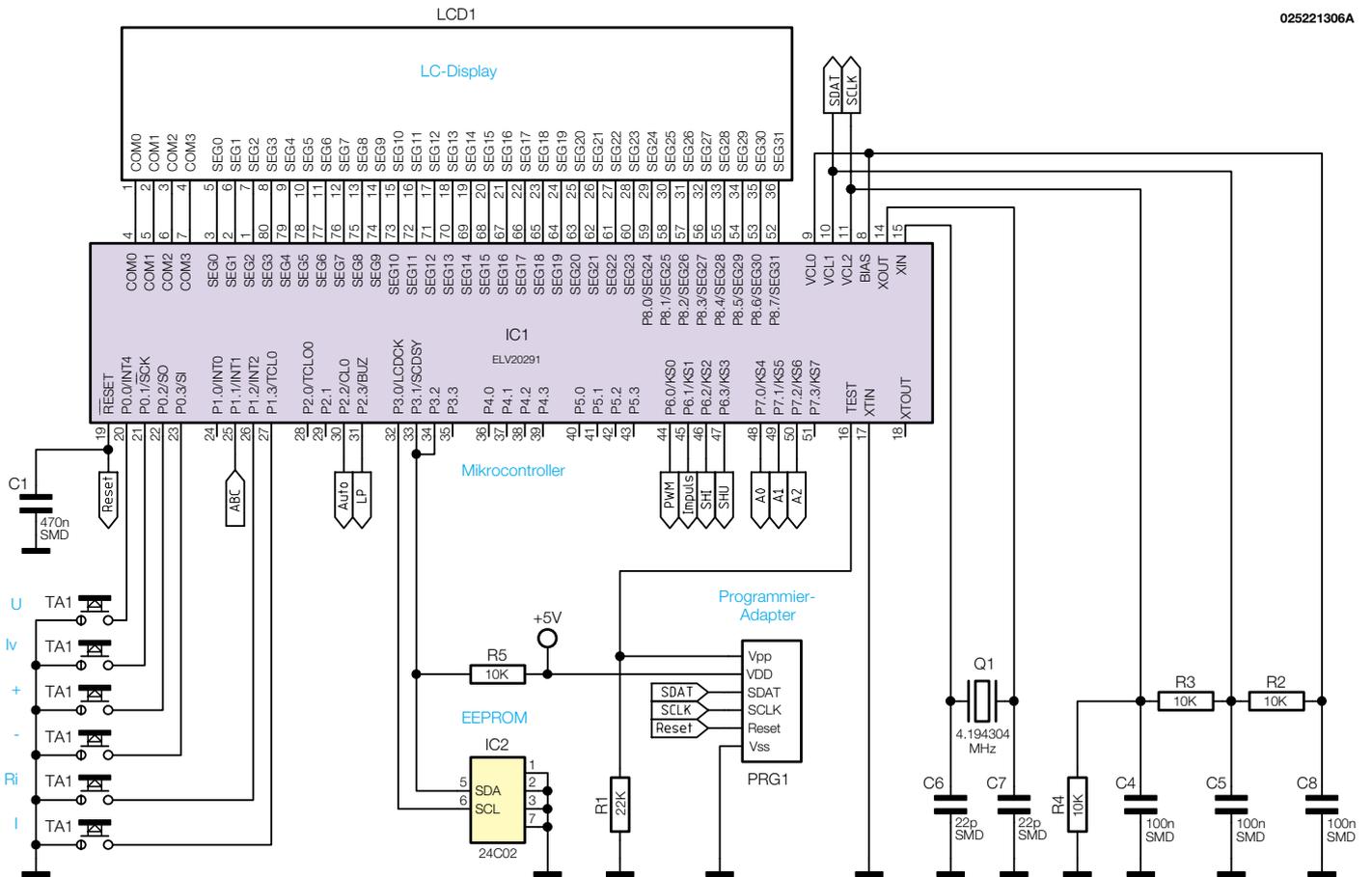
Der Ausgang des Komparators IC 5 D steuert über R 13 den Transistor T 3, dessen Kollektor mit Port 1.1 des Prozessors (IC 1) verbunden ist.

Im Ruhezustand ist Kanal 7 (Pin 4) des Analog-Multiplexers IC 4 mit dem Eingang des Wandlers verbunden, wodurch der Wandler auf 0 gehalten wird.

Die Regelung des Entladestroms bzw. Stromimpulses erfolgt mit IC 7 C und externer Beschaltung. Mit Hilfe eines an Port 6.0 ausgegebenen PWM-Signals steuert der Mikrocontroller über IC 7 A die Sollwertvorgabe. Der Widerstand R 29 sowie der Elko C 24 dienen zur Integration des PWM-Signals, sodass wir an IC 7, Pin 10 eine Gleichspannung zur Sollwertvorgabe erhalten.

Der Istwert kommt direkt vom Shunt-Widerstand R 32/R 40, an dem eine entladestromproportionale Spannung abfällt. Diese Spannung wird über R 26 auf den nicht invertierenden Eingang (Pin 9) von IC 7 C geführt und dessen Ausgang steuert über den CMOS-Schalter IC 6 A den Entladetransistor T 5.

Kommen wir nun zum zentralen Mikro-



**Bild 8: Mikrocontroller mit zugehöriger Peripherie**

controller in Abbildung 8. Dieser steuert alle Funktionen des Gerätes und ist an Port 3.0 bis Port 3.2 mit dem EEPROM IC 2 beschaltet. Neben dem Back-Up der Bedienelemente sind hier auch die softwaremäßigen Abgleichparameter gespeichert.

Mit Ausnahme der Ein- und Austaste sind die Bedientaster des Gerätes direkt mit den entsprechenden Portpins des Mikrocontrollers verbunden. Hier ist keine

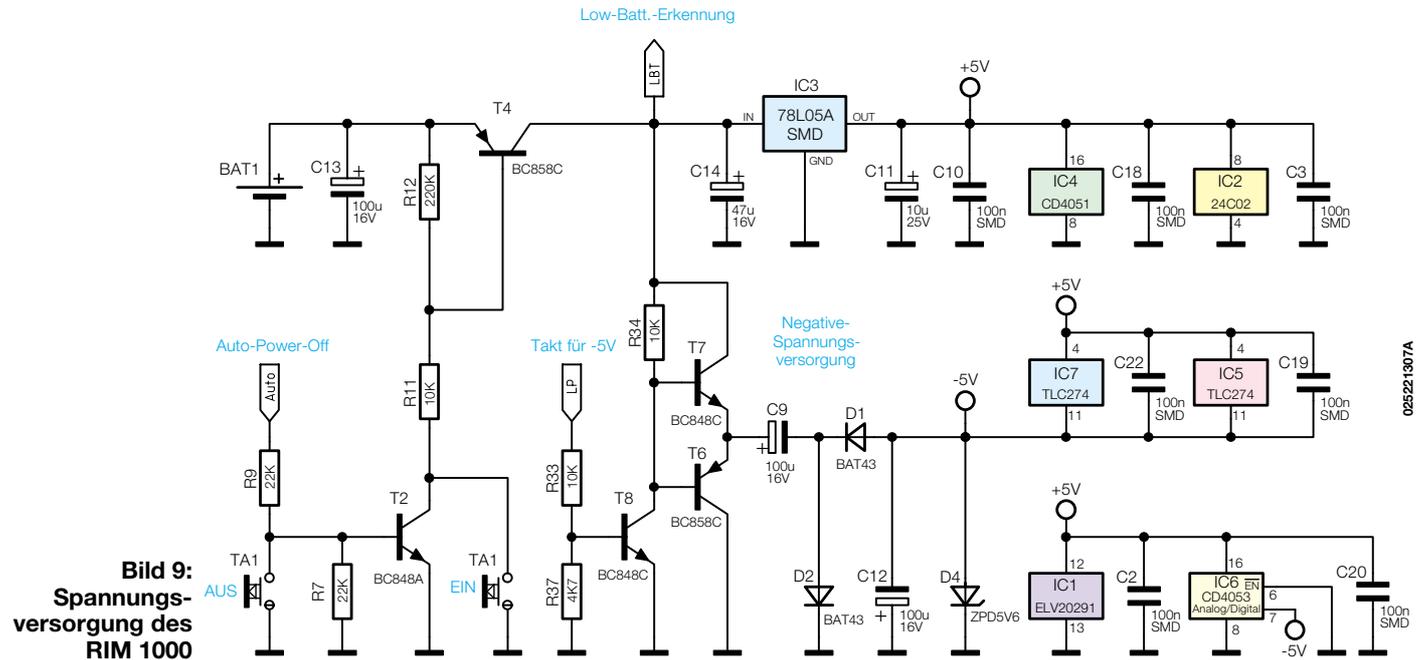
weitere Beschaltung erforderlich, da die Ports interne Pull-Up-Widerstände besitzen.

Das Display verfügt über 32 Segmentleitungen und 4 Ebenen (COM 0 bis COM 3), die direkt mit den zugehörigen Ports des Mikrocontrollers verbunden sind.

Die Anpassung des Display-Kontrastes erfolgt mit Hilfe der Widerstände R 2 bis R 4.

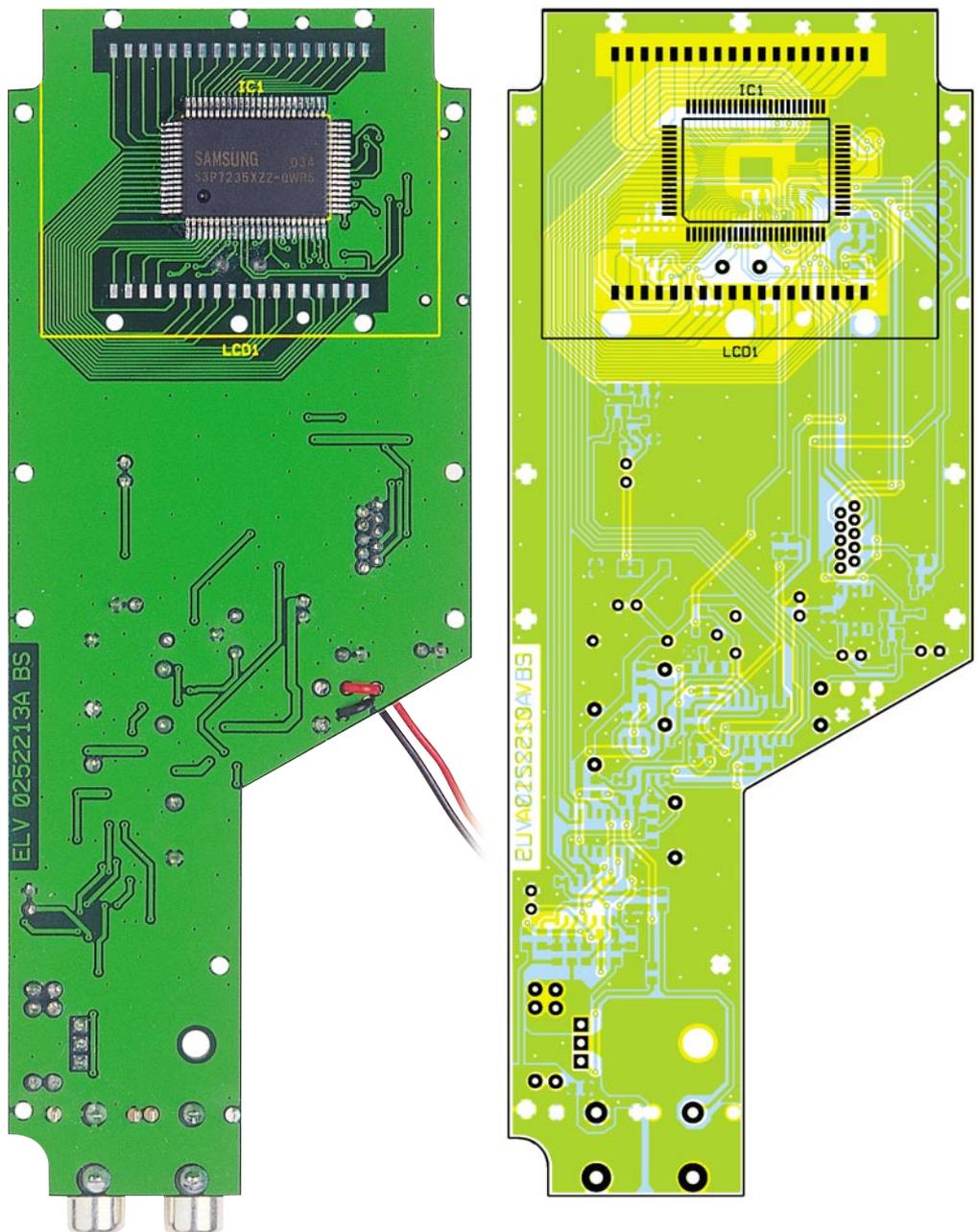
Der Taktoszillator des Mikrocontrollers ist an Pin 15 und Pin 16 mit dem Quarz 1 sowie den Kondensatoren C 6 und C 7 beschaltet.

Im Einschaltmoment des Gerätes sorgt der Kondensator C 1 für einen Power-on-Reset des Mikrocontrollers und der Programmieradapter PRG 1 dient ausschließlich zum Programmieren des Mikrocontrollers in der Produktion.



**Bild 9: Spannungsversorgung des RIM 1000**

**Ansicht der fertig bestückten Platine des RIM 1000 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Displayseite**



Das Netzteil sowie die Komponenten zum Ein- und Ausschalten des RIM 1000 sind in Abbildung 9 dargestellt, wo eine 9-V-Blockbatterie zur Spannungsversorgung dient. Diese Spannung wird mit C 13 gepuffert und liegt am Emitter des Transistors T 4 an. Zum Einschalten wird dieser Transistor dann mit dem Ein-Taster in den leitenden Zustand versetzt. Daraufhin wird der Eingang des Spannungsreglers IC 3 mit Spannung versorgt und an dessen Ausgang stehen stabilisiert 5 V zur Schaltungsversorgung zur Verfügung.

Über Port 2.2 sowie den Spannungsteiler R 7, R 9 wird der Transistor T 2 durchgesteuert und somit das Gerät im Ein-Zustand gehalten. Durch Betätigen der Aus-Taste kann der Transistor T 2 jederzeit wieder in den Sperrzustand versetzt und somit das RI 1000 ausgeschaltet werden.

Eine über die Software realisierte Auto-Power-off-Funktion führt zum Abschalten des Gerätes, wenn länger als 10 Minuten weder eine Taste betätigt wird noch eine Messwertaufnahme erfolgt.

Die Überprüfung der Batteriespannung erfolgt mit Hilfe des Spannungsteilers R 8, R 6, der am Multiplexer IC 4 angeschlossen ist. Sobald die Batteriespannung unter 7 V absinkt, erscheint die Anzeige „Bat“ im Display.

Für den Operationsverstärker IC 7 und den AD-Wandler wird zusätzlich eine negative Betriebsspannung benötigt. Dazu steuert der Mikrocontroller den Transistor

T 8 mit einem Taktsignal, sodass an dessen Kollektor ein Rechtecksignal entsteht. T 6 und T 7 schalten dann alternierend durch. Mit C 9 und D 2 wird der positive Pegel des Signals auf Masse geklemmt und über den mit D 1 und C 12 aufgebauten Spitzenwert-Gleichrichter entsteht die negative Betriebsspannung. D 4 begrenzt diese Spannung auf 5,1 V.

Die weiteren Kondensatoren im Bereich des Netzteils dienen zur allgemeinen Stabilisierung und Störabblockung.

### Nachbau

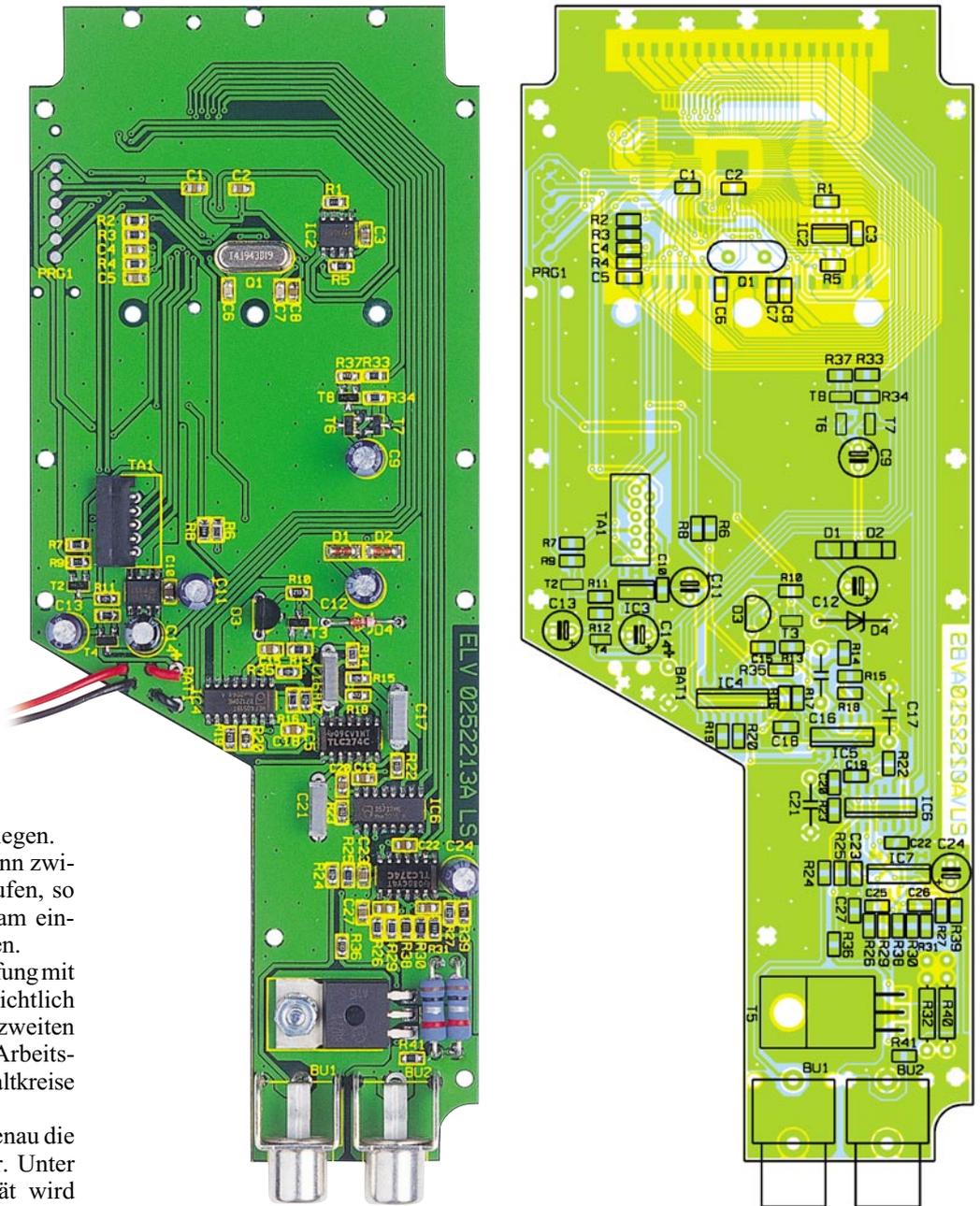
Beim RIM 1000 kommen vorwiegend SMD-Komponenten für die Oberflächenmontage zum Einsatz. Voraussetzung für die Verarbeitung dieser Miniatur-Bauteile von Hand ist Lötterfahrung und eine besonders sorgfältige Arbeitsweise. Insbesondere

re der Mikrocontroller mit seinen 80 Anschlusspins und entsprechend geringem Pinabstand ist nicht ganz einfach zu verarbeiten.

An Spezial-Werkzeugen sollten ein LötKolben mit sehr feiner Lötspitze, eine SMD-Pinzette und eine Lupenleuchte oder zumindest eine Lupe zur Verfügung stehen. Weiterhin sind SMD-Lötzinn und Entlötlitze sehr hilfreich.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten gleich mit dem am schwierigsten zu verarbeitenden Bauteil, dem Single-Chip-Mikrocontroller. An der Displayseite ist dies das einzige Bauelement. Zuerst ist ein Löt-pad, vorzugsweise an einer Gehäuseecke, vorzuverzinne und dann der Prozessor exakt positioniert am vorverzinnten Löt-pad anzulöten (Einbaulage unbedingt beachten). Das Bauteil ist erst komplett zu verlöten, wenn alle Anschlusspins exakt

Ansicht der fertig bestückten Platine des RIM 1000 mit zugehörigem Bestückungsplan von der SMD-Seite



auf den zugehörigen Löt pads aufliegen.

Sollte versehentlich dabei Löt zinn zwischen die Prozessoranschlüsse laufen, so ist dieses überschüssige Löt zinn am einfachsten mit Entlötlitze abzusaugen.

Nach einer gründlichen Überprüfung mit einer Lupe oder Lupenleuchte hinsichtlich Kurzschlüsse wenden wir uns der zweiten Platinenseite zu, wo im nächsten Arbeitsschritt die weiteren integrierten Schaltkreise zu verarbeiten sind.

Die Vorgehensweise ist dabei genau die gleiche wie beim Mikrocontroller. Unter Beachtung der korrekten Polarität wird zuerst ein Pin am zugehörigen Löt pad angelötet, die exakte Positionierung kontrolliert und ggf. korrigiert und danach werden alle Pins verlötet. Die richtige Polarität ist bei SMD-ICs daran zu erkennen, dass die Pin 1 zugeordnete Gehäuseseite leicht angeschragt ist.

Alsdann sind die SMD-Transistoren an der Reihe, die so einzulöten sind, dass die Bauteilbeschriftung lesbar bleibt.

Weiter geht es mit den SMD-Widerständen, deren Wert direkt auf dem Gehäuse aufgedruckt ist. Die letzte Ziffer gibt dabei grundsätzlich die Anzahl der Nullen an.

Eine hohe Verwechslungsgefahr besteht hingegen bei den SMD-Kondensatoren, da diese nicht gekennzeichnet sind. SMD-Kondensatoren sollten erst direkt vor der Verarbeitung aus der Verpackung entnommen werden.

Danach ist der Quarz Q 1 mit möglichst kurzen Anschlussleitungen einzulöten.

Die im Anschluss hieran zu verarbeitenden Dioden sind an der Katodenseite (Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichnet und die Folienkondensatoren dürfen mit beliebiger Polarität eingelötet werden.

Bei den Elektrolyt-Kondensatoren hingegen ist unbedingt die korrekte Polarität zu beachten. Üblicherweise sind Elkos am Minuspol gekennzeichnet.

Nach dem Abschneiden sämtlicher überstehender Drahtenden wird der Leistungsfet mit einer Schraube M3 x 8 mm, Fächerscheibe und Mutter auf die Platine geschraubt. Erst wenn das Bauteil fest verschraubt ist, werden die Anschlusspins verlötet und auf die erforderliche Länge gekürzt.

Die beiden Cinch-Buchsen in Printausführung und die Buchse für die Folientas-

tatur müssen vor dem Verlöten plan auf der Leiterplattenoberfläche aufliegen.

Nun wenden wir uns wieder der Prozessorseite der Leiterplatte zu, wo im nächsten Arbeitsschritt das Display einzubauen ist. Dazu wird das LC-Display so in den Klarsicht-Halterahmen gelegt, dass die seitliche Glasverschweißung (linke Displayseite) in die entsprechende Aussparung des Rahmens ragt. Der Befestigungsrahmen wird danach von der rechten Seite aufgeschoben und mit zwei Leitgummistreifen bestückt. Die zusammengebaute Display-Konstruktion wird danach mit 6 Knippingschrauben über den Prozessor auf die Leiterplatte montiert.

Wie bereits erwähnt, dient zur Spannungsversorgung des Gerätes eine 9-V-Blockbatterie. Dazu ist ein entsprechender Batterieclip mit der roten Leitung an + und



Ansicht einer fertig bestückten Messspitze des RIM 1000 mit zugehörigem Bestückungsplan

mit der schwarzen Leitung an die Schaltungsmasse anzulöten.

Nach einer gründlichen Sichtkontrolle hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern wird die Folientastatur aufgeklebt und an die zugehörige Buchse angeschlossen.

Mit 8 Knippingschrauben erfolgt die Montage der so weit fertiggestellten Leiterplattenkonstruktion zusammen mit der Front- und Rückplatte in das Gehäuseoberteil.

Nach dem Zusammenschrauben des kompletten Gehäuses und dem Einsetzen einer 9-V-Blockbatterie bleibt nur noch der softwaremäßige Abgleich durchzuführen.

## Messleitungen

Da beim Akku-Ri-Messgerät hohe Impulsströme über die Messleitungen fließen, muss die Spannungserfassung direkt an der zu messenden Zelle erfolgen. Dies ist nur mit Hilfe von Spezial-Messleitungen in 4-Leiter-Messtechnik möglich. Über jeweils eine Plus- und Minus-Leitung fließt der Strom und die anderen beiden, sogenannte Sense-Leitungen, dienen zur Spannungserfassung direkt an der Messstelle. Dadurch sind dann präzise Messungen, unabhängig vom Innenwiderstand der Messleitungen möglich.

Beim RIM 1000 werden diese Spezial-Messleitungen jeweils aus einadrig abgeschirmten Leitungen hergestellt, die an der einen Seite mit Cinch-Steckern versehen sind. Die andere Seite der einadrig abgeschirmten Leitungen werden jeweils mit Spezial-Messspitzen bestückt, die aus einer kleinen Leiterplatte bestehen, auf die zwei unterschiedliche, hochwertige Nadeladapter-Federkontakte aufgelötet werden.

## Stückliste: Akku-Ri-Messgerät RIM 1000

### Widerstände:

0,1Ω/1W/2% .....	R32, R40
47Ω/SMD .....	R14
4,7kΩ/SMD .....	R18, R37
1kΩ/SMD .....	R22, R23, R36
10kΩ/SMD .....	R2-R5, R13, R25, R26, R33, R34, R41
22kΩ/SMD .....	R1, R7, R9, R29
27kΩ/SMD .....	R10, R19
56kΩ/SMD .....	R30, R31
100kΩ/SMD .....	R11, R15, R17, R24, R27, R35
180kΩ/SMD .....	R20
220kΩ/SMD .....	R6, R12, R16
270kΩ/SMD .....	R39
330kΩ/SMD .....	R38
560kΩ/SMD .....	R8

### Kondensatoren:

10pF/SMD .....	C25, C26
22pF/SMD .....	C6, C7
1nF/SMD .....	C27
100nF/SMD .....	C2-C5, C8, C10, C15, C18-C20, C22, C23
270nF/100V .....	C16
330nF/100V .....	C17, C21
470nF/SMD .....	C1
10µF/25V .....	C11
47µF/16V .....	C14
100µF/16V .....	C9, C12, C13, C24

### Halbleiter:

ELV02291 .....	IC1
24C02/SMD .....	IC2
78L05/SMD .....	IC3
CD4051/SMD .....	IC4

TLC274C/SMD .....	IC5, IC7
CD4053/SMD .....	IC6
BC848C .....	T2, T3, T7, T8
BC858C .....	T4, T6
BUZ21L .....	T5
BAT43/SMD .....	D1, D2
LM385-2,5V .....	D3
ZPD5,6V .....	D4
LC-Display .....	LCD1

### Sonstiges:

Quarz, 4,194304MHz, HC49 U70/U4 .....	Q1
Cinch-Einbaubuchse, print .....	BU1, BU2
Folientastatur, 8 Tasten, selbstklebend .....	TA1
9-V-Batterieclip .....	BAT1
Nadeladapterstifte mit Federkontakt und Spitze .....	2 x ST1
Nadeladapterstifte mit Federkontakt, gekerbt .....	2 x ST2
1 Cinch-Stecker, rot	
1 Cinch-Stecker, schwarz	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M3	
1 Folientastatur-Inlay, bedruckt	
1 Gehäuse, bearbeitet und bedruckt, komplett	
1 Typenschild-Aufkleber, RIM 1000	
8 cm Schrumpfschlauch, 3/8", schwarz	
8 cm Schrumpfschlauch, 3/8", rot	
200 cm abgeschirmte Leitung, 1 x 0,22 mm <sup>2</sup>	

Wie auf dem Platinenfoto zu sehen ist, werden die Messleitungen zuerst durch die Zugentlastungsbohrungen der Leiterplatte gefädelt und dann an die Federkontakte angelötet. Dabei ist unbedingt die Abschirmung an den breiten Kontakt und die Innenerader an den spitzen Federkontakt anzulöten.

Zur Isolation wird die Messspitze mit dem roten Klinkenstecker mit einem roten Schrumpfschlauchabschnitt von 80 mm Länge überzogen. Die verbleibende Messspitze erhält einen schwarzen Schrumpfschlauchüberzug in gleicher Länge.

## Abgleich

Der Abgleich des RIM 1000 ist sehr einfach, da keine Einstellungen innerhalb des Gerätes erforderlich sind. Somit kann der Abgleich auch später und bei geschlossenem Gehäuse wiederholt werden.

Benötigt wird zum Abgleich ein Labor-Netzgerät mit einer einstellbaren Span-

nung von 2 V bis 25 V und 3 A Strombegrenzung. Um in den Abgleichmode zu gelangen, sind die Tasten „U-Anzeige“ und „-“ gleichzeitig gedrückt zu halten, und dann das Gerät einzuschalten. Im Display erscheint daraufhin „0.0cal“.

Bei offenen Messspitzen wird im ersten Abgleichschritt die „+“-Taste kurz betätigt, worauf im Display die Anzeige „2.0cal“ erscheint.

Nach Anlegen von genau 2 V an die Messspitzen (auf guten Kontakt achten) wird die „+“-Taste erneut betätigt. Im Display wird nun „12.0cal“ angezeigt. Jetzt ist die Spannung an den Messspitzen auf 12 V zu erhöhen und wieder mit der „+“-Taste zu bestätigen. Danach zeigt das Display die Anzeige „25.0cal“.

Dieser Spannungswert (25 V) ist nun an die Messspitzen anzulegen, wobei die Strombegrenzung auf genau 3 A eingestellt sein muss. Nach einer letzten Bestätigung mit der „+“-Taste ist der komplette Abgleich des RIM 1000 abgeschlossen. 