



# Akku-Weiche für Modellbau AW 2

**Diese elektronische Akku-Weiche dient zum Anschluss von zwei voneinander unabhängigen Empfängerakkus und sorgt somit im Modellflug-Bereich für ein hohes Maß an Sicherheit. Durch eine elektronische Spannungsüberwachung erfolgt der Umschaltvorgang vollkommen automatisch.**

## Allgemeines

Im Modellflug-Bereich heißt die Devise „Safety first“, denn bereits kleinste Ausfälle können fatale Folgen haben - und wenn die Spannungsversorgung des Empfängers nicht mehr funktioniert, zum vollständigen Verlust des wertvollen Modells führen. Selbst hochwertige Empfängersysteme mit „Fail-Safe“-Funktion (alle Servos und Regler gehen in eine vor dem Start definierbare Position) nützen nichts, wenn keine Versorgungsspannung mehr vorhanden ist.

Hochwertige Flugmodelle werden daher meistens mit zwei voneinander unabhängigen Empfängerakkus ausgestattet, sodass bei Ausfall des Hauptakkus, einem defekten Einschalter oder einem Kabelbruch vom Akku zum Empfänger, immer noch das sichere Landen des Flugmodells möglich ist.

Die Entkopplung der beiden Akku-Systeme wird in der Praxis häufig mit Dioden vorgenommen und der Spannungsabfall

an den Dioden mit jeweils einer zusätzlichen Zelle kompensiert. Anstatt 4,8-V-Empfängerakkus werden dann 6-V-Akkus eingesetzt. Abbildung 1 zeigt dazu die einfache Beschaltung.

Diese Vorgehensweise ist zwar einfach und preiswert, jedoch mit erheblichen Nachteilen verbunden. Beide Akku-Packs werden gleichzeitig entladen und der Spannungsabfall an den Dioden ist aufgrund der nichtlinearen Kennlinie stark laststromabhängig. Bei geringer Stromentnahme und beim Nachladen des Akkupacks mit angeschlossenem Empfänger kann es daher leicht zur Überschreitung von Spannungsgrenzwerten kommen.

Die in Abbildung 2 dargestellte typische Kennlinie einer 1-A-Standard-Diode des Typs 1 N 4001 verdeutlicht diesen Sachverhalt. Die Diodenflussspannung ist neben dem Laststrom zusätzlich noch stark von der Temperatur abhängig. Je nach Akku-Belastung und Diodentyp erhalten wir somit Spannungsabfälle zwischen  $< 0,5 \text{ V}$  und  $> 1 \text{ V}$ .

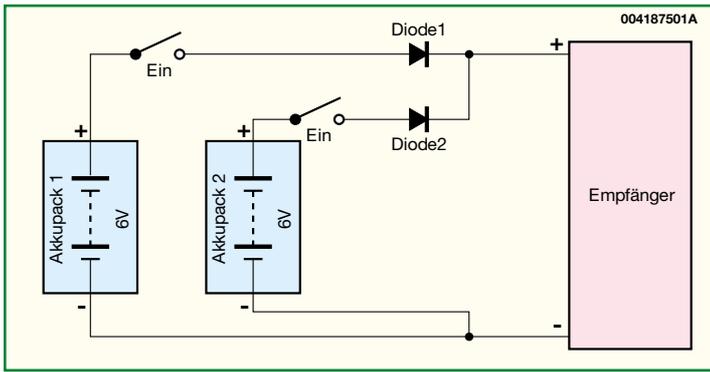
Wenn wir nun die in Abbildung 3 dar-

gestellte typische Entladecharakteristik einer NC-Zelle betrachten, so ist festzustellen, dass ohne nennenswerte Stromentnahme die Zellenspannung eines vollgeladenen Akkus ca.  $1,4 \text{ V}$  beträgt. Bei einem 5-zelligen Akkupack ergibt das  $7 \text{ V}$  gegenüber  $5,6 \text{ V}$  bei 4 Zellen ( $4,8\text{-V}$ -Nennspannung). Bei nur  $0,5 \text{ V}$  Spannungsabfall an der Entkopplungsdiode liegen im ersten Fall dann  $6,5 \text{ V}$  direkt am Empfänger an (viele Empfänger sind nur mit  $6 \text{ V}$  spezifiziert).

### Technische Daten:

#### Akku-Weiche für Modellbau AW 2

Laststrom (Dauer):	..... max. 5 A
(Spitze):	..... max. 30 A
Innenwiderstand (durchgeschaltet):	..... $< 0,05 \Omega$
Umschaltswelle:	..... ca. 4 V
Anzeigen:	
grüne LED	..... Hauptakku
rote LED	..... Ersatzakku
Betriebsspannung:	..... 4 V bis 6 V <sub>DC</sub>
Stromaufnahme:	..... $< 8 \text{ mA}$
Abmessungen:	..... 60 x 35 mm



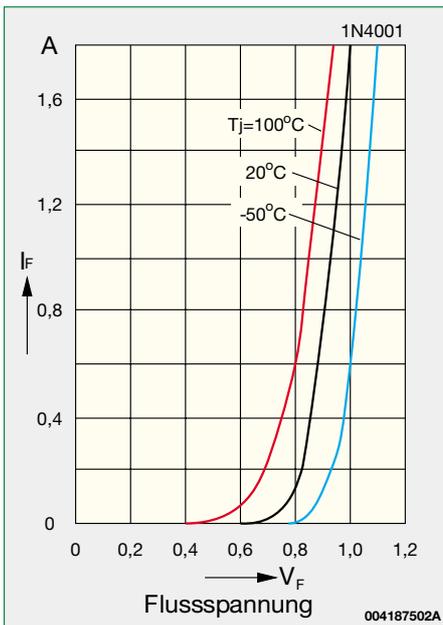
**Bild 1:** Einfache Entkopplung von zwei Empfängerakkus mit Dioden

Beim Einsatz der in SMD-Technologie realisierten Akku-Weiche kann weiterhin mit 4,8-V-Akkus gearbeitet werden, da die aktive Umschaltung mit modernen Power-MOSFETs erfolgt.

Im eingeschalteten Zustand beträgt der Widerstand der Schaltung nur 0,05  $\Omega$ , sodass z. B. bei 1 A Laststrom nur 0,05 V an der Schaltung abfallen. Die nahezu ausschließlich mit Bauelementen für Oberflächenmontage (SMD-Technik) realisierte Schaltung der Akku-Weiche ist auf einer kleinen Leiterplatte mit den Abmessungen 60 x 35 mm untergebracht und wird nach Fertigstellung zur Isolation mit transparentem Schrumpfschlauch ummantelt.

Den besonders einfachen Anschluss der Akku-Weiche zeigt Abbildung 4. Sobald die Spannung des Hauptakkus unter 4 V (1 V je Zelle) abfällt, wird automatisch völlig verzögerungsfrei auf den Ersatzakku umgeschaltet. Verzögerungsfrei deshalb, weil zuerst der Ersatzakku zugeschaltet und danach die Verbindung zum Hauptakku unterbrochen wird.

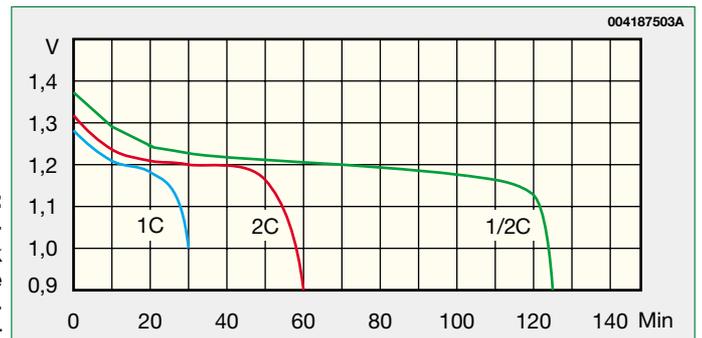
Solange die Betriebsspannung vom Hauptakku geliefert wird, leuchtet eine grüne Leuchtdiode, während eine rote LED den Ersatzakku-Betrieb signalisiert.



**Bild 2:** Typische Kennlinie einer 1-A-Standard-Diode

Mit Hilfe einer Brücke ist einstellbar, ob nach Entladung des Ersatzakkus automatisch zum Hauptakku zurückgeschaltet wird oder nicht. Nach einer längeren Ruhephase erholen sich Akkus häufig und können dann noch eine gewisse Restenergie abgeben. Das Ausnutzen der allerletzten Reserven stellt natürlich ein hohes Risiko dar, sodass damit nicht kalkuliert werden sollte. Im Notfall hingegen ist jede Reserve wertvoll.

Der Betriebsspannungsbereich der Schaltung erstreckt sich von 4 V bis 6 V und der maximal zulässige Dauerstrom beträgt 5 A.



**Bild 3:** Entladecharakteristik einer NC-Zelle bei unterschiedlicher Last

### Schaltung

Das Schaltbild der ELV-Akku-Weiche AW 2 ist in Abbildung 5 dargestellt, wobei SMD-Miniatur-Bauelemente für einen kompakten Aufbau sorgen. Als Schaltelemente kommen dabei moderne SIPMOS-Power-Transistoren von Infineon mit hervorragenden technischen Daten zum Einsatz. Da üblicherweise nur mit 4,8-V-Betriebsspannung gearbeitet wird, müssen die Power-MOS-Transistoren zum Durchsteu-

ern in den niederohmigen Zustand eine geringe Gate-Threshold-Spannung aufweisen. Je geringer der  $R_{DS-on}$ -Widerstand, desto weniger Spannungsabfall am Transistor und desto weniger Verlustleistung wird in Wärme umgesetzt.

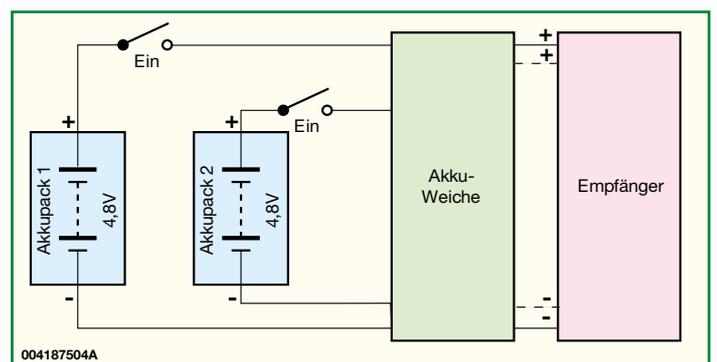
Abbildung 6 zeigt den  $R_{DS-on}$ -Widerstand, der von uns eingesetzten Transistoren in Abhängigkeit vom Drain-Strom und der Gate-Steuerspannung. Wie im Diagramm zu sehen ist, sind bei 4-V-Gate-/Source-Spannung Spitzenströme bis zu 30 A möglich. Um eine zu große Wärmeentwicklung zu vermeiden, sollte der Dauerstrom der Akku-Weiche jedoch 5 A nicht übersteigen.

Doch nun zum Schaltbild in Abbildung 5. Wie zu sehen ist, werden die Pluspole der Akkus, evtl. über Einschalter, direkt mit dem Pluspol des Empfängers verbunden. Der Minuspol des jeweils aktiven Akkus wird dann mit Hilfe der Transistoren T 2 bis T 5 zum Minus-Anschluss des Empfängers durchgeschaltet.

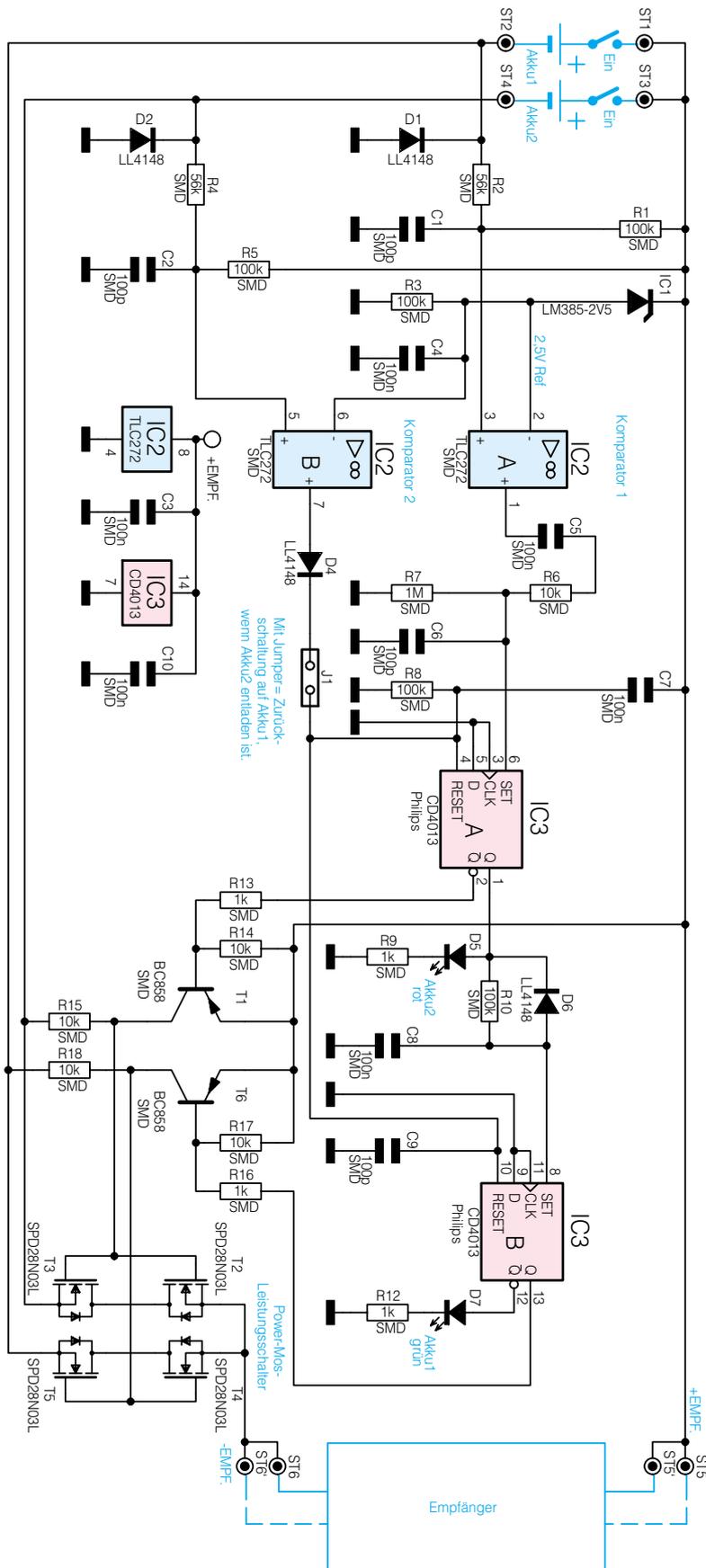
Die Steuerelektronik erhält die Betriebsspannung grundsätzlich von beiden Akku-packs. Dazu sind beide Pluspole direkt mit

der Steuerelektronik verbunden und der Massebezug wird über D 1 und D 2 hergestellt.

Die Akku-Spannungsüberwachung erfolgt mit Hilfe der beiden als Komparator arbeitenden Operationsverstärker IC 2 A und IC 2 B. Dazu wird zunächst mit dem Referenz-Spannungselement IC 1 eine auf den Pluspol bezogene negative Referenzspannung von 2,5 V generiert und jeweils dem invertierenden Eingang der Komparatoren zugeführt. Die Minuspole der Akkus sind über Spannungsteiler mit dem



**Bild 4:** Die Beschaltung der Akku-Weiche mit dem Empfänger und zwei Akkupacks



**Bild 5:**  
**Schaltbild**  
**der Akku-**  
**Weiche**  
**AW 2**

nicht-invertierenden Eingang des zugehörigen Komparators verbunden.  
Sobald die Spannung von Akku 1 unter 4 V sinkt, wechselt der Ausgangspegel des IC 2 A von „Low“ nach „High“. Der Ausgangspegel des Komparators IC 2 B wech-

selt von „Low“ nach „High“, wenn der Akku 2 (Ersatzakku) entladen ist, d. h. die Spannung auch hier unter 4 V absinkt.  
Im Einschaltmoment, d. h. mit Anlegen der Betriebsspannung, generiert das RC-Glied R 8, C 7 ein Power-On-Reset für die

beiden in IC 3 integrierten D-Flipflops. Dadurch nimmt der Q-Ausgang von IC 3 B Low-Pegel an und steuert über R 16 den Transistor T 6 durch. Dieser wiederum versetzt die Power-SIPMOS-Transistoren T 4 und T 5 in den niederohmigen Zustand und verbindet den Minuspol von Akku 1 mit dem Minusanschluss des Empfängers.  
Der  $\bar{Q}$ -Ausgang von IC 3 A liegt nach dem Einschalten auf Low-Pegel, wodurch sich T 1 und somit auch T 2 und T 3 in dem Sperrzustand befinden (der Minuspol des Ersatzakkus ist vom Minusanschluss des Empfängers getrennt).

Mit einem Pegelwechsel am Ausgang des Komparators IC 2 A wird das Flipflop IC 3 A über C 5, R 6 gesetzt, sodass der Pegel am Q-Ausgang von „Low“ nach „High“ und der Pegel am  $\bar{Q}$ -Ausgang in umgekehrter Richtung wechselt. T 2 und T 3 verbinden dann den Minuspol des Ersatzakkus mit dem Minusanschluss des Empfängers.

Das Setzen des Flipflops IC 3 B erfolgt verzögert über die mit R 10, C 8 realisierte Zeitkonstante. Dadurch wird sichergestellt, dass der Hauptakku (Akku 1) grundsätzlich erst nach Zuschalten des Ersatzakkus (Akku 2) vom Empfänger getrennt wird.

Die Leuchtdioden D 5 und D 7 zeigen den jeweils zur Empfänger-Versorgung aktivierten Akkupack an.

Wenn die Betriebsspannung des Ersatzakkus unter 4 V absinkt, wechselt der Pegel am Ausgang des IC 2 B von „Low“ nach „High“. Über D 4 werden dann beide Flipflops zurückgesetzt, wodurch zum Hauptakku zurück gewechselt wird. Ohne Codierbrücke J 1 wird hingegen das Zurückschalten zum Hauptakku (Akku 1) unterdrückt.

Die Kondensatoren C 3 und C 10 sind direkt an den Versorgungspins der integrierten Schaltkreise angeordnet und dienen zur hochfrequenten Störunterdrückung.

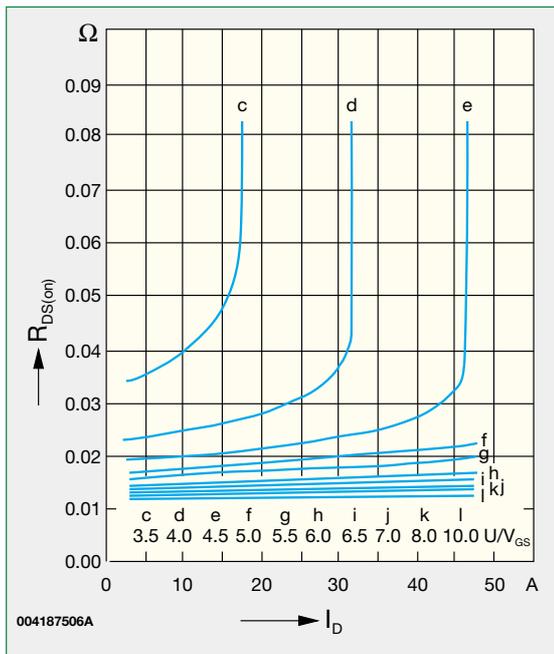
### Nachbau

Der praktische Aufbau dieser kleinen Schaltung ist zwar einfach, setzt jedoch aufgrund der SMD-Miniatur-Bauelemente Lötferfahrung voraus. An Spezialwerkzeugen sollte ein LötKolben mit feiner Lötspitze, dünnes SMD-Lötzinn und eine SMD-Pinzette zum Fassen der teilweise winzigen Bauteile zur Verfügung stehen.

Die Leistung des LötKolbens sollte im ungeregelten Fall 16 W nicht überschreiten. Hilfreich ist auch eine Lupenleuchte oder eine Lupe. Dank des ausgereiften doppelseitigen Leiterplattenlayouts weist diese Modellbau-Schaltung ein hohes Maß an Nachbau-Sicherheit auf.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten entgegen der sonst üblichen Reihenfolge mit den beiden integrierten Schaltkreisen.

004187505A



**Bild 6: Der  $R_{DS-on}$ -Widerstand der Power-MOS-Transistoren in Abhängigkeit vom Drainstrom und der Gate-/Source-Spannung**

seite (Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichnet sind.

In der gleichen Weise wie die zuvor bestückten Bauteile sind auch die SMD-Kleinsignaltransistoren T 1 und T 6 zu verarbeiten.

Zur Aufnahme des Kodierstäckers JP 1 ist eine 2-polige Stiftleiste einzulöten.

Die Anschlussbeinchen der beiden Leuchtdioden sind unter Beachtung der korrekten Polarität (die Kathodenseite ist am unteren Gehäusekragen abgeflacht) ca. 2 mm hinter dem Gehäuseaustritt abzuwinkeln und dann durch die zugehörigen Platinenbohrungen

sind, wie auf dem Foto zu sehen, zuerst zur Zugentlastung durch die dafür vorgesehenen Platinenschlitze zu führen und dann die vorverzinnten Aderenden in die zugehörigen Platinenbohrungen einzulöten.

Dabei ist die mittlere Leitung (rot) jeweils mit + (ST 1, ST 3) und die schwarze Leitung mit ST 2 bzw. ST 4 zu verbinden. Die weiße Leitung wird nicht benötigt und ist entsprechend zu kürzen.

Über ein Servo-Anschlusskabel mit Stecker wird die Verbindung von der Akku-Weiche zum Empfänger hergestellt. Die Zugentlastung erfolgt in der gleichen Weise wie bei den Akku-Verbindungsleitungen. Auch bei der Verbindungsleitung zum Empfänger ist die mittlere rote Anschlussader mit + (ST 5) und die schwarze Ader des Kabels mit dem Minus-Anschluss (ST 6) zu verbinden. Die weiße Ader bleibt frei und ist entsprechend zu kürzen. Für eine besonders hohe Sicherheit kann die Kabelverbindung zum Empfänger in doppelter Ausführung erfolgen.

Nach einer gründlichen Sichtkontrolle hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern und einem ersten Funktionstest wird die komplette Leiterplattenkonstruktion zur Isolation mit Schrumpfschlauch ummantelt. Dem Einsatz steht nun nichts mehr entgegen. **ELV**

So sind die Anschlusspins der beiden am schwierigsten zu verarbeitenden Bauelemente noch optimal zugänglich.

Dazu wird zuerst ein Lötpad, vorzugsweise an einer Gehäuseecke, mit dünnem SMD-Lötzinn vorverzinnt, das Bauteil vorsichtig mit der Pinzette positioniert und am vorverzinnten Lötpad angelötet. Nach sorgfältiger Ausrichtung sind dann alle Anschlusspins des ICs unter Zugabe von SMD-Lötzinn anzulöten.

Die als nächstes zu verarbeitenden SMD-Widerstände sind direkt mit dem Widerstandswert beschriftet. Die letzte Ziffer gibt dabei die Anzahl der Nullen an.

SMD-Kondensatoren hingegen sind nicht gekennzeichnet und sollten daher erst direkt vor dem Verarbeiten aus der Verpackung genommen werden. Auch bei diesen einfachen Bauteilen empfiehlt es sich, zuerst ein Lötpad der Leiterplatte vorzuverzinnten.

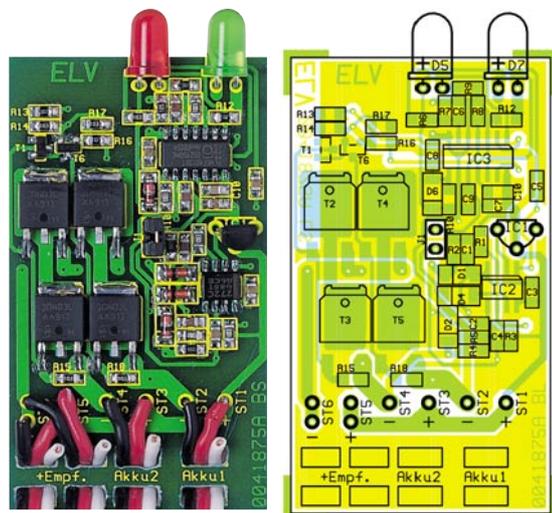
Danach erfolgt das Auflöten der SMD-Dioden, die grundsätzlich an der Kathoden-

zu führen. Nach dem Verlöten werden an der Platinenunterseite die überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen abgeschnitten.

Die Anschlussbeinchen des Referenz-Spannungselementes IC 1 sind vor dem Verlöten so weit wie möglich durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen. Auch hier sind nach dem Einbau die an der Platinenunterseite überstehenden Drahtenden abzuschneiden.

Jetzt bleiben nur noch die ebenfalls für Oberflächenmontage vorgesehenen Power-MOS-Transistoren T 2 bis T 5 im D-Pack-Gehäuse zu verarbeiten. Dazu ist jedoch eine größere Lötspitze wie bei den üblichen SMD-Bauelementen erforderlich, da insbesondere der Drain-Anschluss aus einer relativ massiven Metallfläche besteht. Beim Lötvorgang sollte daher auch nicht mit Lötzinn gespart werden.

Zum Anschluss der beiden Akkus werden so genannte Servokabel mit Buchse (Futaba) verwendet. Die 3-adrigen Kabel



**Ansicht der fertig bestückten Platine der Akku-Weiche mit zugehörigem Bestückungsplan**

### Stückliste: Akku-Weiche für Modellbau AW 2

#### Widerstände:

1kΩ/SMD	.....	R9, R12, R13, R16
10kΩ/SMD	.....	R6, R14, R15, R17, R18
56kΩ/SMD	.....	R2, R4
100kΩ/SMD	.....	R1, R3, R5, R8, R10
1MΩ/SMD	.....	R7

#### Kondensatoren:

100pF/SMD	.....	C1, C2, C6, C9
100nF/SMD	.....	C3-C5, C7, C8, C10

#### Halbleiter:

LM385/2,5V	.....	IC1
TLC272/SMD	.....	IC2
CD4013/SMD (Philips)	.....	IC3
BC858	.....	T1, T6
SPD28N03L/SMD	.....	T2-T5
LL4148	.....	D1, D2, D4, D6
LED, 5 mm, rot	.....	D5
LED, 5 mm, grün	.....	D7

#### Sonstiges:

2 Servokabel mit Buchse, Futaba, dick, 30 cm	.....	ST1-ST4
1 Servoanschlusskabel, Futaba, dick, 30 cm	.....	ST5, ST6
Stiftleiste, 1 x 2-polig	.....	J1
1 Jumper		
8 cm Schrumpfschlauch, 68 mm (Flachmaß)		