

# ELV<sup>®</sup> journal



## Haustechnik



**Stromkosten senken mit dem Pumpencheck**  
Lesen Sie, wie Sie Ihre Energiekosten weiter senken können. Erklärt wird der Online-Ratgeber „PumpenCheck“ und der Austausch von Heizungspumpen

## Stromversorgung



**Balancer für LiPo-Akkus**  
Sehr kompakte Schutzschaltung, die Ihre wertvollen Lithium-Polymer-Akkus schützt

## Haustechnik



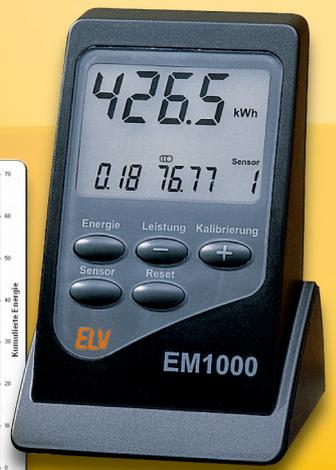
**Dimmer für High-Power-LEDs**  
PWM-gesteuerter Helligkeitsregler für Power-LEDs

# Funk-Energiemonitor

im Hutschienen-Gehäuse



**Stromverbrauch komfortabel erfassen!**



# Mehr Wissen in Elektronik

### Haustechnik

- Funk-Bewegungsmelder
- Funk-Tür-Codeschloss
- Funk-Energiemonitor

### Haustechnik

- Funk-Dimmer für Leuchtstoffröhren
- Dimmer für Power-LEDs

### Messtechnik

- Bluetooth-Umsetzer
- Stromdetektor
- Messwertübertragung

### Weitere Highlights

- Voice-Changer
- Balancer für LiPo-Zellen
- Mikrocontroller-Kurs

Schweiz Sfr 9.20 / Niederlande € 5,90 / Luxemburg € 5,80 / Belgien € 5,80 / Österreich € 5,95

## Haustechnik

|  |    |
|--|----|
| Stromkosten senken mit dem PumpenCheck .....                       | 14 |
| Ihre Umwälzpumpe ist defekt oder verbraucht zu viel Energie? ..... | 19 |
| KeyMatic® CAC Funk-Zugangskontrolle, Teil 2 .....                  | 40 |
| Funk-Energiemonitor im Hutschienengehäuse .....                    | 44 |

## Stromversorgung

|   |    |
|---|----|
| ▶ Lithium-Polymer(LiPo)-Akku-Balancer ..... | 60 |
|---|----|

## Messtechnik

|  |    |
|--|----|
| ▶ Funk-Messwertübertragung, Teil 2 ..... | 22 |
| ▶ Stromdetektor SDT 100 .....            | 70 |

## Beleuchtung

|   |    |
|---|----|
| ▶ Funk-Dimmer für elektronische Vorschaltgeräte ..... | 6  |
| ▶ Dimmer für High-Power-LEDs .....                    | 50 |

## Audiotechnik

|                       |    |
|-----------------------|----|
| ▶ Voice-Changer ..... | 11 |
|-----------------------|----|

## PC-Technik

|  |    |
|--|----|
| Mikrocontroller-Einstieg mit myAVR, Teil 2 ....                | 54 |
| Bluetooth-Seriell-Umsetzer .....                               | 73 |
| 64-Bit-Betriebssysteme und Kompatibilität zu ELV-Geräten ..... | 78 |

## Sicherheitstechnik

|  |    |
|--|----|
| Funk-Bewegungsmelder FS20 PIRI-2 ..... | 29 |
|--|----|

## ELV-Serien

|  |    |
|--|----|
| So funktioniert's:                               |    |
| Verstärkertechnik in der Audiowelt, Teil 4 ..... | 36 |
| Satellitenempfang, Teil 11 .....                 | 64 |

## Rubriken

|  |     |
|--|-----|
| Die Neuen .....                                | 79  |
| Bestellhinweise, Kundendienst, Impressum ..... | 113 |
| Vorschau auf die nächste Ausgabe .....         | 114 |

Almost Ready to Run: Platinen sind bestückt und getestet. Es sind nur noch Montagearbeiten und z. T. kleinere Lötarbeiten notwendig.

▶ besonders leicht nachbaubar

**Funk- ▶ Messwertübertragung**  
Erfasst bis zu 4 Spannungswerte per Funk und übergibt sie per USB an einen PC zur Auswertung/Aufzeichnung  
**Seite 22**



◀ **Bluetooth-Seriell-Umsetzer**  
Ersetzt serielle Kabelverbindungen durch eine Bluetooth-Funkverbindung  
**Seite 73**

**Dimmer für ▶ High-Power-LEDs**  
Präzise PWM-Steuerung für den normgerechten Betrieb von High-Power-LEDs bis 750 mA  
**Seite 50**



◀ **Lithium-Polymer (LiPo)-Akku-Balancer**  
Schutzschaltung für den Ausgleich der Ladeströme zwischen mehreren in Serie geschalteten LiPo-Zellen  
**Seite 60**



▲ **Funk-Energiemonitor im Hutschienengehäuse**  
Für die Leistungsaufzeichnung direkt in der Stromverteilung, fügt sich in das EM-1000-Energiemonitor-System ein  
**Seite 44**

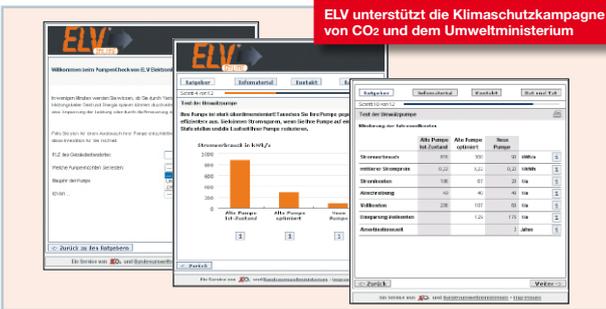


◀ **KeyMatic® CAC Funk-Zugangskontrolle, Teil 2**  
 Flexibel einsetzbares Codeschloss für die KeyMatic®- und FS20-Ansteuerung – jetzt als ARR-Selbstbausatz.  
 Teil 2: Der Nachbau  
**Seite 40**

▶ **Stromdetektor SDT 100**  
 Zur berührungslosen Identifizierung stromdurchflossener Leitungen und Anzeige der Höhe des fließenden Stroms  
**Seite 70**



◀ **Ihre Umwälzpumpe ist defekt oder verbraucht zu viel Energie?**  
 Eine detaillierte Anleitung zur Überprüfung und zum Austausch einer Heizungs-Umwälzpumpe  
**Seite 19**



ELV unterstützt die Klimaschutzkampagne von CO<sub>2</sub> und dem Umweltministerium

▶ **Stromkosten senken mit dem PumpenCheck**  
 Das interaktive Online-Check-Programm für eine schnelle Überprüfung der Heizungs-Umwälzpumpe auf effizienten Energieverbrauch  
**Seite 14**

▶ **Voice-Changer**  
 Interessantes Sound-Effektgerät: transponiert die menschliche Stimme herauf und herunter  
**Seite 11**

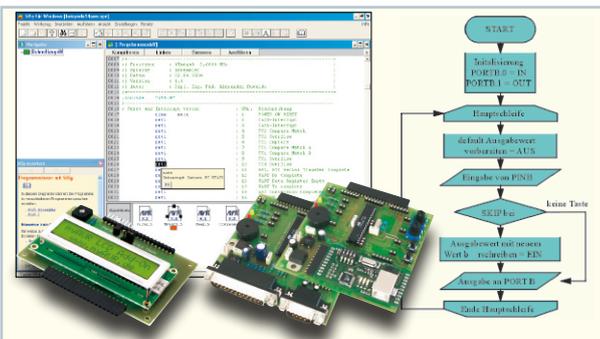


▶ **Funk-Bewegungsmelder FS20 PIRI-2**  
 Vielseitig einsetzbarer 2-Kanal-Funk-Bewegungsmelder für das FS20-System  
**Seite 29**



◀ **Funk-Dimmer für elektronische Vorschaltgeräte**  
 Durch FS20-Sender steuerbarer Automatik-Dimmer für die 1...10-V-Schnittstelle von elektronischen Leuchtstoffröhren-Vorschaltgeräten  
**Seite 6**

▶ **64-Bit-Betriebssysteme und Kompatibilität zu ELV-Geräten**  
 Alles zur aktuellen Bereitstellung von ELV-Treibern für 64-Bit-Linux und MS Windows XP x64  
**Seite 78**

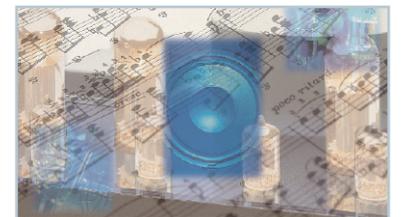


▶ **Mikrocontroller-Einstieg mit myAVR, Teil 2**  
 µC-Programmierung von Anfang an!  
 Im zweiten Teil: Der AVR-Assembler und das erste Programm-Projekt  
**Seite 54**



◀ **Satellitenempfang, Teil 11**  
 Hausverteilnetze, ihr Aufbau, die Umrüstung und neue Möglichkeiten der Signalverteilung  
**Seite 64**

▶ **Verstärkertechnik in der Audiowelt**  
 Teil 4: Transistoren und Operationsverstärker  
**Seite 36**





# Funk-Dimmer für elektronische Vorschaltgeräte

**Dimmer für Glühlampen sind seit langem fester Bestandteil für wirtschaftliche und komfortable Beleuchtung. Weniger bekannt ist dagegen die Möglichkeit, auch Leuchtstoffröhren zu dimmen. Hier wird neben einem elektronischen Vorschaltgerät für jede Leuchtstofflampe auch eine Steuerung benötigt.**

**Mit dem FS20 DI10 können Leuchtstoffröhren bequem per Funk über das FS20-Sendersystem gedimmt werden. Mit diesem Dimmer sind diverse Lichtszenarien, wie langsames Herauf- und Herabdimmen, sowie unterschiedliche Schaltzeiten realisierbar.**

## Vorteil Dimmen

In vielen Anwendungsgebieten spielen dimmbare Beleuchtungsanlagen eine immer wichtigere Rolle. Der Grund hierfür ist neben größerem Komfort, der vor allem

im Wohnbereich eine Rolle spielt, natürlich auch die Wirtschaftlichkeit. Gerade bei größeren Büroräumen oder Werkstätten wird sehr viel Energie für die Beleuchtung benötigt. Dimmer können hier den Energiebedarf ohne relevante Komforteinbußen erheblich reduzieren. Früher war es nur möglich, Glühlampen zu dimmen.

In den letzten Jahren hat der Einsatz von Leuchtstoffröhren, die mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVGs) beliebig gedimmt werden können, jedoch zugenommen. Hierbei können bis zu 60 % der Energie eingespart

werden. Die höheren Anschaffungskosten der EVGs gegenüber den herkömmlichen Vorschaltgeräten (Drosseln) amortisieren sich innerhalb kurzer Zeit.

## EVG?

Bevor wir uns unserem Projekt widmen, wollen wir zunächst einmal das elektronische Vorschaltgerät (EVG) näher betrachten. Elektrohandwerker kennen diese Technik schon recht lange, während sie im Privatbereich, auch sicher wegen des hohen Preises, noch weitgehend unbekannt ist. Hier lebt man überwiegend mit der altbekannten Konstruktion, die sich aus Leuchtstoffröhre, Glimmlampen-/Kondensator-Starter und Vorschaltgerät („Drossel“) zusammensetzt. Und man

### Technische Daten: FS20 DI10

|                      |   |
|----------------------|---|
| Spannungsversorgung: | 230 V / 50 Hz                                       |
| Leistung:            | 0,5 W   |
| Ausgang:             | 230 V / 50 Hz / max. 16 A für EVGs, 1–10 V für EVGs |
| Empfangsfrequenz:    | 868,35 Mhz  |
| Gehäuseabmessungen:  | 115 x 90 x 55 mm                                    |
| Reichweite:          | bis 100 m (Freifeld)                                |

lebt mit den bekannten Nachteilen des Systems: flackernder Röhrenstart, je nach Temperatur dauert der Start auch länger, die Drossel brummt mitunter vernehmlich mit 50 Hz, und das Auge registriert unmerklich ein Flackern der Röhre, was je nach persönlichem Empfinden zu Unbehagen, verminderter Arbeitsleistung bis hin zu gesundheitlicher Beeinträchtigung führen kann – deshalb klagen viele Menschen über Kopfschmerzen etwa nach stundenlanger Arbeit im Büro.

Diese Nachteile und ihre Auswirkungen hat man im Industrie-, Büro- und gewerblichen Bereich bereits früh erkannt und das EVG entwickelt. Im industriellen Bereich kam dazu die Erkenntnis, dass bestimmte drehende Teile bei Beleuchtung mit 50-Hz-Licht für das menschliche Auge scheinbar stillstehen – Unfälle wären so programmiert.

Deshalb setzen die EVGs zunächst die 50-Hz-Netzfrequenz auf 40–100 KHz (und mehr) um. Dies ergibt für das menschliche Auge flimmerfreies Licht. Ein Flimmern wird, auch unbewusst, nicht mehr wahrgenommen. So kann man deutlich angenehmer und ermüdungsfreier arbeiten.

Der nächste Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Starter ist das flackerfreie Einschalten. Das flackernde und oft länger dauernde Zünden der Leuchtstoffröhre ist nicht nur lästig, es schädigt auch die Leuchtstoffröhre selbst, was zu einer verminderten Lebensdauer führt. Die elektronischen Starter, die es in großer Vielzahl gibt, waren bereits ein Fortschritt, da mit ihnen ein flackerfreies Zünden von Leuchtstoffröhren möglich ist.

Und das EVG bringt noch weitere Vorteile. Durch eine exakte Abstimmung auf bestimmte Lampentypen erzielt man eine optimale Lichtausbeute und eine bis zu 50 % höhere Lebensdauer der Lampe. Gleichzeitig werden die Verluste gesenkt, so dass allein durch den Einsatz eines normalen EVGs (ohne Dimmen) bis zu 30 % Energie gespart werden kann.

Aufgrund dieser Vorteile wird es auch im privaten Bereich bei neuen Leuchten in absehbarer Zeit nur noch elektronische Vorschaltgeräte geben. Hersteller wie z. B. OSRAM stellen ihre Produktion derzeit massiv darauf um.

Natürlich geht mit erhöhter Stückzahl auch eine Senkung des Herstellungspreises einher, so dass die ehemals sehr teuren EVGs in für den Privatanwender interessante Preisdimensionen geraten.

## EVG privat

Wer für seine vorhandene Elektroinstallation EVGs einsetzen will, kann dies im privaten Bereich tun. Allerdings ist hierzu nur eine Elektrofachkraft berechtigt, da es



**Bild 1: Passen in alle gängigen Lampengehäuse – elektronische Vorschaltgeräte**

sich um Arbeiten an netzspannungsbetriebenen Einrichtungen handelt. Zu beachten ist, dass bei einer umgerüsteten Leuchte jegliche Prüfzeichen ungültig werden.

Vorhandene Leuchtstofflampen lassen sich sehr einfach umrüsten. Die EVGs, die man gebraucht bereits recht preiswert z. B. über Internet-Auktionshäuser beziehen kann, sind zwar recht groß, aber passen aufgrund ihrer schlanken und flachen Bauform meist ohne Probleme in die ohnehin voluminösen Leuchten, wie Abbildung 1 zeigt. Allerdings ist die Verkabelung in der Leuchte komplett zu ändern. Ist ein von außen wechselbarer Starter vorhanden, muss dieser an seinem Platz bleiben, um den Berührungsschutz der Leuchte zu erhalten, lediglich sein Anschluss wird entfernt – wie gesagt, eine Arbeit für den Elektrofachmann! Lohn der Mühe ist eine schlagartig anspringende, flackerfreie und stromsparende Leuchte!

Beim Kauf des EVG ist auf die Anschlussleistung zu achten, die möglichst exakt der der anzuschließenden Lampe entsprechen sollte. So genannte intelligente EVGs erlauben auch den Anschluss von bis zu vier Lampen, eine einfache Fernschal-

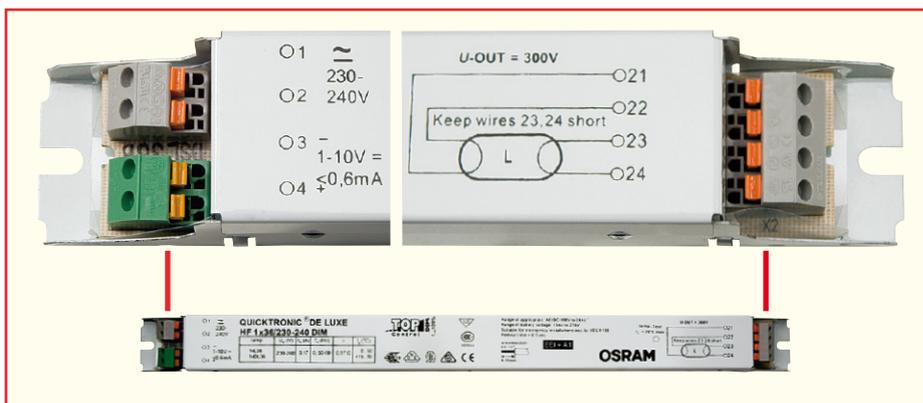
tung der einzelnen Lampen und somit die Erstellung von einfachen Lichtszenarien. Weiterhin achte man auf die Zuordnung zu den einzelnen Lampentypen: T 8 bedeutet: für stabförmige Lampen mit 26 mm Durchmesser, T 5 entsprechend für 16 mm Durchmesser, T 2 für 7 mm Durchmesser und „Kompakt“ für Kompaktlampen.

## EVG dimmen

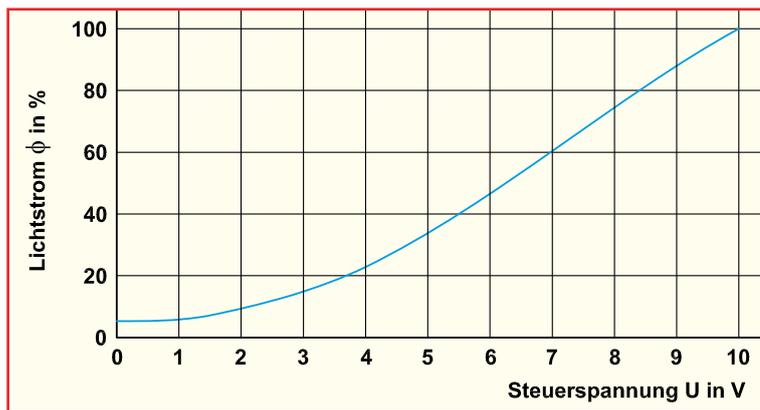
Da im EVG schon einmal eine Technik verbaut ist, die in vielen Details der bekannten Schalttechnik ähnelt, liegt es nahe, den Ausgang steuerbar zu gestalten, um auch die Leuchtstoffröhre dimmen zu können, ohne dass der Zustand des gezündeten Gasgemisches instabil wird. Neben dem angenehmen Lichteffect spielen hier auch Anreize zum stromsparenden Betrieb eine Rolle, denn nicht immer wird die volle Lichtleistung benötigt. Zu diesem Zweck gibt es EVGs mit einer Steuerschnittstelle. Hier wird zwischen der digitalen und der analogen Schnittstelle unterschieden. Während Erstere im kommerziellen Bereich vorwiegend zur Herstellung der verschiedensten Lichtszenarien durch eine Mikrorechnersteuerung und zur Statusüberwachung der einzelnen Leuchten genutzt wird, ist die analoge Schnittstelle, der wir uns hier widmen wollen, relativ einfach mit einer Steuerspannung von 1...10 V ansteuerbar. EVGs mit dieser Schnittstelle verfügen also über einen 2-poligen Steueranschluss (1...10 V, siehe Abbildung 2).

Das Steuergerät muss zwei wesentliche Forderungen erfüllen: Der Steuerausgang muss potentialfrei ausgeführt sein und als Stromsenke wirken können, da er den Steuerstrom des dimmbaren EVG aufnehmen muss.

Die Steuerspannung selbst wird vom EVG erzeugt. Der maximale Strom ist für die meisten EVGs mit 0,6 mA pro EVG angegeben. Das bedeutet, dass das EVG einer Spannungsquelle mit großem Innenwiderstand gleicht. Da die Spannung bei Belastung zusammenbricht, kann durch Veränderung des Lastwiderstandes die



**Bild 2: Kennzeichen des dimmbaren EVG ist die Steuerschnittstelle, hier 1–10 V**



**Bild 3: Die Kennlinie für die Abhängigkeit zwischen Steuerspannung und Lichtstrom**

angeschlossene Leuchtstoffröhre gedimmt werden. Die Spannung am EVG ist in etwa proportional zur Helligkeit. Hierbei entspricht 1 V der minimalen und 10 V der maximalen Helligkeit (Abbildung 3). Da über die 1...10-V-Schnittstelle nur zwischen ca. 2 und 100 % gedimmt werden kann, muss das Ein-/Aus schalten über das Schalten der Netzspannung erfolgen.

### Viele Anwendungen möglich

Es gibt viele Möglichkeiten, gedimmte Leuchtstoffröhren einzusetzen, sei es, um ein bestimmtes Ambiente herzustellen, sei es, um Strom zu sparen (z. B. bei Außenbeleuchtungen, die nur dann voll eingeschaltet werden, wenn sie tatsächlich benötigt werden), sei es für die Lichteffekttechnik. Auf eine besondere Nutzung gedimmter Leuchtstoffröhren wollen wir etwas genauer eingehen – den Einsatz in der Hobbytierhaltung und in der Pflanzenzucht. Sowohl bei Aquarianern als auch bei Ziervogel- und Reptilienhaltern sind Leuchtstoffröhren als Beleuchtung Standard. Hier kommen, wie auch in der Pflanzenbeleuchtung, meist sehr spezielle Leuchtstoffröhren zum Einsatz, die ein speziell auf die Tier- und Pflanzenhaltung zugeschnittenes Licht abstrahlen. So gibt es z. B. für die Ziervogelhaltung Spezialröhren, deren Anteile an UV-B- und UV-A-Licht genau auf die Bedürfnisse von Zier- und Zuchtvögeln abgestimmt sind (Abbildung 4). Die Tiere fühlen sich, da sie ja meist in Zimmervoliere oder solchen im Freien, aber geschützt und damit beschattet, untergebracht sind und hier eigentlich (vor allem im Winter) zu wenig echtes Sonnenlicht bekommen, wohler, sind agiler, fressen besser, und auch das Balz- und Brutverhalten verbessert sich. Zudem verbessert das Licht die Farbwiedergabe des Gefieders. Gleiches gilt in abgewandelter Form für die anderen genannten Tierarten.

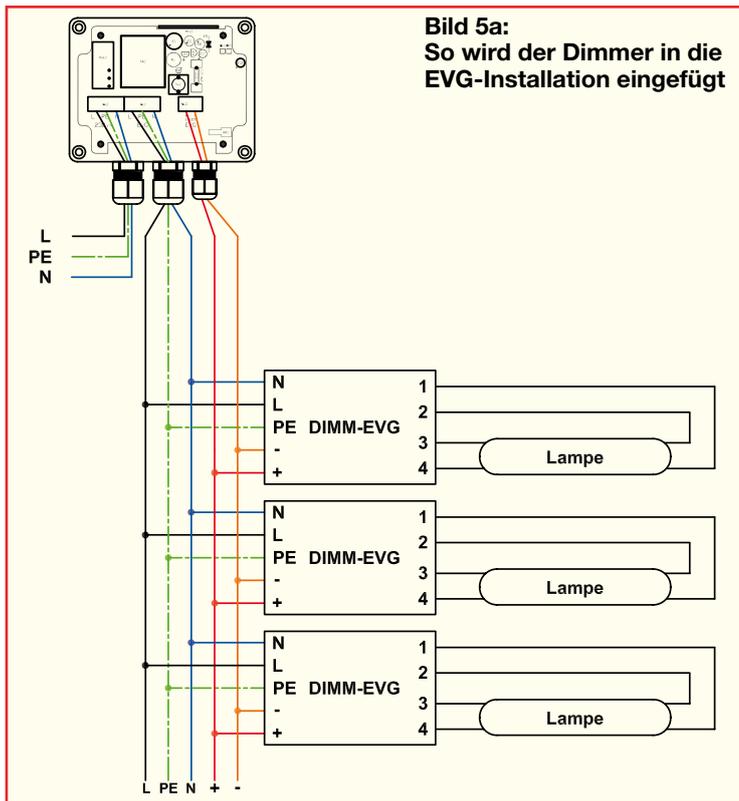
Crux der Spezialleuchtstoffröhren: Sie sind relativ teuer und sollen nach Herstellerangaben jedes Jahr gewechselt werden.

Und das schlagartige Ein- und vor allem das Abschalten des Lichts entspricht keineswegs dem natürlichen Tageslichtverlauf. Ein spezieller Dimmer macht also auch hier Sinn: Bei nur geringfügig verringerter Lichtleistung kann man durch

Herabdimmern viel Strom sparen. Bei der in Abbildung 4 in Aktion zu sehenden „Bird Lamp“, die eine nominelle Leistung von 58 W aufweist, hat sich herausgestellt, dass, unterstützt durch einen passenden Hochglanzreflektor an der Leuchte, eine Leistungsaufnahme von 28 bis 35 W völlig ausreichend für die Beleuchtung der betreffenden 6-m<sup>2</sup>-Voliere ist, zumal sich die Tiere automatisch im beleuchteten Bereich aufhalten und sich „sonnen“. Damit spart man viel Strom und verlängert gleichzeitig die Lebensdauer der Röhre erheblich. Messungen haben ergeben, dass unter diesen Bedingungen auch das Strahlungsspektrum länger erhalten bleibt. Hat man jetzt einen außenlichtgeführten, automatischen Dimmer zur Verfügung, kann man auch Sonnenauf- und -untergang für die Tiere simulieren. Durch den natürlichen Tagesablauf werden die Tiere ausgeglichener, halten feste Fresszeiten ein und finden ihre Schlafplätze pünktlich und ohne Streit.



**Bild 4: Gesunde, farbenfrohe und ausgeglichene Vögel auch im Winter – dank Sonnenlicht-Imitation durch spezielle Leuchtstoffröhren mit Tageslichtspektrum. Die am Tage entstandene Aufnahme zeigt deutlich (auch dank des Reflektors) die hohe Lichtstärke der bereits auf halbe Leistung herabgedimmten „Bird Lamp“, die man in ihrer auffälligen Verpackung kaum im Zoogeschäft übersieht.**



**Bild 5a:**  
So wird der Dimmer in die EVG-Installation eingefügt

Derartige Szenarien wie das beschriebene sind in vielen Bereichen denkbar. Übrigens – eine alltägliche Anwendung gedimmter Leuchtstoffröhren kennen viele von uns seit langem – die Sonnenbank!

### FS20 DI10 – der EVG-Komfort-Dimmer

Unser neuer FS20-Dimmer für die Ansteuerung der 1...10-V-Schnittstellen von EVGs erfüllt die in der bisherigen Diskussion genannten Aufgaben: Er steuert nicht nur die 1...10-V-Schnittstelle normgerecht an, er verfügt auch über all die Funktionen, die einen FS20-Dimmer so komfortabel machen: 3fach-Timer (Abschalt-Timer, Slow-on-/Slow-off-Timer), manuelles/automatisches Dimmen, und das Ganze bequem per Funk über einen beliebigen FS20-Sender. Das kann eine einfache Handfernbedienung genauso sein wie der Dämmerungsschalter des Systems oder gar eine der komfortablen Hauszentralen. Damit weiß der FS20-Kenner auch, dass der Dimmer sich natürlich nahtlos in das FS20-Adress- und Codiersystem einfügt.

Der Dimmer realisiert auch das diskutierte vollständige Abschalten bzw. das Einschalten des EVG per getrenntem Relaiskontakt, da, wie erwähnt, sich die Leistung nicht auf null herabregeln lässt.

Der Dimmer ist leistungsfähig genug, um bis zu 50 EVGs betreiben zu können. So sind auch sehr große Räume bedarfsgerecht beleuchtbar. Abbildung 5a zeigt die Anschlussbeschriftung des Dimmers beispielhaft.

### Achtung!

Die Spannung der Steuerleitung ist zwar potentialgetrennt von der Netzspannung, jedoch keine Schutzkleinspannung. Sie ist daher wie eine Leitung mit 230 V Spannung zu behandeln.

An einem Dimmer FS20 DI10 können auch EVGs, die an unterschiedliche Phasen angeschlossen sind, gedimmt werden (Abbildung 5b). So kann man bei großen Leuchtengruppen die Last gleichmäßig auf die drei Phasen verteilen.

Wollen wir uns nun konkret den Funktionen und Möglichkeiten des Dimmers zuwenden.

### Funktionen

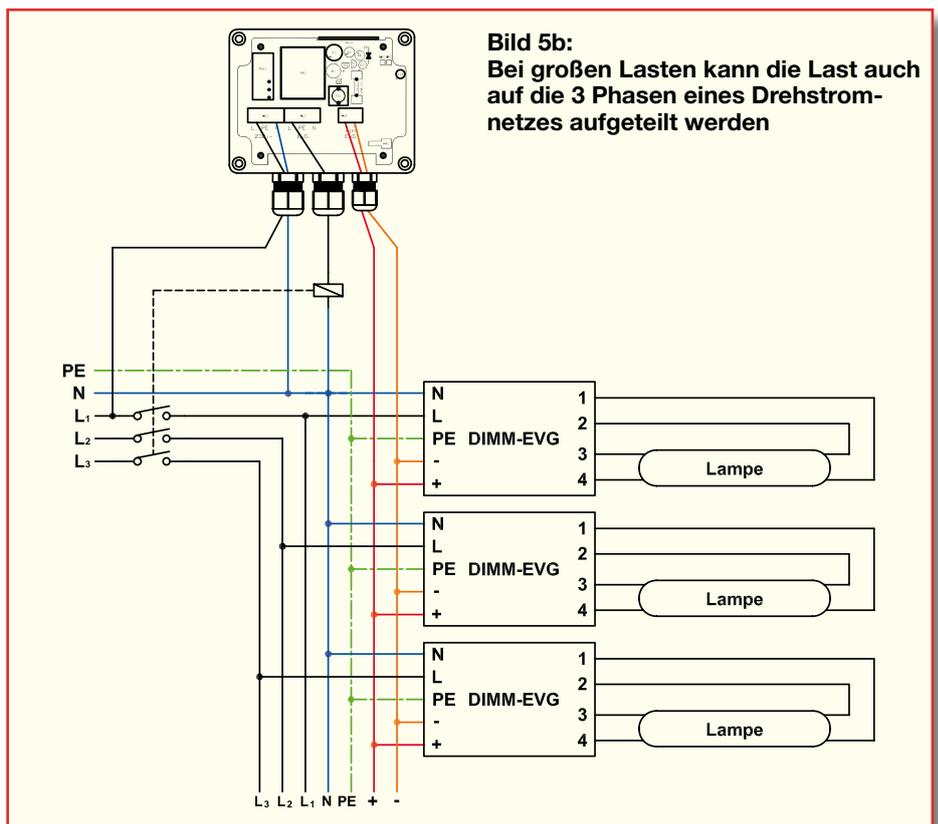
Der Dimmer erhält seine Befehle über ein integriertes Empfangsmodul, das die Befehle der FS20-Sender empfängt.

Alternativ zur Funk-Fernsteuerung ist der Dimmer auch über einen Taster direkt bedienbar. Zusätzlich zur Schalt- und Dimmfunktion sind drei getrennt programmierbare Timer verfügbar, die jeweils im Bereich von 1 Sekunde bis 4,5 Stunden einstellbar sind.

Der erste Timer ermöglicht ein automatisches Ausschalten der Beleuchtung nach der eingestellten Zeit. Hierdurch lässt sich der Dimmer beispielsweise als Treppenlichtsteuerung einsetzen.

Der zweite Timer dient dem langsamen automatischen Heraufdimmen innerhalb der eingestellten Zeit beim Einschalten der Beleuchtung (Slow-on-Timer). Hierdurch wird ein besonders lampenschonendes Einschalten oder auch ein künstlicher Sonnenaufgang möglich.

Der dritte Timer dient schließlich dem langsamen automatischen Herabdimmen innerhalb der eingestellten Zeit beim



**Bild 5b:**  
Bei großen Lasten kann die Last auch auf die 3 Phasen eines Drehstromnetzes aufgeteilt werden

Ausschalten der Beleuchtung (Slow-off-Timer). So lässt sich mit diesen drei Timern z. B. ein Treppenhauslicht mit folgenden Funktionen realisieren: lampenschonendes Heraufdimmen innerhalb von 3 Sek. und nach 4 Minuten automatisch ein langsames Herunterdimmen innerhalb von 25 Sek., um nicht plötzlich im Dunkeln zu stehen.

### Direktbedienung

Bereits ohne Fernbedienung ist der Dimmer sofort nach der Installation durch den integrierten Bedien- und Programmier-taster direkt bedienbar:

- Taste kurz drücken: Lampe ein
- nochmals kurz drücken: Lampe aus
- lang drücken: Heraufdimmen der Lampe bis zur vollen Helligkeit
- loslassen, nochmals lang drücken: Herabdimmen der Lampe

Durch das Loslassen des Tasters kehrt sich jedes Mal die Dimmrichtung für die darauf folgende Tasterbedienung um. Nach dem Loslassen hält der Dimmer die eingestellte Helligkeit der Lampe. Diese wird gespeichert, und beim nächsten Einschalten wird die Lampe mit dieser Helligkeit eingeschaltet – sehr praktisch, wenn man immer dieselbe Lichtsituation zur Verfügung haben will.

### Programmierung

Da auch der FS20 DI10 in das Code- und Adresssystem des FS20-Systems eingeordnet ist, muss zur Inbetriebnahme eine Programmierung des Dimmers auf einen Kanal der gewünschten Fernbedienung erfolgen. Dies kann innerhalb des FS20-Adresssystems für bis zu vier Adressen und Adresstypen, sprich Kanäle (darunter fallen je nach Aufgabe natürlich alle FS20-Sender, wie wir noch sehen werden), erfolgen. Die programmierten Daten werden in einem EEPROM abgelegt, das sie auch bei Netz-ausfall dauerhaft speichert.

Dieser Programmiervorgang ist mit wenigen Tastenbetätigungen erledigt.

Dazu ist lediglich die Bedientaste am Dimmer für ca. 15 Sek. zu drücken, bis dessen Kontrollleuchte blinkt, dann betätigt man die gewünschte Taste der Funk-Fernbedienung. Die Kontrollleuchte erlischt, und nun kann man den Dimmer bereits mit dem entsprechenden Tastenpaar der Fernbedienung ein- und ausschalten bzw. dimmen. Der Einschaltzustand wird durch das Aufleuchten der Kontrollleuchte am Dimmer signalisiert.

Bei Bedarf kann man auch dem Dimmer weitere Fernbediensender zuordnen. Dies erfolgt unter Beachtung der Adressierungsregeln in gleicher Weise wie beim ersten Sender. Will man eine der gespeicherten Adressen aus der Liste im FS20 DI10 löschen, versetzt man diesen wieder in den Programmiermodus und drückt eine der

zugeordneten Tasten an der Fernbedienung länger als 0,4 Sek.

### Timer-Betrieb

Wie erwähnt, ist die Programmierung von drei Timer-Funktionen möglich:

- Abschalt-Timer
- Slow-on-Timer
- Slow-off-Timer

Durch geschickte Kombination dieser drei Timer lassen sich die verschiedensten Lichtszenarien realisieren.

### Abschalt-Timer

Die Programmierung beginnt durch gleichzeitiges Drücken beider dem Dimmer zugeordneten Tasten an der Fernbedienung für 1 bis 5 Sek. Nach dem Loslassen der Tasten blinkt jetzt die Kontrollleuchte am Dimmer, und es wird die Zeitmessung für die gewünschte Einschaltzeit gestartet.

Ist diese abgelaufen, sind wiederum beide Tasten an der Fernbedienung für 1 bis 5 Sek. gleichzeitig zu drücken. Die Kontrolllampe am Dimmer blinkt jetzt nicht mehr. Damit ist die Timer-Zeit für die Betriebsart Abschalt-Timer programmiert.

### Slow-on-/Slow-off-Timer

Die Programmierung dieser Betriebsarten wird ebenfalls wie beim Abschalt-Timer gestartet und beendet, jedoch ist während der Zeitmessung kurz (<0,4 Sek.) die Ein- bzw. Aus-Taste des Tastenpaares der Fernbedienung zu drücken, um die programmierte Zeit der Auf- bzw. Abblendzeit zuzuordnen.

### Timer-Anwendung

So vielfältig wie die Programmierungsmöglichkeiten sind auch die möglichen Betriebsarten des Dimmers.

Die einfachste Möglichkeit ist der alleinige Betrieb als Abschalt-Timer. Dazu wird der Dimmer entweder am Gerät selbst oder über die Ein-Taste der Funk-Fernbedienung eingeschaltet. Das erfolgt mit dem davor zuletzt eingestellten Helligkeitwert. Nach Ablauf der programmierten Zeit schaltet der Dimmer die angeschlossene Lampe aus.

Hat man dagegen allein den Slow-on- oder Slow-off-Timer programmiert, reicht ebenfalls ein kurzer Tastendruck, um die Lampe innerhalb der programmierten Zeit langsam auf den vor dem Start des Timers zuletzt eingestellten Helligkeitwert herauf- oder von diesem aus herabzudimmen.

Hier kann man im Übrigen bei Bedarf beliebig per Hand eingreifen. Wiederholt man z. B. während des Timer-Laufs den gleichen Ein- oder Ausschaltbefehl nochmals, so wird unter Umgehen des Timers sofort auf die eingestellte Helligkeit herauf- bzw. auf null herabgedimmt. Auch ein manuelles Dimmen per Taster ist hier möglich. Nach dem nächsten kurzen Tastendruck steht die

Timer-Funktion wieder zur Verfügung.

Mit einem langen statt des kurzen Tastendrucks kann man auch gleich manuell unter Umgehung der Timer-Funktionen schalten oder dimmen. Jetzt bleibt die Lampe bis zum nächsten manuellen Abschalten dauerhaft eingeschaltet. Die Timer bleiben jedoch im Hintergrund programmiert. Sie werden wieder mit dem nächsten kurzen Schaltbefehl aktiv.

Ganz und gar deaktiviert werden die Timer, wenn zunächst wieder beide Tasten an der Fernbedienung 1 bis 5 Sek. gedrückt werden. Nach deren Loslassen blinkt die Kontrollleuchte am Dimmer. Ein kurzer Druck auf dessen Bedientaste deaktiviert die Timer und der Dimmer ist wieder ausschließlich manuell steuerbar.

### Vielfältig nutzbar

Alle drei Timer-Arten lassen sich, wie am Beispiel des Treppenlichts bereits gezeigt, kombinieren, wobei natürlich die Reihenfolge Slow-on, Abschalt-Timer, Slow-off abgearbeitet wird.

Derartige Szenarien sind im Übrigen auch mit den programmierbaren Sendern des FS20-Systems, etwa dem Bewegungssensor FS20 PIRI/PIRA, dem Dämmerungssensor FS20 SD oder dem Sendezusatz zum Mini-Bewegungsmelder PIR 13, dem FS20 SPIR, realisierbar. Hier können neben dem einfachen Einschaltbefehl auch Sendebefehle ausgesandt werden, die z. B. direkt eine Helligkeitsstufe einstellen.

Damit ist der Dimmer natürlich äußerst flexibel steuerbar, etwa so:

Bei anbrechender Dunkelheit wird die Außenbeleuchtung, ausgelöst vom Funk-Dämmerungsschalter, langsam heraufgedimmt, bleibt dann eingeschaltet, bis sie entweder nach einer bestimmten Zeit oder bei anbrechender Helligkeit wieder abgeschaltet oder herabgedimmt wird.

Oder man schaltet die Flurbeleuchtung, selbsttätig ausgelöst durch den Funk-Bewegungssensor, automatisch ein bzw. dimmt sie relativ schnell hoch, lässt sie für einige Minuten eingeschaltet, um sie dann wieder langsam herabzudimmen oder abzuschalten.

Interessant für die gewerbliche Nutzung, z. B. in Läden oder Empfangsbereichen: In der Nacht wird die reguläre Beleuchtung auf einen definierten Wert heruntergedimmt und dient so als automatische Nachtbeleuchtung.

Und natürlich löst der Dimmer, besonders im Zusammenspiel mit dem Funk-Dämmerungsschalter FS20 SD, all die erwähnten Aufgaben, die der Tierliebhaber ihm stellt.

Im zweiten Teil dieses Artikels wenden wir uns der Schaltung, dem Nachbau und der Inbetriebnahme des Dimmers zu. **ELV**



# Voice-Changer

**Mit dem Voice-Changer kann die Wiedergabe der menschlichen Stimme in der Tonlage (engl. Pitch) verändert werden. Über zwei Tasten kann das über ein Mikrofon aufgenommene Signal in der Tonlage herauf- bzw. heruntertransponiert werden. So wird aus einer hohen Stimme eine tiefe Stimme oder umgekehrt.**

## Rauf und runter

Voice-Changer gehörten ursprünglich allein in das Gerätearsenal von Musikstudios oder experimentierfreudigen Musikern. Sie ermöglichen es, die eigene Stimme völlig verfremdet zu transponieren, d. h. vollständig in eine andere Tonlage zu wechseln.

Heute sind ausgeklügelte Voice-Changer-Systeme dem Zug der Zeit folgend vorwiegend als komplexe PC-Software verfügbar und werden so in die PC-gestützte Musik- oder allgemeine Audio-Produktion

| Technische Daten: Voice-Changer |   |
|---------------------------------|---|
| Spannungsversorgung:            | 6–15 V <sub>DC</sub>                      |
| Stromaufnahme:                  | 26 mA                                     |
| Tonlagenverschiebung:           | ±1 Oktave (16 Stufen)                     |
| Eingang:                        | Mikrofon/2- oder 3-pol. Elektretmikrofone |
| Ausgang:                        | Line Out/Cinch                            |
| Abmessungen (Platine):          | 78 x 43 mm                                |

eingebunden. Dennoch haben Stand-alone-Voice-Changer nach wie vor ihre Berechtigung, sei es als mobiles Bühneneffektgerät für Musiker oder DJs, als Heimstudiogerät oder aber auch als Party-Gag.

Zu letzterer Klasse der Stand-alone-Geräte zählt unser kleiner, schnell und einfach aufzubauender Voice-Changer. Er wird einfach einem Elektret-Mikrofon nachgeschaltet und an einen Mixer, Verstärkereingang oder die PC-Soundkarte angeschlossen. Die Bedienung erfolgt über insgesamt drei Tasten, die das Herauf- und Herabtransponieren der Stimme in acht Tonlagentufen nach oben oder unten erlauben. Damit sind bereits beachtliche Toneffekte realisierbar.

## Funktion und Bedienung

Das Funktionsprinzip der Schaltung ist zwar einfach, aber technisch nicht unaufwändig: Das analoge Signal (menschliche Stimme) wird digitalisiert, zwischengespeichert und mit einem DA-Wandler wieder zurück in ein

analoges Signal konvertiert. Werden die gespeicherten Daten (Samples) schneller oder langsamer aus dem RAM-Speicher ausgelesen, als sie geschrieben werden, ergibt sich eine Tonlagenverschiebung. Diese relativ komplexe Aufgabe übernimmt der integrierte Schaltkreis vom Typ MSM6722. Dieser Chip ermöglicht eine Tonlagenverschiebung um eine Oktave nach oben oder nach unten.

Mit einem Schalter (S 1) wird ausgewählt, ob das Signal unbearbeitet (Normal) oder in der Tonlage verändert (Pitch) werden soll.

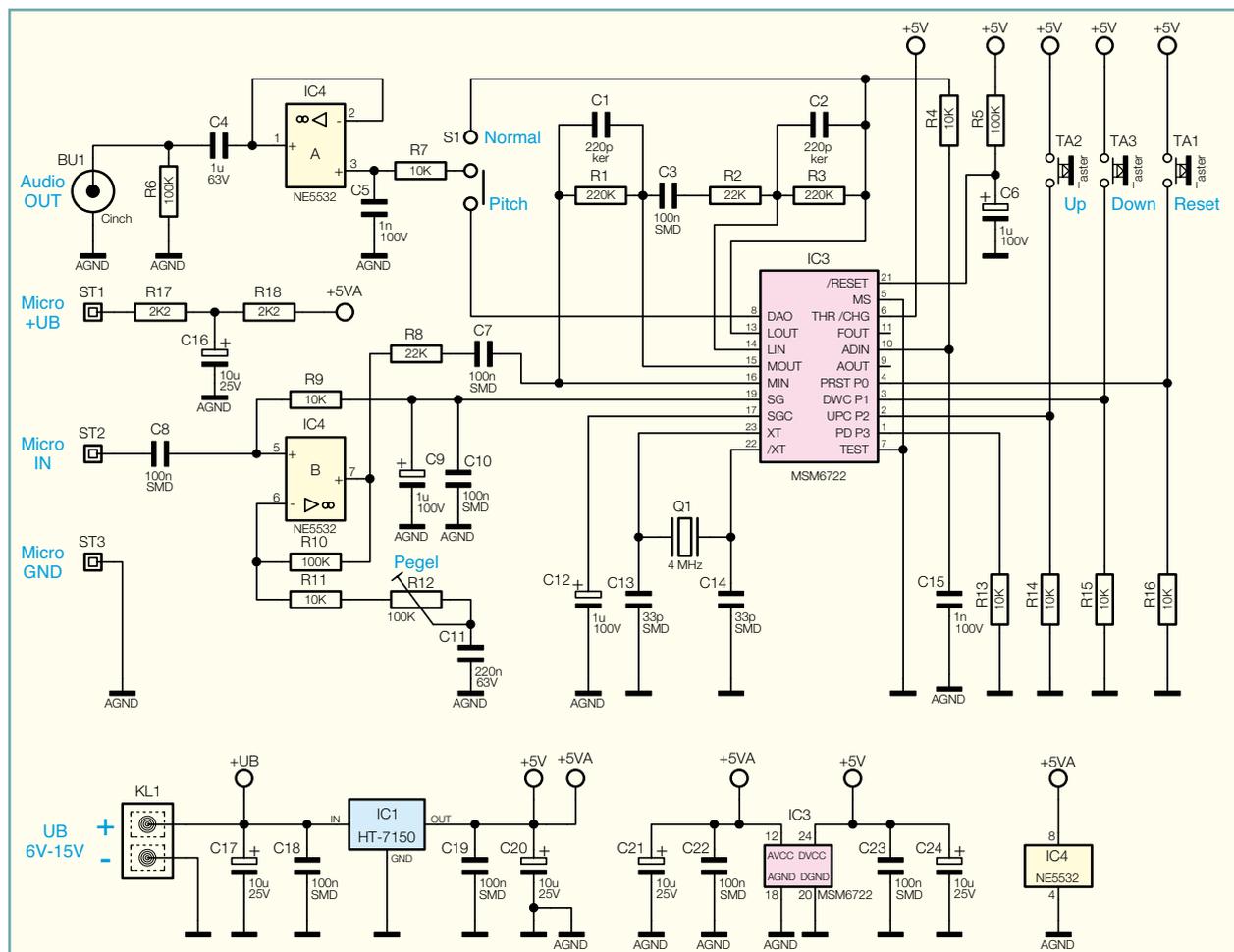
Mit den Tastern TA 1 bis TA 3 lassen sich insgesamt 17 verschiedene „Pitch Steps“ einstellen (siehe Tabelle 1). Nach dem Anlegen der Betriebsspannung befindet sich die Schaltung im Reset-Zustand, also bei „Pitch Step 0“. Die Taktraten des AD- und des DA-Wandlers (8,33 kHz) sind hier gleich, wodurch das Signal nicht in eine andere Tonlage verschoben wird. Mit den beiden Tasten „Up“ und „Down“ kann in jeweils 8 Stufen die Taktfrequenz „Sampling-Frequenz“ des DA-Wandlers verändert werden, wodurch sich entsprechend eine Tonlagenverschiebung ergibt.

## Schaltung

Abbildung 1 zeigt das Schaltbild des Voice-Changers. Die doch recht aufwändige Schaltungstechnik übernimmt der integrierte Schaltkreis IC 3 vom Typ MSM6722 von OKI. Das Blockschaltbild

**Tabelle 1:**  
Die Übersicht über die realisierbaren „Pitch Steps“

| Pitch Step |    | Sampling-Frequenz |
|------------|----|-------------------|
| Up         | +8 | 16,6 kHz          |
|            | +7 | 14,0 kHz          |
|            | +6 | 13,1 kHz          |
|            | +5 | 12,5 kHz          |
|            | +4 | 11,1 kHz          |
|            | +3 | 10,5 kHz          |
|            | +2 | 9,9 kHz           |
|            | +1 | 8,84 kHz          |
| Reset      | 0  | 8,33 kHz          |
| Down       | -1 | 7,87 kHz          |
|            | -2 | 6,99 kHz          |
|            | -3 | 6,62 kHz          |
|            | -4 | 6,25 kHz          |
|            | -5 | 5,55 kHz          |
|            | -6 | 5,26 kHz          |
|            | -7 | 4,95 kHz          |
|            | -8 | 4,40 kHz          |



**Bild 1:**  
Das  
Schalt-  
bild des  
Voice-  
Changers

des MSM6722 ist in Abbildung 2 dargestellt.

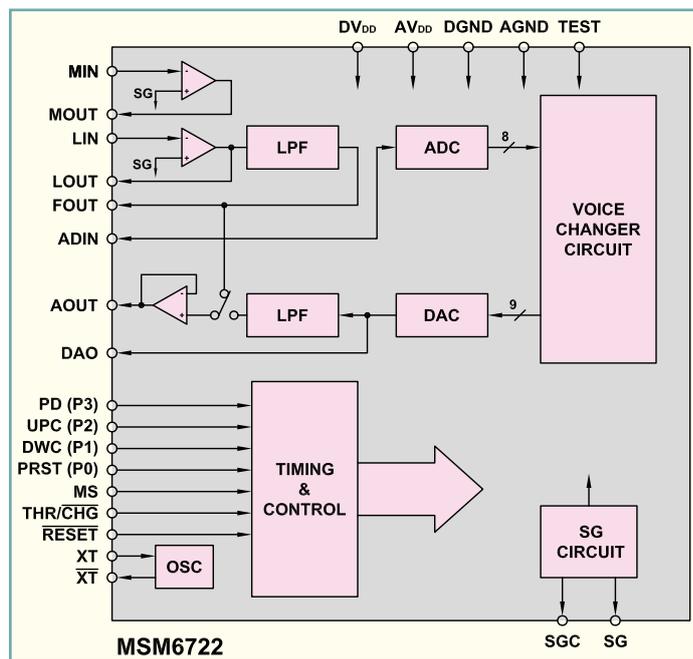
Das vom Mikrophon kommende NF-Signal (ST 2) gelangt zunächst auf eine Verstärkerstufe, die aus IC 4 B und dessen Peripherie besteht. Den Verstärkungsfaktor kann man mit dem Trimmer R 12 bei Bedarf ändern. Dieses Signal wird IC 3 über dessen Pin 16 (MIN) zugeführt und durch zwei interne OP-Verstärker verstärkt. Die externe Beschaltung dieser Verstärker, die den Verstärkungsfaktor bestimmen, besteht aus R 1 bis R 3 sowie R 8. Mit C 1 und C 2 wird die obere Grenzfrequenz festgelegt. Der weitere Signalverlauf: Über R 4, der mit C 15 einen Tiefpass bildet, gelangt das verstärkte Signal an den Eingang (ADIN) des Digital-Analog-Wandlers, der mit einer Auflösung von 8 Bit das analoge Signal digitalisiert. Der im Blockschaltbild als „Voice Changer Circuit“ bezeichnete Block ist im Wesentlichen ein RAM-Speicher, um die digitalisierten Daten zwischenspeichern. Mit dem Digital-Analog-Wandler (DAC) wird dann wiederum aus den digitalen Daten ein analoges Signal erzeugt. Am Ausgang DAO (Pin 8) steht das analoge Signal zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Mit dem Tiefpass R 7 und C 5 werden die Anteile der Taktfrequenz abgeschwächt. Nach Durchlaufen des Ausgangspuffers (IC 4 A) steht das Signal

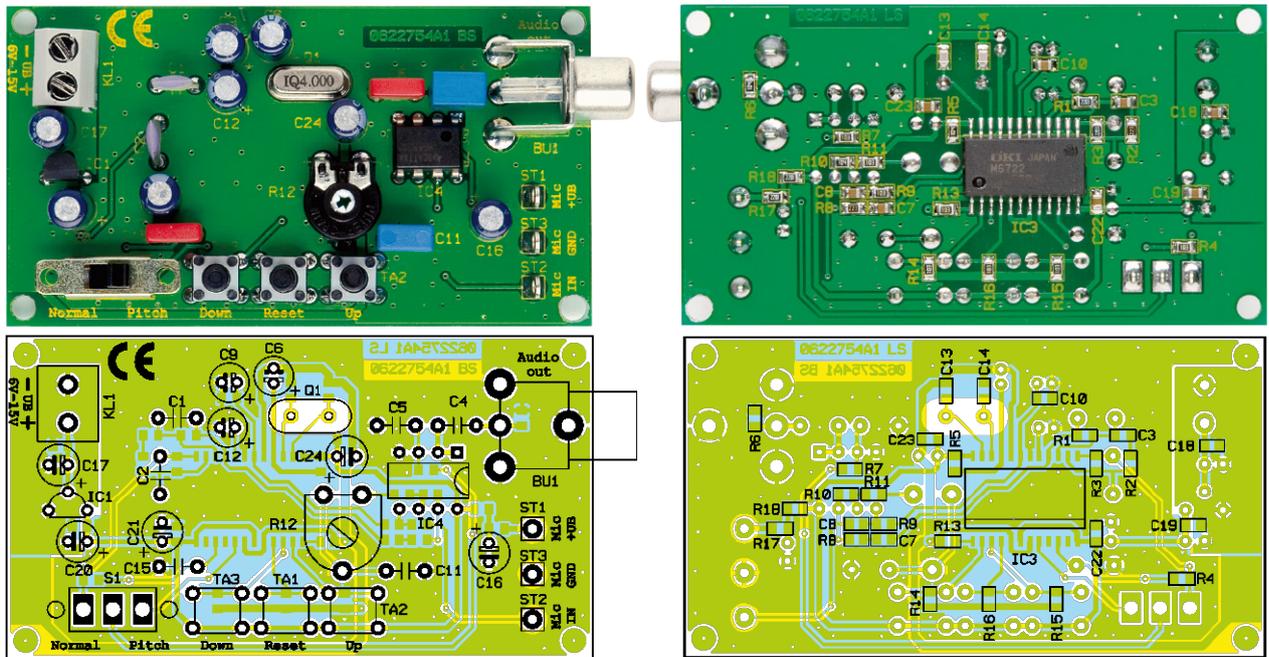
am Ausgang BU 1 an. Mit dem Schalter S 1 kann man zwischen den Betriebsmodi „Normal“ und „Pitch“ wählen. In Stellung „Normal“ wird praktisch die gesamte digitale Signalverarbeitung überbrückt und somit außer Betrieb gesetzt.

Die Funktionssteuerung bzw. die Bedienung von IC 3 erfolgt durch die Tasten TA 1 bis TA 3 (Up/Down und Reset). Hiermit wird

die als „Timing und Control“ gekennzeichnete Einheit gesteuert. Ein Tastendruck des Tasters „Up“ bewirkt z.B. eine Erhöhung der Taktfrequenz des DA-Wandlers, wodurch, wie schon beschrieben, eine Anhebung der Tonlage erfolgt. Die Taktfrequenzen werden mittels Teiler von der 4-MHz-Oszillatorfrequenz abgeleitet, die wiederum durch den Quarz Q1 bestimmt wird.

**Bild 2:**  
Das  
Blockschaltbild  
des MSM6722





**Ansicht der fertig bestückten Platine des Voice-Changers mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite**

Die Schaltung kann mit einer Betriebsspannung von 6 V bis 15 V versorgt werden, die IC 1 auf eine stabile Versorgungsspannung von 5 V umsetzt.

**Nachbau**

Die Platine wird bereits mit SMD-Bauteilen bestückt geliefert, so dass nur die bedrahteten Bauteile bestückt werden müssen. Damit ist die Bestückung unkompliziert und erfordert keine SMD-Lötausrüstung.

Für die bereits vorhandene SMD-Bestückung ist lediglich eine abschließende Kontrolle auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans. Die Bauteil-Anschlüsse werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt und durch die im Bestückungsdruck vorgegebenen Bohrungen geführt. Nach dem Verlöten der Anschlüsse auf der Platineunterseite (Lötseite) werden überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne die Lötstelle selbst dabei zu beschädigen.

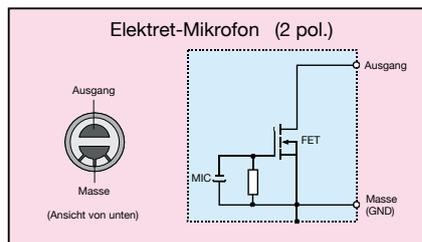
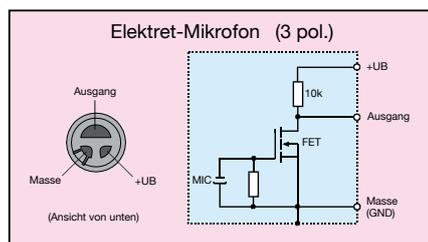
Beim Einsetzen der Elkos und von IC 4

ist auf die richtige Einbaulage bzw. die richtige Polung zu achten. Die Elkos sind in der Regel am Minus-Anschluss und IC 4 ist durch eine Gehäusekerbe gekennzeichnet. Die Einbaulage von IC 1 ergibt sich durch den Bestückungsaufdruck. Eine gute Hilfestellung gibt hier auch das Platinenfoto.

Zum Schluss werden die mechanischen Bauteile (Taster, Buchsen usw.) bestückt und verlötet. Hier sollte man reichlich Lötzinn an den Lötstellen verwenden, um später im Betrieb mechanische Einflüsse über diese Bauteile weitgehend zu eliminieren.

**Inbetriebnahme**

Das Mikrofon wird an die Anschlussklemmen ST 1 bis ST 3 angeschlossen. Die Anschlussbelegung von 2- bzw. 3-poligen Elektretmikrofonen ist in Abbildung 3 dargestellt. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Mikrontypen ist der, dass beim 3-poligen Mikrofon der Drain-Widerstand (ca. 10 kΩ) im Mikrofongehäuse integriert ist und somit ein dritter Anschluss für „UB“ vorhanden ist. Soll ein 2-poliges Mikrofon verwendet werden, sind die Anschlusspunkte ST 1 und ST 2 auf der Platine miteinander zu verbinden.



**Bild 3: Die Anschlussbelegung von Elektret-Mikrofonen**

**Stückliste:  
Voice-Changer VC 100**

**Widerstände:**

- 2,2 kΩ/SMD/0805 ..... R17, R18
- 10 kΩ/SMD/0805 ... R4, R7, R9, R11, R13–R16
- 22 kΩ/SMD/0805 ..... R2, R8
- 100 kΩ/SMD/0805 ..... R5, R6, R10
- 220 kΩ/SMD/0805 ..... R1, R3
- PT10, liegend, 100 kΩ..... R12

**Kondensatoren:**

- 33 pF/SMD/0805 ..... C13, C14
- 220 pF/ker ..... C1, C2
- 1 nF/100 V/MKT ..... C5, C15
- 100 nF/SMD/0805 . C3, C7, C8, C10, C18, C19, C22, C23
- 220 nF/63 V/MKT ..... C11
- 1 µF/63 V/MKT ..... C4
- 1 µF/100 V ..... C6, C9, C12
- 10 µF/25 V C16, C17, C20, C21, C24

**Halbleiter:**

- HT7150 ..... IC1
- MSM6722/SMD ..... IC3
- NE5532 ..... IC4

**Sonstiges:**

- Quarz, 4 MHz, HC49U4 ..... Q1
- Cinch-Einbaubuchse, print ..... BU1
- Schraubklemmleiste, 2-polig, print..... KL1
- Miniatur-Schiebeschalter, 1 x um.. S1
- Mini-Drucktaster, 1 x ein, 6 mm Tastknopflänge..... TA1–TA3
- Lötstift mit Lötöse ..... ST1–ST3
- Elektret-Einbaukapsel
- 6 cm Schaltdraht

Zur Spannungsversorgung kann eine un-stabilisierte Spannung im Bereich von 6 V bis 15 V oder z. B. auch eine 9-V-Batterie verwendet werden.



The screenshot shows the 'Test der Umwälzpumpe' (Test of circulation pump) interface. It features a bar chart titled 'Stromverbrauch in kWh/a' (Electricity consumption in kWh/a) comparing three scenarios: 'Alte Pumpe Ist-Zustand' (Old pump current state) at 876 kWh/a, 'Alte Pumpe optimiert' (Old pump optimized) at 300 kWh/a, and 'Neue Pumpe' (New pump) at 90 kWh/a. Below the chart, a table summarizes the cost savings:

|                       | Alte Pumpe Ist-Zustand | Alte Pumpe optimiert | Neue Pumpe |
|-----------------------|------------------------|----------------------|------------|
| Stromverbrauch        | 876                    | 300                  | 90 kWh/a   |
| mittlerer Strompreis  | 0,22                   | 0,22                 | 0,22 €/kWh |
| Stromkosten           | 196                    | 67                   | 20 €/a     |
| Abschreibung          | 40                     | 40                   | 40 €/a     |
| Vollkosten            | 236                    | 107                  | 60 €/a     |
| Einsparung Vollkosten |                        | 129                  | 176 €/a    |
| Amortisationszeit     |                        |                      | 2 Jahre    |

# Stromkosten senken mit dem PumpenCheck

**Heizungspumpen belasten wegen ihres hohen Stromverbrauchs häufig unbemerkt das Klima und die eigene Haushaltskasse. Dabei könnte der Pumpenstrom in vielen Heizungsanlagen um 80 Prozent gesenkt werden. Mit dem Online-Ratgeber PumpenCheck bietet ELV seinen Kunden an, in wenigen Minuten kostenlos im Internet zu prüfen, ob ihre Heizungspumpen wirtschaftlich arbeiten und ob sich der Austausch lohnt.**

## Energie sparen!

Energie sparen im Gebäudebereich erfordert nicht immer aufwändige und kostenintensive Sanierungsmaßnahmen. Schon mit geringem finanziellen und zeitlichen Aufwand lässt sich viel erreichen. Und auf den gewohnten Komfort muss ebenfalls nicht verzichtet werden. Was viele nicht wissen: Im Heizungskeller sitzen wahre Stromfresser. Denn zu den größten Einzelverbrauchern in Ein- und Mehrfamilienhäusern gehören die Heizungspumpen. Viele sind zu groß, die erzeugte Leistung übersteigt bei weitem den notwendigen Bedarf. Doch nicht allein deshalb ist der Stromverbrauch meist zu hoch. Die Pumpen sind sehr langlebig, daher verrichten in vielen Gebäuden bereits sehr betagte Exemplare ihren Dienst, die längst nicht mehr auf dem aktuellen technischen Stand sind. Dabei liegen in einem Einfamilienhaus die Kosten für eine neue Umwälzpumpe einschließlich Montage bei nur etwa 400 Euro. Schnell hat sich die Investition in diese einfache Maßnahme bezahlt gemacht,

denn die neue Pumpe kann Stromkosten von etwa 150 Euro jährlich einsparen.

Nicht immer ist ein Austausch nötig. Viele Pumpen sind einfach falsch eingestellt. Sie laufen auf der höchsten Stufe, dabei würde auch die niedrigste ausreichen. Besonders unsinnig ist der Stromverbrauch der Pumpen zu Zeiten, wo sie nicht benötigt werden: Wird die Heizung im Sommer abgestellt, bräuchte auch die Pumpe nicht zu arbeiten. Und auf den Betrieb der Pumpe fürs Warmwasser mitten in der Nacht könnte ebenfalls problemlos verzichtet werden.

## Ratgeber im Internet

Das Sparpotential bei Heizungspumpen haben schon viele Kunden von ELV erkannt. Mit dem interaktiven Online-Ratgeber PumpenCheck auf den Internetseiten von ELV erhielten sie eine Einschätzung des Verbrauchs ihrer Heizungspumpe. In wenigen Minuten erfuhren sie, ob sich in ihrem Fall ein Austausch empfiehlt oder die Pumpe besser eingestellt werden sollte. Der PumpenCheck ist derzeit bei ELV-Kunden der beliebteste von sechs Online-Ratgebern

zu den Themen Raumwärme, Modernisierung und Fördermaßnahmen auf [www.elv.de](http://www.elv.de): Seit Ende Januar überprüfte mehr als jeder Zweite der über 3600 Nutzer dieser Online-Beratungen seine Heizungspumpe und klickte sich zu seinem individuellen Ergebnis des PumpenChecks durch.

ELV ermöglicht seinen Kunden den direkten und kostenlosen Zugang zu diesem Service als Partner der Kampagne „Klima sucht Schutz“ ([www.klima-sucht-schutz.de](http://www.klima-sucht-schutz.de) der CO<sub>2</sub>online gGmbH), die vom Bundesumweltministerium gefördert wird.

Die Kampagne setzt sich insbesondere in Haushalten und im Kleinverbrauch für die Senkung des klimaschädlichen Kohlendioxidausstoßes ein. Mit den Online-Ratgebern bietet sie auf schnellem Wege geldwerte Informationen, Berechnungshilfen und Kontakte zu Experten zur Planung und Umsetzung von Energiesparmaßnahmen an.

## Umwälz- und Zirkulationspumpen

In vielen Gebäuden gibt es zwei Heizungspumpen, die unterschiedliche Auf-

gaben erfüllen: die Umwälzpumpe und die Zirkulationspumpe.

Die Heizungsumwälzpumpe pumpt das von der Heizung erwärmte Wasser zu den einzelnen Heizkörpern. Das abgekühlte Wasser wird gleichzeitig von dort wieder zurück zur Heizung geführt, wo es wieder erwärmt wird. Der Wirkungsgrad älterer Pumpen ist in vielen Heizungsanlagen gering. Häufig wurden nur etwa 10 bis 15 Prozent der elektrischen Energie in Pumpleistung umgesetzt. Inzwischen gibt es Umwälzpumpen mit gleicher Förderleistung, die aber eine um zwei Drittel geringere Leistungsaufnahme haben. Auch eine verbesserte Regelung moderner Pumpen spart zusätzlich Energie ein.

Zirkulationspumpen gibt es in Gebäuden mit zentraler Warmwasserbereitung. Sie sorgen dafür, dass warmes Wasser in den Trinkwasserleitungen zirkuliert, denn das von der Heizung erhitzte Trinkwasser kühlt in den Leitungen ständig ab. Damit beim Aufdrehen des Warmwassers nicht erst das ganze abgekühlte Wasser durchfließen



**Bild 1: Umwälzpumpen im Heizungskeller – hier wird oft unnötig viel Strom verbraucht.**

muss, pumpt die Zirkulationspumpe laufend erwärmtes Wasser durch die Trinkwasserleitungen. So ist sofort an jedem Wasserhahn und anderen Zapfstellen warmes Wasser verfügbar. Die Zirkulationspumpe erhöht damit den Komfort und verringert den Wasserverbrauch. Aber: Für ihren Betrieb benötigt sie Strom. Heutzutage verbrauchen übliche Pumpen zwischen 25 und 30 Watt. Bei einem Betrieb rund um die Uhr summiert sich das auf 200 bis 300 kWh im Jahr. Legt man einen Strompreis von 21 Cent pro Kilowattstunde zugrunde, sind das Stromkosten von 40 bis 60 Euro. Ein Problem dabei sind schlecht isolierte Wassersteigleitungen. Das Warm-

### Sechs Online-Ratgeber auf [www.elv.de](http://www.elv.de)

Die Online-Ratgeber unterstützen rund ums Energiesparen: zum Beispiel Eigentümer von Wohngebäuden bei energiesparenden Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand. Der „HeizCheck“ überprüft die Heizkosten und den Heizenergieverbrauch eines Gebäudes. Der Ratgeber „Heizkosten im Neubau“ hilft bei der Wahl des emissionsärmsten und kostengünstigsten Heizsystems. Der „Modernisierungsratgeber“ prüft die Wirtschaftlichkeit von Verbesserungsmaßnahmen, und der „Förderratgeber“ findet für die geplanten Modernisierungsmaßnahmen die passenden Förderprogramme. Im „BestPractice Archiv“ gibt es erfolgreiche Modernisierungsbeispiele aus ganz Deutschland.



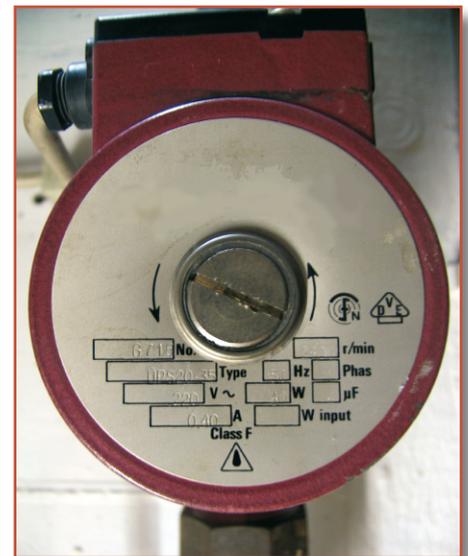
**Bild 2: Kostenlose Online-Ratgeber zu Raumwärme und Modernisieren auf [www.elv.de](http://www.elv.de).**

wasser verliert dann sehr schnell seine Wärme an die Umgebung und die Heizung muss das Wasser ständig neu erwärmen. Hohe Gas- und Ölpreise verteuern in diesem Fall den Betrieb der Zirkulationspumpe zusätzlich.

### Großes Einsparpotential

Das Einsparpotential durch den Einsatz richtig dimensionierter und effizienter Heizungspumpen, die auch nur dann arbeiten, wenn sie gebraucht werden, ist enorm. Erste Auswertungen der aus den Online-Ratgebern gewonnenen Daten bestätigen das. In den meisten deutschen Heizungskellern sind die Pumpen überdimensioniert oder falsch eingestellt. Bundesweit ließe sich mit der richtigen Technik so viel Strom sparen, dass man ein Kernkraftwerk mittlerer Größe abschalten könnte!

Am besten also, man schaut gleich selbst mit dem PumpenCheck nach, welche Maßnahmen bei der eigenen Heizungspumpe sinnvoll sind. Der Online-Ratgeber bewertet den Stromverbrauch und die



**Bild 4: Dank robuster Technik sind noch in vielen Heizungskellern längst veraltete Umwälzpumpen am Werk.**

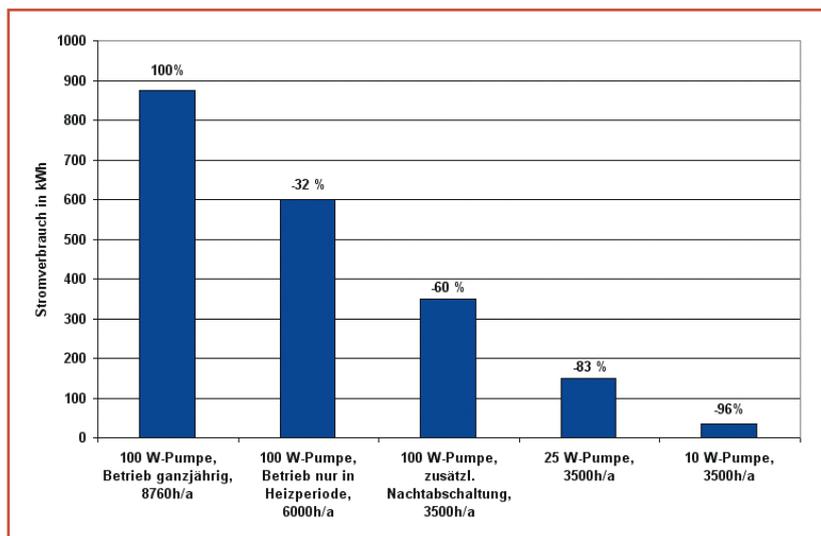
damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Umwälz- und Zirkulationspumpen. Und er zeigt, wie sich schon allein durch einen



**Bild 3: Auf einen Blick: Umweltschonende und energiesparende Produkte tragen das „Kein CO<sub>2</sub>“-Logo.**

### Energiesparende Produkte bei ELV

ELV hat als Partner der Kampagne „Klima sucht Schutz“ alle Artikel seines Sortiments, die sich durch ihren energiesparenden und damit CO<sub>2</sub> einsparenden Einsatz auszeichnen, mit dem „Kein CO<sub>2</sub>“-Logo der Klimaschutzkampagne gekennzeichnet.



**Bild 5: Lläuft die Umwälpumpe nur, wenn sie tatsächlich gebraucht wird, sinkt ihr Stromverbrauch um mehr als die Hälfte. Meist reichen zudem Pumpen mit geringerer Leistung. Das spart noch weitaus mehr.**

angepassten Pumpenbetrieb Stromkosten und Umweltbelastung mindern lassen. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung prüft, wie schnell sich der Austausch gegen eine neue Pumpe bezahlt macht. Unterschiedliche Preise für Strom und Anschaffung einer neuen Pumpe werden dabei berücksichtigt. Zudem bietet der PumpenCheck dem Nutzer die Möglichkeit, Herstellerinformationen anzufordern sowie Handwerker und Energieberater in seiner Umgebung zu kontaktieren.

Der Ratgeber wendet sich zum einen an Hauseigentümer und Hausverwalter. Zum anderen unterstützt er Handwerker der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik im Kundengespräch mit der fundierten Wirtschaftlichkeitsberechnung und Übersichten zu den Einsparmöglichkeiten bei Stromverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Damit können sie ihre Kunden leichter von der Notwendigkeit überzeugen, eine alte überdimensionierte Pumpe auszutauschen.

Auch als Mieter kann man seine Betriebsstromkosten überprüfen. Ob man zu viel zahlt oder nicht, erfahren Mieter im Online-Ratgeber „HeizCheck“ auf [www.elv.de](http://www.elv.de). Dieser bewertet neben dem Heizenergieverbrauch auch die Höhe der Kosten für den Betriebsstrom. Meist findet man diese unter der Rubrik „Heiznebenkosten“ auf der Heizkostenabrechnung angegeben. Mit einem vorformulierten Schreiben zum Ausdrucken bietet der HeizCheck Mietern

eine einfache Möglichkeit, die Hausverwaltung gegebenenfalls auf das Problem zu hoher Betriebsstromkosten aufmerksam zu machen.

Für ein genaues Ergebnis des PumpenChecks braucht man seine letzte Heizkostenabrechnung und man sollte sich im Heizungskeller den Pumpenhersteller und -typ sowie die maximale Leistung, angegeben in Watt (W), notieren. Bei regelbaren Pumpen benötigt man zusätzlich die eingestellte Leistungsstufe und, sofern angegeben, deren entsprechende Leistungsaufnahme. Sind die Daten gerade nicht zugänglich, verwendet der Ratgeber Schätzwerte aufgrund der Gebäudedaten und des ungefähren Pumpenalters.

### Meist überdimensionierte Pumpen

Die meisten Nutzer des Online-Ratgebers wollten es genau wissen und verwendeten nicht die vom Ratgeber voreingestellten Werte. Sie tippten die Daten vom Typenschild ihrer Pumpe ein. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern ist die Verschwendung riesig. 95 Prozent haben überdimensionierte Pumpen, knapp die Hälfte verbraucht mindestens fünfmal mehr als das Optimum, in manchen Häusern sogar zehnmals so viel. Das geht ziemlich ins Geld: Stromkosten von ein paar hundert Euro für die Pumpe kommen da schnell zusammen.

Der Mehrverbrauch ist nicht nur eine

Frage des Alters der Pumpen. Selbst neuere Pumpen sind mit durchschnittlichen 500 kWh Jahresverbrauch häufig zu groß. Pumpen mit mehr als 100 Watt sind offenbar keine Seltenheit, obwohl bei Ein- und Zweifamilienhäusern heutzutage 15 Watt ausreichen. Auch die durchschnittlich eingestellte Leistung liegt mit 80 Watt um das Fünffache über dem bei moderner Pumpentechnik Notwendigen. Ganz neue Geräte kommen sogar mit noch weniger aus.

Und auch bei den Mehrfamilienhäusern ließe sich richtig viel sparen. Bei drei von vier der untersuchten Nutzer verbrauchte die Pumpe zu viel Strom. Bei über 40 Prozent war der Verbrauch mehr als doppelt so hoch wie eigentlich notwendig.

Einer der Gründe, weshalb in den meisten Gebäuden zu große Pumpen am Werk sind, ist, dass der so genannte „hydraulische Abgleich“ nicht gemacht wurde. Diese Abstimmung der Heizkörperventileinstellungen im ganzen Gebäude aufeinander ist für eine gleichmäßige Wärmeverteilung wichtig. Allerdings ist dieser Abgleich zeitaufwändig und mit viel Lauferei im Gebäude verbunden. Zudem müssen bei Mehrfamilienhäusern alle Wohnungen zugänglich sein. Daher ist diese Prozedur bei manchem Handwerker nicht sonderlich beliebt. Oder es verzichten die Eigentümer aus Kostengründen darauf.

Selbst wenn die Pumpe ausgetauscht wird, weil die alte defekt war, wird offenbar selten die Pumpenleistung den Erfordernissen angepasst. Handwerker machen es sich zuweilen einfach und tauschen altersschwache Pumpen einfach gegen neue Pumpen gleicher Länge und Leistung aus, nach dem Grundsatz: Da kann nix schief gehen, die reicht dann auf jeden Fall. Dagegen sagt auch kaum ein Hausbesitzer was, und so verschleudert die neue Pumpe ebenfalls weiterhin unbemerkt Geld. Auch wenn der ein oder andere Handwerker das Gegenteil behaupten mag: Die neue Pumpe darf ruhig kürzer sein – man benötigt dann lediglich zusätzliche Ausgleichstücke zum Anschluss an die Heizungsrohre.

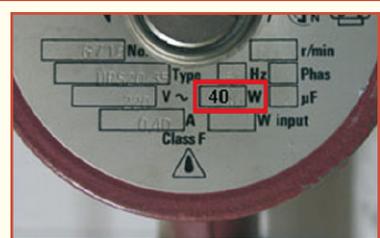
### Geld gespart im Handumdrehen

Nicht immer ist gleich ein Austausch nötig. Ist die Pumpe regelbar, kann man geringere Leistungsstufen ausprobieren. Fließgeräusche in den Heizungsrohren deuten auf eine zu hohe Einstellung hin.

### Vorgaben der Heizanlagenverordnung

Nach der Heizungsanlagenverordnung ist vorgeschrieben, dass die elektrische Leistungsaufnahme von neuen Umwälpumpen sich selbsttätig dem Bedarf in mindestens drei Stufen anpasst. Das gilt sowohl für den erstmaligen Einbau als auch für den Ersatz in Heizungsanlagen mit mehr als 25 Kilowatt Nennwärmeleistung, sofern keine sicherheitstechnischen Belange des Heizkessels dem entgegenstehen, siehe EnEV 2002, § 12 Abs. (3). Diese elektronisch geregelten Pumpen sorgen von allein für den energiesparendsten Betrieb.

**Bild 6: Die wichtigsten Daten stehen in der Regel auf der Pumpe.**

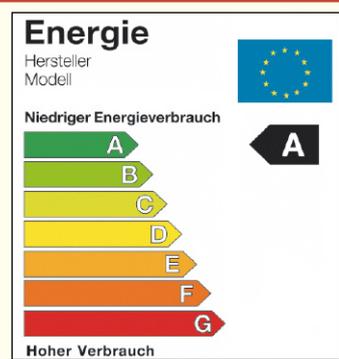


Werden die Heizkörper auch bei der niedrigsten Stufe gut warm, reicht diese völlig aus und man spart eine Menge dabei. Als Faustregel gilt: ein Watt pro Heizkörper genügt. Wer es gerne besonders warm hat, geht mit zwei Watt auf Nummer sicher.

Luft im Heizkreis sollte natürlich vermieden werden, weil dies die Stromaufnahme erhöht. Plätschern oder glucksen die Heizkörper, ist es ratsam, sie zu entlüften. Der Grund für Luft im System ist ein zu geringer Wasserdruck. Dieser muss ausreichen, um auch noch den höchsten im Gebäude befindlichen Heizkörper genügend zu durchfließen. Dazu muss der Vordruck der Heizungsanlage korrekt eingestellt sein: Bei ausgeschalteter Heizung kann man den

### Energielabel für Heizpumpen

Bei Haushaltsgroßgeräten wie Kühlschränken und Waschmaschinen ist die Verwendung des EU-Labels zur Kennzeichnung des Energieverbrauchs schon lange üblich. Seit Herbst 2005 gibt es die Kennzeichnung mit den sieben Klassen von A bis G auch für Heizungsumwälzpumpen. So weiß der Kunde auf einen Blick, wie der Stromverbrauch einer Pumpe im Vergleich zu durchschnittlichen Geräten ist. Pumpen der ersten drei Klassen verbrauchen deutlich weniger Strom. Bei mit Klasse A gekennzeichneten Pumpen sind sogar Einsparungen bis zu 80 Prozent gegenüber dem Durchschnitt möglich.



**Bild 7: Farben und Buchstaben des Energielabels signalisieren den Stromverbrauch neuer Pumpen.**

The screenshot shows the 'PumpenCheck' interface. It includes a welcome message, a form for 'PLZ des Gebäudestandortes', 'Welche Pumpe möchten Sie testen?' (with a dropdown menu), 'Baujahr der Pumpe', and 'Ich bin...'. Navigation buttons for '<- Zurück zu den Ratgebern' and 'Weiter ->' are visible.

**Bild 8: Schrittweise führt der Ratgeber durch den Test.**

Vordruck am Manometer des Heizungskessels ablesen. Der Druck von einem Bar reicht für zehn Meter Gebäudehöhe.

Zurück zum PumpenCheck: Zunächst muss der zu testende Heizungspumpentyp gewählt werden. Das Baujahr der Pumpe ist für eine Abschätzung der Pumpenleistung nötig, falls nicht die tatsächlichen Leistungsdaten der Pumpe zur Verfügung stehen. Über die Postleitzahl werden am Ende der Online-Beratung Fachleute aus der Nähe vorgeschlagen, damit weitere Schritte bei einem empfohlenen Austausch der Pumpe gleich umgesetzt werden können. Info-Button erläutern im ganzen Ratgeber die erforderlichen Angaben und die einzelnen Ergebnisse.

Die Auswertung der bisherigen Online-Beratungen ergab, dass jede zweite Umwälzpumpe bereits älter als 10 Jahre ist. Damit ist die technische Lebensdauer eigentlich erreicht. Fast jede sechste

Pumpe hatte sogar schon mehr als 20 Jahre gedient, obwohl schon nach zehn Jahren ein Austausch meistens sinnvoll ist. Denn alte Pumpen haben einen viel schlechteren Wirkungsgrad und moderne Pumpen kommen mit einem Bruchteil des Stroms aus. Steht ein Austausch an, ist es ratsam, das vor Beginn der nächsten Heizperiode zu tun. Sonst fällt der Austausch womöglich auf einen Tag, an dem man keinesfalls auf die Heizung verzichten möchte.

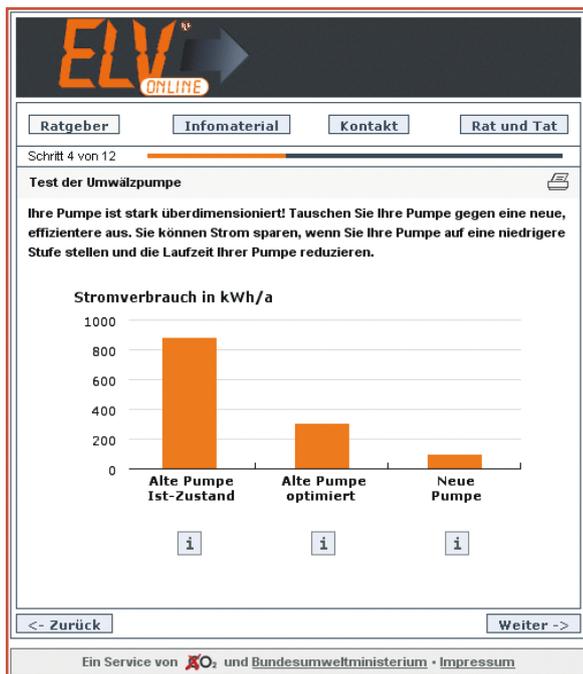
Die meisten Nutzer des PumpenChecks haben bislang ihre Umwälzpumpe überprüft, daher wird dieser Test im Folgenden genauer beschrieben. Beim Test der Zirkulationspumpe wird zudem zusätzlich nach der Rohrenweite der Trinkwarmwasser-Hauptverteilung gefragt und, wenn es sich um ein Mehrfamilienhaus handelt, nach der Anzahl der

Wohneinheiten. Bei Mehrfamilienhäusern sind diese Angaben häufig nur der Hausverwaltung bekannt.

Zur Bewertung der alten Umwälzpumpe und gegebenenfalls für die Auswahl einer neuen Pumpe sind im nächsten Schritt Angaben zum Gebäudetyp und -Baujahr erforderlich sowie zur verwendeten Energieträger und der Art der Warmwasserbereitung. Letztere stehen gewöhnlich in

der Heizkostenabrechnung. Bei Mehrfamilienhäusern wird zur Bestimmung der Förderhöhe zusätzlich nach der Geschossanzahl gefragt. Der Test eignet sich nicht für Gebäude mit Gasetagenheizung und nur für Gebäude mit gewöhnlichen Heizkörpern. Bei einer Fußbodenheizung kann der Ratgeber deren komplizierte hydraulischen Verhältnisse nicht abbilden.

Die im Ratgeber voreingestellten Werte zum Heizenergieverbrauch werden pauschal über das Gebäudealter berechnet. Diese Werte können vom Nutzer überschrieben werden. Nach Eingabe der eigenen Verbrauchsdaten sind noch die oben beschriebenen Angaben zur Heizungspumpe erforderlich. Aus der Datenbank des Ratgebers kann der Nutzer Hersteller und Typ seiner eigenen Pumpe auswählen. Pumpenleistung und Anzahl der Leistungsstufen werden dann automatisch aus der Datenbank übernommen. Ist die eigene Pumpe nicht aufgeführt, ist die an der Pumpe abgelesene Leistung einzutragen. Ansonsten wird die Pumpenleistung anhand



**Bild 9: Der PumpenCheck vergleicht den Verbrauch der eigenen Pumpe mit dem einer passenden neuen.**

Schritt 10 von 12

Test der Umwälzpumpe

Minderung der Jahresvollkosten

|                       | Alte Pumpe<br>Ist-Zustand | Alte Pumpe<br>optimiert | Neue<br>Pumpe |       |   |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|-------|---|
| Stromverbrauch        | 876                       | 300                     | 90            | kWh/a | i |
| mittlerer Strompreis  | 0,22                      | 0,22                    | 0,22          | €/kWh | i |
| Stromkosten           | 196                       | 67                      | 20            | €/a   | i |
| Abschreibung          | 40                        | 40                      | 40            | €/a   | i |
| Vollkosten            | 236                       | 107                     | 60            | €/a   | i |
| Einsparung Vollkosten |                           | 129                     | 176           | €/a   | i |
| Amortisationszeit     |                           |                         | 2             | Jahre | i |

<- Zurück Weiter ->

Ein Service von und Bundesumweltministerium • Impressum

**Bild 10: Tabellen im Ratgeber ermöglichen den übersichtlichen Vergleich der wichtigsten Werte.**

mit verkürzter Betriebszeit, verbrauchen würde: Bei Umwälzpumpen geht der Ratgeber von 6000 Stunden Betrieb im Jahr aus, statt ganzjährig 8760 Stunden. Bei Zirkulationspumpen wird mit einem optimalen Betrieb von 18 Stunden täglich gerechnet. Beim Ergebnis wird schnell klar: Es

ist nicht immer ein Austausch der Pumpe notwendig, um große Einsparungen zu erreichen. Eine bedarfsorientierte Nutzung erreicht auch schon viel.

Moderne Pumpen arbeiten mit intelligenter Elektronik lastgesteuert. Sie pumpen tatsächlich nur bei Bedarf. Sie schalten sich sogar während der Nachtabsenkung der Heizung zurück. Der Ersatz einer alten überdimensionierten Pumpe durch eine elektronisch geregelte könnte daher bis zu 80 Prozent des Stroms für die Heizpumpe einsparen!

### Klimaschutz im Heizungskeller

Für eine Kilowattstunde Strom benötigt man die dreifache Menge an eingesetzter Primärenergie. Daher gilt Strom als besonders wertvolle Energieform. Sofern man nicht Ökostrom bezieht, ist daher gerade für die Stromherstellung der CO<sub>2</sub>-Ausstoß besonders hoch. Die Heizungspumpen intelligenter zu nutzen, bedeutet, große Mengen Kohlendioxid in den Strom produzierenden Kraftwerken einzusparen. Allein durch passende und richtig eingestellte Pumpen in privaten Haushalten wären in Deutschland Kohlendioxid-Einsparungen zwischen vier und sechs Millionen Tonnen möglich. Bei den im PumpenCheck getesteten Ein- und Zweifamilienhäusern ließen sich im Mittel über 300 kg CO<sub>2</sub> im Jahr einsparen, bei den Mehrfamilienhäusern wären es über 600 kg jährlich.

Für einen übersichtlichen Vergleich zeigt der PumpenCheck die möglichen Einsparungen zusätzlich in Tabellen an. So sieht man schnell, wie viel Strom und CO<sub>2</sub> durch die optimale Nutzung der vorhandenen Pumpe oder den Austausch durch eine passende moderne Pumpe eingespart werden kann.

### Wirtschaftlichkeit prüfen

Auch wenn der Nutzen für die Umwelt und die großen Einsparungen beim Stromverbrauch offensichtlich sind, die Wirtschaftlichkeit der Investition in eine neue Heizungspumpe bleibt für viele entscheidend. Mehr Sicherheit bei der Entscheidung für eine neue, effizientere Pumpe ermöglicht daher der Vollkostenvergleich im PumpenCheck. Die zur Berechnung voreingestellten Werte für Strompreis, dessen vermutete Steigerung in den nächsten zehn Jahren sowie die Kosten für Kauf und Einbau einer neuen Pumpe lassen sich im Ratgeber überschreiben.

Auch hier bieten eine grafische und tabellarische Übersicht den Vergleich der jährlichen Stromkosten der alten Pumpe mit denen bei ihrem optimierten Betrieb sowie mit denen einer passenden neuen Pumpe. Die gesparten Kosten und die Vollkosten über einen zehnjährigen Nutzungszeitraum werden ebenfalls berechnet. In die Vollkosten gehen bei der neuen Pumpe neben den Stromkosten für den Betrieb auch die Investitionen für die Pumpe selbst und deren Einbau mit ein. Aus dem Vergleich der Vollkosten der neuen Pumpe mit dem momentanen Stromverbrauch der alten Pumpe ergibt sich die Amortisationsdauer. Sie gibt an, nach welcher Zeit die eingesparten Stromkosten die Ausgaben für die neue Pumpe wettgemacht haben. Ein Austausch lohnt sich wirtschaftlich, wenn sich die neue Pumpe innerhalb der technischen Lebensdauer der Pumpen von zehn Jahren amortisiert. Bei Pumpen, die älter als zehn Jahre sind, wird generell der Austausch empfohlen. Und tatsächlich rechnet sich der Austausch bei jedem zweiten Nutzer des PumpenChecks. Der Einbau der neuen Pumpe zahlte sich im Schnitt in weniger als fünf Jahren aus.

Ein Vorschlag für eine seinen Anforderungen entsprechende Pumpe bekommt der Nutzer am Ende des Ratgebers. Nach Postleitzahlen werden ihm zudem Handwerker und Energieberater in seiner Nähe vorgeschlagen, die ihn weitergehend beraten und den Austausch der Pumpe vornehmen können. Die Ergebnisse und Empfehlungen aus der Online-Beratung einschließlich seiner Nutzerangaben kann er sich als übersichtliches Datenblatt an seine E-Mail-Adresse zuschicken lassen.

Dass sich der PumpenCheck in vielen Fällen als nützlich erweist, ergab eine vorläufige Befragung von Nutzern: Mehr als die Hälfte haben ihre Pumpe bereits ausgetauscht oder werden es noch tun, 80 Prozent gegen eine kleiner dimensionierte. Und neun von zehn Nutzern orientieren sich bei der Wahl der neuen Pumpe an den Empfehlungen des PumpenChecks.

des Alters der Pumpe sowie der Angaben zu Gebäude und Verbrauch geschätzt.

### Viele Pumpen im Dauerbetrieb

Anschließend fragt der Ratgeber nach den Nutzungszeiten der Pumpe.

Das erschreckende Ergebnis bisheriger Nutzer: 40 Prozent der Pumpen in Mehrfamilienhäusern und annähernd die Hälfte in Ein- und Zweifamilienhäusern laufen das ganze Jahr durch, auch außerhalb der Heizperiode. Das treibt den jährlichen Stromverbrauch der Umwälzpumpen auf über 500 kWh, fünfmal so viel wie eigentlich nötig wären. Offenbar wissen viele nicht: Umwälzpumpen können abgeschaltet werden, wenn die Heizung ausgeschaltet ist. Um in dieser Zeit Lagerschäden vorzubeugen, kann man die Pumpe einmal die Woche für ein paar Minuten einschalten. Entsprechendes gilt für die Betriebszeiten von Zirkulationspumpen. Nachts ist die Nachfrage nach heißem Wasser in der Regel gering. Mit einer einfachen Zeitschaltuhr lässt sich der Pumpenbetrieb auf die Stunden begrenzen, in denen er wirklich benötigt wird. Die aktuellen gesetzlichen Anforderungen für den Einbau von Zirkulationspumpen in Warmwasseranlagen verlangen ohnehin, dass diese mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung ausgestattet sind, siehe EnEV 2002, § 12 Abs. (4).

Ein Drittel der Pumpenstromkosten könnte man sparen, wenn die Umwälzpumpen nur während der Heizperiode und die Zirkulationspumpen für das Warmwasser nur tagsüber in Betrieb wären.

Im nächsten Schritt rechnet der PumpenCheck aus, wie viel die vom Nutzer angegebene Heizungspumpe im optimierten Fall, das heißt auf niedrigster Stufe und



# Ihre Umwälzpumpe ist defekt oder verbraucht zu viel Energie?

*In diesem Artikel zeigen wir Ihnen anschaulich, wie Sie Ihre Umwälzpumpe überprüfen und austauschen können.*

Das Auswechseln einer richtig installierten Heizungspumpe gehört zu den leichteren Wartungsaufgaben, die sich auch problemlos von Laien erledigen lassen.

Bevor Sie jedoch mit der Demontage der Pumpe anfangen, sollten Sie sich vergewissern, dass die Pumpe tatsächlich defekt ist:

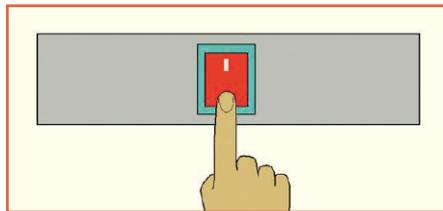
Wenn Sie eine „verdächtige“ Pumpe mit der Hand umklammern, können Sie fühlen, ob sie läuft.

Wenn die geprüfte Pumpe über einen mehrstufigen Leistungs-/Drehzahl-Schalter verfügt, ändern sich die sanften inneren Vibrationen der Pumpe während des Umschaltens spürbar. Bei einer Pumpe, die bereits einige Stunden lang nicht mehr drehte, ist zudem das Ausgangsrohr wesentlich kälter als das Eingangsrohr (weil das heiße Wasser durch die Pumpe nicht weiterbefördert wird).

Sobald es feststeht, dass die Pumpe tatsächlich nicht läuft, können Sie folgende Schritte vornehmen:

## Schritt 1

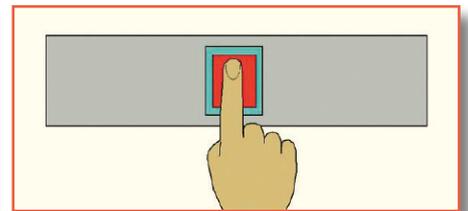
### Ausschalten



Schalten Sie den Kessel-Hauptschalter aus.

## Schritt 3

### Einschalten



Schalten Sie den Kessel-Hauptschalter wieder ein.

## Schritt 2

### Deckel öffnen

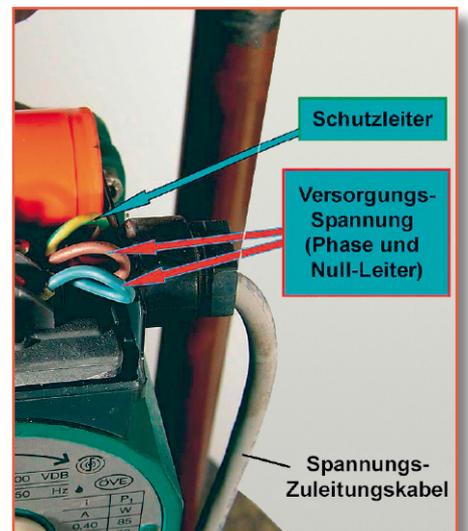


Schraube der Klemmenabdeckung des Pumpenmotors

Schrauben Sie den Deckel des Pumpenanschlusses auf.

## Schritt 4

### Spannung messen



Jetzt müsste an der Pumpe Spannung anliegen, die an den entsprechenden

**FRANZIS**  
IM HAUS BAND 1

**Öl- und Gasheizung selbst warten und reparieren**

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

So einfach ist Wartung  
Wie tun, wenn die Heizung plötzlich ausfällt  
Reparaturarbeiten am Heizkessel  
Wärmepumpen und Heizkörper

Dieser Artikel stammt aus dem Buch „**Öl- und Gasheizung selbst warten und reparieren**“ und wurde mit freundlicher Genehmigung des **Franzis-Verlages** zur Verfügung gestellt.

## Hinweis:

Die Speicherpumpe können Sie einfach dadurch stoppen, dass Sie den Temperaturregler des Speichers ganz tief herabdrehen.

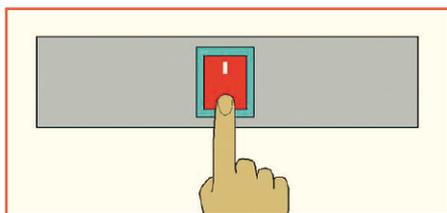
Anschlussklemmen des Elektromotors mit einem Voltmeter messbar sein sollte. Vergewissern Sie sich aber vorher, für welche Versorgungsspannung die Pumpe ausgelegt ist. Die meisten Pumpen sind für eine 230-Volt-Versorgungsspannung (Netzspannung) ausgelegt. Das steht dann deutlich auf dem Typenschild der Pumpe. Einige der „modernerer“ drehzahlgesteuerten Pumpen arbeiten mit niedrigeren Spannungen, die ebenfalls auf den Typenschildern der Motoren (und auch in den technischen Unterlagen der Heizungsanlage) aufgeführt sind.

Die Kontrolle der Versorgungsspannung ist bei moderneren Heizungsanlagen dadurch erschwert, dass nur eine von den angesprochenen drei Pumpentypen ständig läuft: die Zirkulationspumpe der Warmwasser-Ringleitung – vorausgesetzt, sie ist direkt an das Netz (und nicht an einen elektronischen Taktgeber) angeschlossen. Die Heizkreispumpe läuft zwar überwiegend ununterbrochen, kann jedoch bei einer „Vorrangschaltung“ vorübergehend automatisch gestoppt werden, um ein schnelles Aufheizen des Brauchwassers zu erwirken. Sie müsste aber auf jeden Fall laufen, wenn das Wasser im Speicher voll auf die vorgegebene Temperatur aufgeheizt ist (und wenn die Speicherpumpe nicht läuft).

**Stellt sich bei der zu prüfenden Pumpe heraus, dass sie keine Versorgungsspannung erhält, liegt der Defekt in der elektronischen Steuerung bzw. im Anschluss. Stellen Sie dagegen fest, dass die Pumpe ihre Versorgungsspannung erhält, aber trotzdem nicht pumpt, wird höchstwahrscheinlich der Pumpen-Elektromotor defekt sein. Ganz selten kann es vorkommen, dass z. B. eine Kalkschicht den Pumpenrotor „verklebt“ und er nicht mehr aus eigener Kraft anlaufen kann. Das lässt sich folgendermaßen kontrollieren und beheben:**

## Schritt 5

### Ausschalten



Schalten Sie den Kessel-Hauptschalter aus.

## Schritt 6

### Kappe abziehen



Auf der Pumpenwelle befindet sich eine Schraube (Messingschraube), die üblicherweise mit einer runden, flachen Kunststoffkappe abgedeckt ist.

Entnehmen Sie diese Abdeckung, die nur leicht eingedrückt ist (ggf. hilft ein Messer oder ein kleiner Schraubendreher).

## Schritt 7

### Entlüften



Die jetzt zugängliche Messingschraube ist mit einem Schlitz für einen Schraubendreher versehen und dient vor allem zum Entlüften der Pumpe bei erster Inbetriebnahme. Bevor Sie die Schraube heraus-schrauben, müssen Sie die beiden Absperrventile an beiden Seiten der Pumpe schließen (ansonsten fließt Heizungswasser ungehindert heraus).

Sind diese Ventile geschlossen, wird zwar noch ein wenig Wasser aus der Pumpe herausfließen, aber das lässt sich mit einer kleinen Schüssel auffangen.

## Schritt 8

### Welle lockern

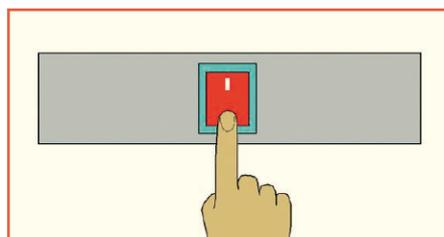


Nachdem Sie die Messingschraube herausgeschraubt haben, wird ein Schraubendreher-Schlitz in der Welle des Pumpenmotors zugänglich (und sichtbar). Setzen Sie in diesen Schlitz einen angemessen großen Schraubendreher und drehen Sie an der Welle des Pumpenmotors in die Richtung, die auf der Pumpe mit einem Pfeil angedeutet ist. Wenn Sie bei diesem Versuch feststellen, dass die Pumpe tatsächlich festgeklemt war und dass sie sich nun wieder locker mit dem Schraubendreher drehen lässt, können Sie – ohne die Absperrventile zu öffnen – den Kessel-Hauptschalter probeweise einschalten, um zu prüfen, ob nun die Pumpe wieder läuft. Wenn ja, dann bringen Sie alles in den ursprünglichen Zustand zurück, und die Reparatur ist damit beendet.

Stellt sich heraus, dass die Pumpe trotz der Lockerung nicht mehr läuft, dann muss sie durch eine baugleiche Pumpe ersetzt werden. Gehen Sie nun zum nächsten Schritt über.

## Schritt 9

### Ausschalten



Haben Sie in der Zwischenzeit während der Fehlersuche den Hauptschalter eingeschaltet, so schalten Sie ihn wieder aus bzw. ziehen Sie den Stecker der Zirkulationspumpe aus der Steckdose heraus.

## Schritt 10

### Spannungskontrolle



Überprüfen Sie mit einem Phasenprüfer, ob die Stromanschluss-Klemmen der Pumpe tatsächlich spannungsfrei sind.

## Schritt 11

### Kabelverschraubung



Drehen Sie mit einem Gabelschlüssel die Kabelanschluss-Verschraubung am Pumpenmotor heraus.

## Schritt 12

### Gummiabdichtung



Ziehen Sie aus dem Innengewinde der Verschraubung die Kabel-Gummiabdichtung heraus.

## Schritt 13

### Stromanschluss



Bevor Sie das Anschlusskabel losschrauben, notieren Sie sich die Reihenfolge der Anschlüsse. Lösen Sie dann die Anschlussklemmen und ziehen Sie das gelöste Kabelende aus dem Pumpengehäuse heraus.

Die eigentliche Stromversorgung einer herkömmlichen 230-Volt-Umwälzpumpe benötigt nur zwei Leiter: die Phase und den Null-Leiter. Ihre eventuelle Verwechslung hat keinen Einfluss auf den Pumpenlauf. Falls bei Ihrer Pumpe ein Kabel mit drei Adern verwendet wurde, wovon die dritte (gelb/grüne) Ader als Schutzleiter an die Schutzleiter-Klemme des Pumpenkörpers angeschlossen ist, darf dieser Leiter auf keinen Fall mit den anderen Leitern verwechselt werden. Ein Schutzleiter ist unbedingt für eine Pumpe erforderlich, die mit den restlichen metallischen Heizungsteilen über Kunststoffrohre verbunden ist.

## Schritt 14

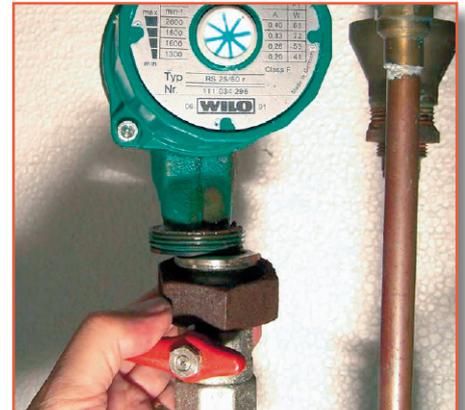
### Demontage



Schließen Sie die Absperrentile (Wasserhähne), die vor und hinter der Umwälzpumpe angebracht sind. Schrauben Sie anschließend mit einer größeren Wasserpumpenzange oder mit einem großen Rollgabelschlüssel die alte Pumpe an ihren beiden Enden ab.

## Schritt 15

### Montage

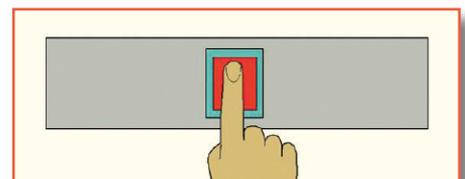


Messen Sie vor dem Kauf einer neuen Umwälzpumpe mit einem Messschieber (Schieblehre) die „Schlüsselgröße“ der Mutter, den Durchmesser des Gewindes an den Pumpenenden und die Montagelänge der alten Pumpe. Die Schlüsselgröße bewegt sich bei den meisten Pumpenverschraubungen zwischen ca. 38 und 54 mm. Den Gewinde-Durchmesser und die Montagelänge der Pumpe können Sie beim Kauf einer neuen Pumpe angeben (und nachmessen), um unangenehmen Enttäuschungen vorzubeugen, denn es sind viele Bauteile im Handel, die kompatibel aussehen, aber nicht passen.

Wenn sich die neue Pumpe an den vorgesehenen Platz nicht leicht einschieben lässt, kann sie sanft mit einem Gummihammer hineingeklopft werden. Drehen Sie anschließend die beiden Pumpenmuttern ausreichend kräftig fest (die Verbindung muss ja perfekt wasserdicht sein). Schließen Sie das Elektrokabel wieder ordnungsgemäß an den Pumpenmotor an und drehen Sie anschließend die beiden Pumpen-Absperrventile wieder auf. Trocknen Sie sorgfältig die Pumpenverschraubungen mit einem Tuch und kontrollieren danach mit dem Finger, ob sie ausreichend dicht sind.

## Schritt 16

### Einschalten



Jetzt können Sie den Kessel-Hauptschalter wieder einschalten oder (alternativ) die neue Warmwasser-Zirkulationspumpe an die Netzspannung anschließen. Die Pumpe müsste nun laufen, und die Reparatur ist damit erfolgreich abgeschlossen. **ELV**



**Spannungswerte per Funk übertragen!**

**Empfänger mit USB-Anschluss**

# Funk-Messwertübertragung Teil 2

**Mit der Kombination aus einem Funk-Messwert-Sender FM3 TX und einem Funk-Messwert-Empfänger FM3 RX lassen sich gemessene Spannungswerte per Funk übertragen. In diesem Teil des Artikels beschreiben wir die Schaltungen und erklären den Nachbau der beiden Komponenten.**

## Schaltung

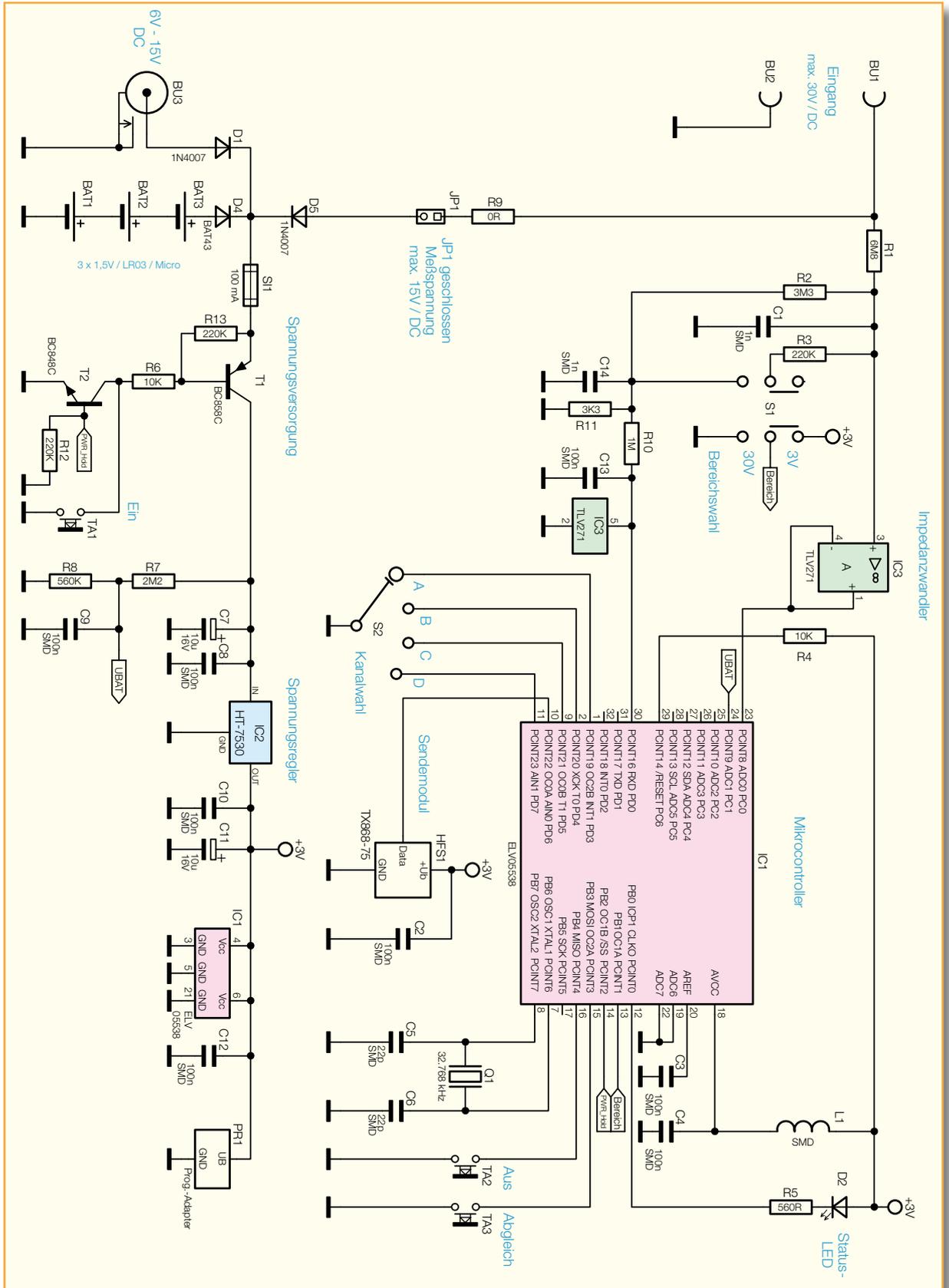
### Funk-Messwert-Sender FM3 TX

Die Schaltung des Funk-Messwert-Senders ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Messwerte werden mit dem internen Analog-Digital-Wandler des Mikrocontrollers IC 1 erfasst und in Form eines Funkprotokolls über das Sendemodul HFS 1 ausgestrahlt.

Über den Eingangsbuchsen BU 1 und BU 2 liegt die zu messende Spannung an und wird über den hochohmigen Eingangsspannungsteiler, bestehend aus den Widerständen R 1 und R 2, der internen Referenzspannung des Mikrocontrollers mit 1,1 Volt angegeben, wegen des weiten Toleranzbereichs und der Toleranzen der Widerstände ist der Eingangsspannungsteiler so dimensioniert, dass die maximale

Spannung am Eingang des AD-Wandlers 1 Volt nicht überschreitet. Der Widerstand R 3 wird für den Messbereich bis 30 Volt mit dem Schiebeschalter S 1 parallel zum Widerstand R 2 geschaltet. Über den zweiten Kontakt des Schiebeschalters ändert sich der Spannungspegel am Anschluss-„Bereich“ des Mikrocontrollers IC 1, so dass dieser die zum gewählten Messbereich gehörigen Kalibrierungsdaten in die Messungen einrechnet und im Funkproto-

**Bild 4:**  
Schaltbild des  
Funk-Mess-  
wert-Senders  
FM3 TX



koll vermerkt, um welchen Messbereich es sich handelt.

Der Eingangsspannungsteiler ist nicht direkt mit Masse verbunden, sondern mit einer durch R 10 und R 11 erzeugten, virtuellen Masse. Damit soll verhindert werden, dass der Operationsverstärker IC 3,

für den hier keine negative Versorgungsspannung zur Verfügung steht, an die untere Grenze seines Arbeitsbereichs gerät. Der Operationsverstärker IC 3 ist als Impedanzwandler geschaltet und übergibt das Messsignal mit einer Spannungsverstärkung von 1 quasi unverändert an den

AD-Wandler. Der Impedanzwandler ist erforderlich, da der AD-Wandler selbst wegen seiner internen Schutzdioden nicht für einen so hochohmigen Eingangsspannungsteiler geeignet ist. Die Spannungsversorgung der Eingangsschaltung wird von einem Anschlusspin des Mikrocontrollers

IC 1 nur für den Zeitraum der Messung eingeschaltet, um die Stromaufnahme gering zu halten.

Die Kondensatoren C 1, C 14 und C 13 filtern das Eingangssignal und die Versorgungsspannung des Operationsverstärkers IC 3 und erhöhen damit die Störfestigkeit der Schaltung.

Die Betriebsspannung des FM3 TX wird durch die Dioden D 1, D 4 oder D 5 entweder über die Kleinspannungsbuchse BU 3, die Batterien BAT 1 bis BAT 3 oder die Eingangsbuchsen bezogen. Die Spannung aus den Eingangsbuchsen kann mit dem Jumper JP 1 je nach Bedarf zu- oder abgeschaltet werden.

Über die Sicherung SI 1 und den Schalttransistor T 1 wird die Betriebsspannung weitergeleitet an den Spannungsregler IC 2. Der Schalttransistor T 1 mit seinem Basisspannungsteiler aus den Widerständen R 13 und R 6 wird beim Einschalten vom Taster TA 1 durchgesteuert und später mittels Transistor T 2 weiterhin im Sinne einer Selbsthaltung durchgesteuert. Die Basis von Transistor T 2 wird dabei über einen internen Pull-up-Widerstand des Mikrocontrollers IC 1 so lange mit Strom versorgt, bis der FM3 TX wieder ausgeschaltet wird. Im ausgeschalteten Zustand sorgt der Widerstand R 12 dafür, dass kein ungewollter Strom durch die Basis vom Transistor T 2 fließt.

Mit dem Spannungsteiler aus den Widerständen R 7 und R 8 wird die Betriebsspannung abgegriffen und dem AD-Wandler des Mikrocontrollers IC 1 zugeführt, damit der Zustand der Batterien ermittelt werden kann. Der Kondensator C 9 filtert dabei die zu messende Spannung.

Der Spannungsregler IC 2 ist zum Filtern der Betriebsspannung und zur Schwingneigungsunterdrückung mit den Kondensatoren C 8 und C 10 sowie den Elkos C 7 und C 11 beschaltet. Die weiteren Kondensatoren C 2 und C 12 filtern zusätzlich die Betriebsspannung am Sendemodul HFS 1 und am Mikrocontroller IC 1.

Der interne Analog-Digital-Wandler wird über einen eigenen Anschlusspin mit Spannung versorgt, die mittels der Spule L 1 und des Kondensators C 4 gefiltert wird. Die interne Referenzspannung wird über einen weiteren Anschlusspin herausgeführt und durch den Kondensator C 3 stabilisiert.

Des Weiteren sind an den Mikrocontroller IC 1 noch die Taster TA 2 und TA 3 sowie der Schiebeschalter S 2 angeschlossen, die beim Schalten die jeweiligen internen Pull-up-Widerstände des Mikrocontrollers gegen Masse kurzschließen können. Um die Stromaufnahme gering zu halten, werden die internen Pull-up-Widerstände, die mit dem Schiebeschalter S 2 verbunden sind, nur bei der zyklischen Abfrage des Schie-

beschalters aktiviert. In den Pausen liegen diese Anschlüsse auf Masse.

Das Mess- bzw. Sendeintervall wird mit einem internen Timer des Mikrocontrollers IC 1 erzeugt, dessen Frequenz Quarz Q 1 bestimmt. Die Kondensatoren C 5 und C 6 bilden die erforderlichen Lastkapazitäten für den Quarz.

Die Status-LED D 2 wird vom Mikrocontroller IC 1 über den Vorwiderstand R 5 angesteuert.

Der Widerstand R 4 soll einen ungewollten Reset des Mikrocontrollers IC 1 während des Betriebs verhindern. Eine interne Power-on-Reset-Schaltung sorgt beim Einschalten für eine ausreichend lange Reset-Phase.

## Funk-Messwert-Empfänger FM3 RX

Die Schaltung des Funk-Messwert-Empfängers FM3 RX (Abbildung 5) ähnelt der Schaltung des Funk-Messwert-Senders FM3 TX in einigen Punkten. So wird z. B. der gleiche Mikrocontroller eingesetzt und auch die Abfrage von Schiebeschalter S 1 und der Taster TA 2 und TA 3, die Signalisierung mit der Status-LED D 8 und ihrem Vorwiderstand R 14 sowie der Widerstand R 12 am Reset-Anschluss funktionieren beim FM3 RX in gleicher Weise wie beim FM3 TX.

Der Keramikresonator Q 2 bestimmt den Arbeitstakt des Mikrocontrollers IC 2. Beim Filtern der Versorgungsspannung für den internen Analog-Digital-Wandler des Mikrocontrollers wurde auf eine Spule verzichtet, da dieser hier nur zum Messen der Betriebsspannung zum Einsatz kommt.

Anstelle eines Sendemoduls ist beim FM3 RX der Empfänger HFE 1 eingebaut. Die Versorgungsspannung des Empfängers schaltet der Mikrocontroller IC 2 bei Batteriebetrieb in den Sendepausen des aktuell überwachten Funk-Messwert-Senders FM3 TX über den Transistor T 1 ab, um die Batterielebensdauer zu erhöhen. Der Kondensator C 9 soll hochfrequente Störungen von der Versorgungsspannung des Empfängers fernhalten.

Die Betriebsspannung des FM3 RX kann wie beim FM3 TX aus verschiedenen Quellen bezogen werden, die über die Dioden D 1, D 2 und D 3 entkoppelt sind. Neben den Batterien BAT 1 bis BAT 3 und der Kleinspannungsbuchse BU 2 gibt es beim FM3 RX noch die Versorgung über USB. Damit sichergestellt ist, dass der Mikrocontroller IC 2 immer eingeschaltet ist, wenn die Schaltung über USB versorgt wird, ist zusätzlich der Transistor T 3 eingebaut, dessen Basis über den Vorwiderstand R 19 mit der USB-Spannung verbunden ist, so dass der Schalttransistor T 2 immer durchgeschaltet wird, wenn die USB-Spannung anliegt. Der Rest der Spannungsver-

sorgungsschaltung inklusive Batteriemessung und Spannungsregler funktioniert genauso wie beim FM3 TX.

Für das Erzeugen der analogen Ausgangsspannung wird der Operationsverstärker IC 5 benutzt. Damit dieser auch zuverlässig eine Spannung von 0 Volt liefern kann, kommt hier eine Ladungspumpe zum Einsatz, die eine negative Betriebsspannung für den Operationsverstärker erzeugt. Die Ladungspumpe wird mit einem Rechtecksignal aus dem Mikrocontroller IC 2 angesteuert. Dabei fließt ein Basisstrom über den gemeinsamen Vorwiderstand R 23 abwechselnd durch die Transistoren T 5 und T 6. Die Dioden D 4 und D 5 sind so angeordnet, dass der Elko C 23 zunächst aufgeladen wird, und diese Ladung anschließend in den Elko C 24 fließt. Dieser Vorgang wiederholt sich im Takt der anliegenden Rechteckspannung, so dass am Elko C 24 eine ausreichend stabile negative Spannung zur Verfügung steht.

Das zu messende Analog-Signal wird zunächst mit einem internen Timer des Mikrocontrollers IC 2 als PWM-Signal auf einen Tiefpass, bestehend aus dem Widerstand R 13 und dem Elko C 12 sowie dem Kondensator C 13, gegeben. Zum weiteren Ausfiltern der PWM-Frequenz ist ein Operationsverstärker nachgeschaltet. Die Widerstände R 15 und R 16 bestimmen die Verstärkung von 2, und der Elko C 14 sowie der Kondensator C 15 sorgen für die erforderliche Tiefpass-Charakteristik. Die Dimensionierung des Frequenzganges ist ein Kompromiss aus ausreichender Reaktionsgeschwindigkeit des Ausgangssignals und einer geringen Restwelligkeit, die ein Multimeter im DC-Messbereich jedoch nicht stören sollte.

Die Widerstände R 17 und R 18 zusammen mit dem Kondensator C 16 und der Diode D 9 schützen den Ausgang gegen von dort möglicherweise anliegende Spannungen (ESD).

Der USB-Controller IC 4 wird über die USB-Spannung versorgt. Diese wird mit den Kondensatoren C 1 bis C 4 und durch die Spule L 1 gefiltert. Mit der Sicherung SI 2 wird vermieden, dass die Schaltung im Fehlerfall einen Schaden am USB-Host verursacht. Die Dioden D 6 und D 7 sorgen dafür, dass der USB-Controller bei fehlender USB-Spannung nicht ungewollt über die Datenleitungen vom Mikrocontroller IC 2 mit Spannung versorgt wird. Der Widerstand R 10 verhindert, dass bei inaktivem USB-Controller ein undefinierter Pegel am Dateneingang des Mikrocontrollers liegt.

Wenn der USB-Controller IC 4 mit dem USB verbunden ist, erkennt der Mikrocontroller IC 2 dies an dem Pegel, der sich am Spannungsteiler aus R 7 und R 8 einstellt. Außerdem kann der USB-Controller Daten

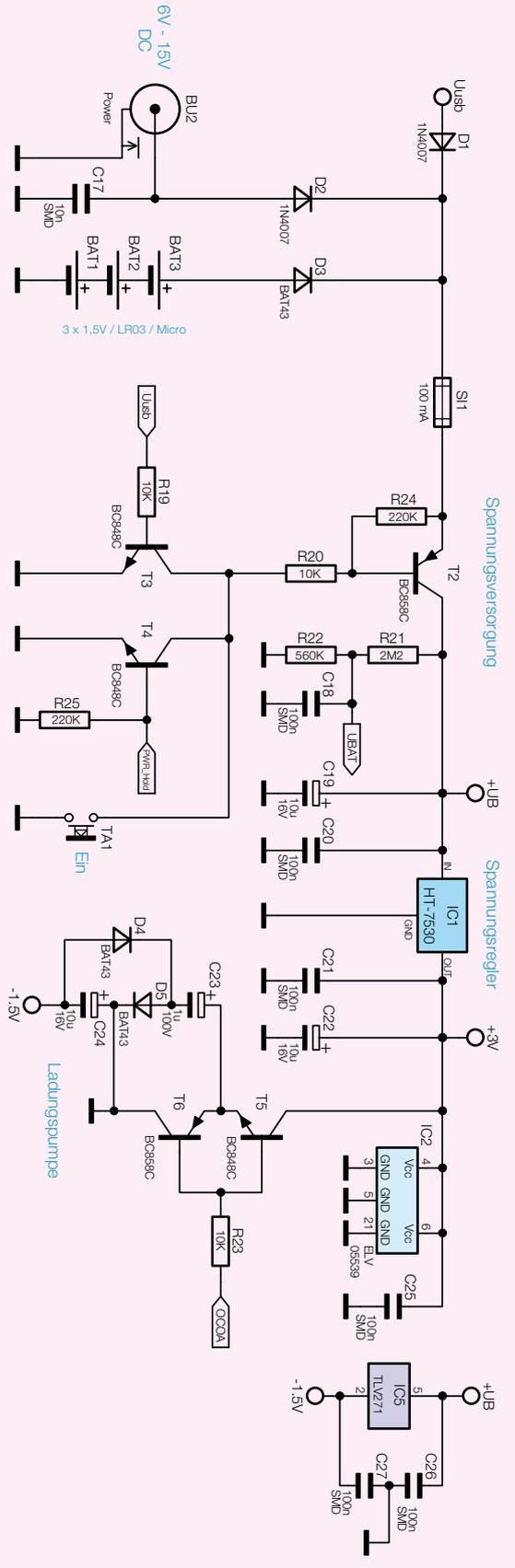
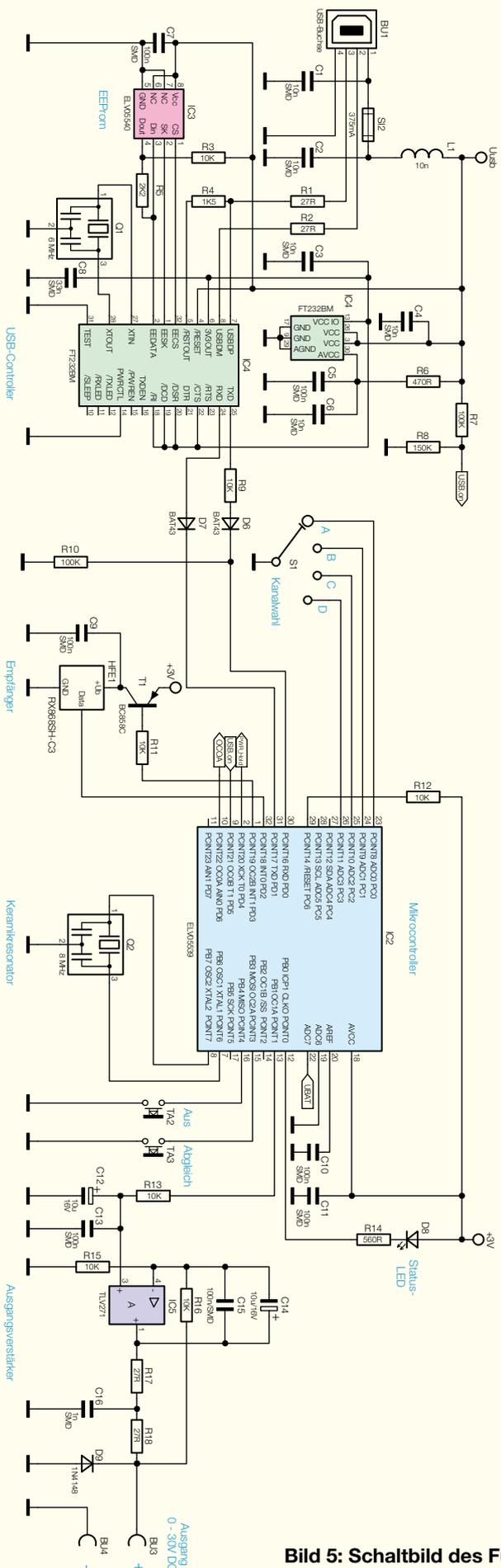
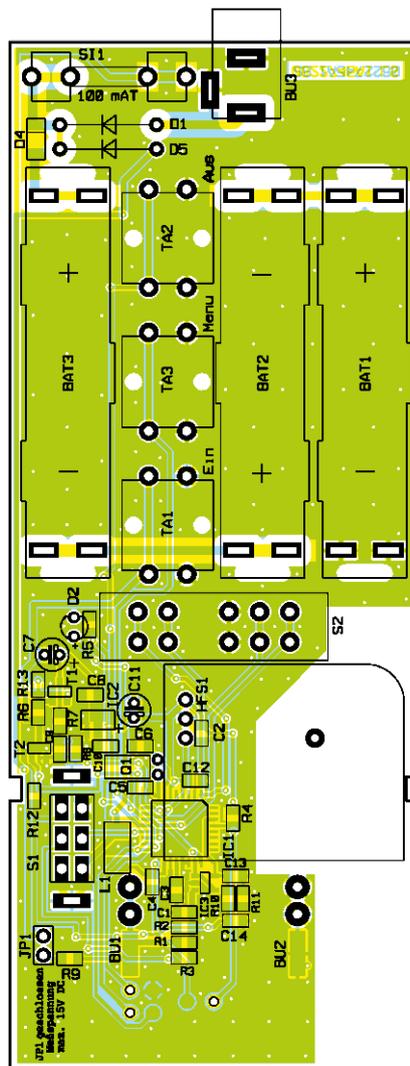
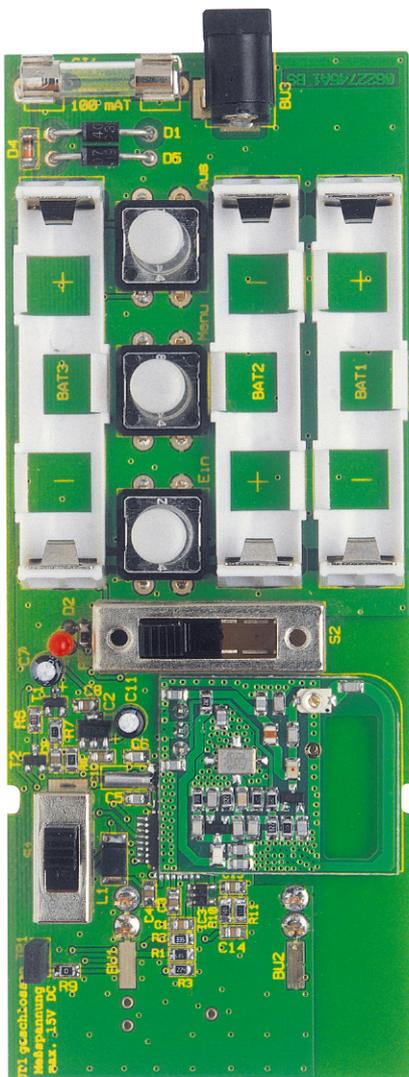


Bild 5: Schaltbild des Funk-Messwert-Empfängers FM3 RX





**Ansicht der fertig bestückten Platine des Senders FM3 TX mit zugehörigem Bestückungsplan**

über den Widerstand R 9 und die Diode D 6 an den Mikrocontroller senden. Ein interner Pull-up-Widerstand im USB-Controller ermöglicht die Datenübertragung vom Mikrocontroller über die Diode D 7 nach dem „Active-Low“-Prinzip.

Ein weiterer Bestandteil der Beschaltung des USB-Controllers ist das EEPROM IC 3. Hier sind die spezifischen Daten des FM3 RX gespeichert, die später am PC u. a. im Windows-Gerätanager angezeigt werden. Die weitere Beschaltung des USB-Controllers entspricht den Empfehlungen des Herstellers (<http://www.ftdichip.com>).

**Nachbau**

Sowohl beim FM3 TX als auch beim FM3 RX sind die SMD-Bauteile bereits vorbestückt, sollten aber zur Sicherheit vor dem weiteren Zusammenbau auf eventuelle Bestückungsfehler und fehlerhafte Lötstellen überprüft werden.

Das Bestücken der bedrahteten Bauteile muss sorgfältig und präzise erfolgen,

damit die Passgenauigkeit von Schaltern, Tastern und Buchsen im Gehäuse gewährleistet ist.

Als Hilfe bei der Bestückung dienen die Platinenfotos, der Bestückungsdruck und die Stückliste. Alle noch zu bestückenden Bauteile werden von der Bestückungsseite der Platine her eingesetzt und auf der Lötseite verlötet.

Vor dem Bestücken der Bauteile sollten die Anschlussbuchsen in die Gehäuseoberflächen der beiden Geräte eingebaut werden. Dabei ist jeweils die rote Buchse für den positiven und die schwarze Buchse für den negativen Anschluss entsprechend dem Gehäusedruck vorgesehen. Die Anschlussbuchsen werden mit einer Unterlegscheibe und einer Mutter geliefert, die zunächst beide zu entfernen sind. Die Buchsen werden dann von der Außenseite her in das Gehäuse gesteckt und von innen mit der Unterlegscheibe und der Mutter festgeschraubt. Vor dem endgültigen Festziehen der Muttern müssen die Anschlussflächen durch drehen der Buchsen so ausgerichtet werden, dass sie senkrecht nach

**Stückliste: Sender für Funk-Messwertübertragung FM3 TX**

**Widerstände:**

|                      |        |
|----------------------|--------|
| 0 Ω/SMD/0805.....    | R9     |
| 560 Ω/SMD/0805.....  | R5     |
| 3,3 kΩ/SMD/0805..... | R11    |
| 10 kΩ/SMD/0805.....  | R4, R6 |
| 220 kΩ/SMD/0805..... | R3     |
| 560 kΩ/SMD/0805..... | R8     |
| 1 MΩ/SMD/0805.....   | R10    |
| 2,2 MΩ/SMD/0805..... | R7     |
| 3,3 MΩ/SMD/0805..... | R2     |
| 6,8 MΩ/SMD/0805..... | R1     |

**Kondensatoren:**

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 22 pF/SMD/0805..... | C5, C6                  |
| 1 nF/SMD/0805.....  | C1, C14                 |
| 100 nF/SMD/0805 ... | C2–C4, C8–C10, C12, C13 |
| 10 µF/16 V.....     | C7, C11                 |

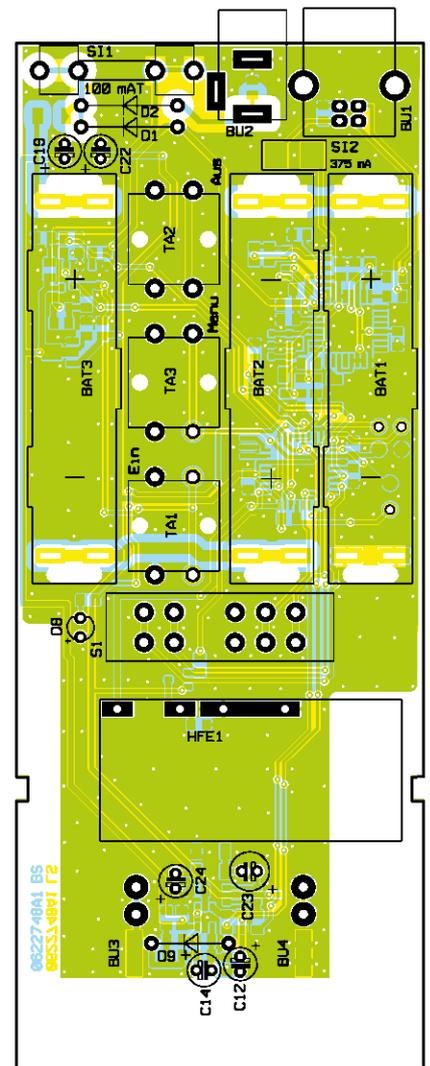
**Halbleiter:**

|                     |        |
|---------------------|--------|
| ELV05538/SMD.....   | IC1    |
| HT7530/SMD.....     | IC2    |
| TLV271/SMD.....     | IC3    |
| BC858C.....         | T1     |
| BC848C.....         | T2     |
| 1N4007.....         | D1, D5 |
| BAT43/SMD.....      | D4     |
| LED, 3 mm, Rot..... | D2     |

**Sonstiges:**

|  |           |
|--|-----------|
| Quarz, 32,768 kHz.....   | Q1        |
| SMD-Induktivität, 10 µH.....   | L1        |
| Sicherheits-Bananenbuchse, 4 mm, Rot.....                                  | BU1       |
| Sicherheits-Bananenbuchse, 4 mm, Schwarz.....                              | BU2       |
| Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print.....                                      | BU3       |
| Schiebeschalter, 2 x um, hoch, print.....                                  | S1        |
| Schiebeschalter, 4 Stellungen, print.....                                  | S2        |
| Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein.....                                   | TA1–TA3   |
| Tastknopf, 18 mm.....  | TA1–TA3   |
| Sicherung, 100 mA, träge.....  | SI1       |
| Platinensicherungshalter (2 Hälften),.....                                 | SI1       |
| Stiftleiste, 1 x 2-polig, gerade, print.....                               | JP1       |
| Jumper, geschlossene Ausführung.....                                       | JP1       |
| Sendemodul TX868-75, 868 MHz.....  | HFS1      |
| 4 Gabelfedern, print.....  | BU1, BU2  |
| 3 Micro-Batterie-Kontakt-rahmen.....                                       | BAT1–BAT3 |
| 6 Micro-Batteriekontakte, print.....                                       | BAT1–BAT3 |
| 1 Profil-Gehäuse, Lichtgrau, seidenmatt, komplett, bearbeitet und bedruckt |           |

**Ansicht der fertig bestückten Platine des Empfängers FM3 RX mit zugehörigem Bestückungsplan von der Bestückungsseite**



oben stehen. Später müssen Gabelfedern, die auf der jeweiligen Platine angebracht werden, über diese Anschlussfahnen fassen können.

### Funk-Messwert-Sender FM3 TX

Zuerst erfolgt das plane Einsetzen des Quarzes Q 1, dann das der Dioden D 1 und D 5. Die richtige Einbaulage der Dioden ist am Farbring zu erkennen, der jeweils die Katode markiert. Danach werden die beiden Elkos C 7 und C 11 bestückt. Hier ist die Markierung des Minuspols an den Elkos für eine korrekte Polung zu beachten. Anschließend können die Taster TA 1 bis TA 3 eingesetzt werden. Es folgen die Stifte für den Jumper JP 1, die Niederspannungsbuchse BU 3 und die beiden Teile des Sicherungshalters für SI 1. Beim Sicherungshalter ist darauf zu achten, dass die beiden abgewinkelten Metallnasen nach außen weisen, so dass die Sicherung hineinpasst. Am besten lässt sich der Sicherungshalter komplett mit eingelegter Sicherung montieren.

Beim Einbau der Gabelfedern, die über die Eingangsbuchsen BU 1 und BU 2 fassen müssen, ist besondere Sorgfalt gefor-

dert. Die Gabelfedern dürfen nicht gekürzt werden. Daher sind sie nur so weit durch die Platine zu stecken, dass man sie von oben und von unten verlöten kann. Wichtig ist auch, dass die Gabelfedern im 90°-Winkel zu den Anschlussfahnen der Eingangsbuchsen stehen und genau senkrecht eingelötet werden. Nach dem Einlöten der Gabelfedern sollte die Passgenauigkeit mit der Gehäuseoberschale überprüft werden. Falls die Platine nicht spannungsfrei sitzt, kann man die Lötstellen im zusammenge- steckten Zustand noch einmal erhitzen und damit die Lage der betroffenen Gabelfeder vorsichtig korrigieren.

Anschließend erfolgt die Montage des Sendemoduls HFS 1 über die drei Kontaktstifte des Moduls. Dabei sollte ein Abstand von etwa 5 mm zwischen Sendemodul und Hauptplatine eingehalten werden. Der zusätzliche vierte Befestigungspunkt muss nicht unbedingt verwendet werden. Für einen stabileren Sitz des Sendemoduls kann man jedoch hier ein Reststück eines der 3 vorhandenen Stifte verwenden.

Danach sind die Batteriehalter BAT 1 bis BAT 3 und die Schiebeschalter S 1 und S 2 zu bestücken. Die Status-LED D 2 muss,

wie in Abbildung 6 dargestellt, mit einer Höhe der Gehäusespitze von etwa 18 mm über der Platinenoberfläche eingelötet werden. Der längere Anschluss der LED ist die Anode und gehört in die mit „+“ markierte Bohrung. Als Montagehilfe für die LED kann die Gehäuseoberschale verwendet werden.

Zuletzt erfolgt noch das Aufstecken der Tastkappen auf die Taster. Damit ist der Funk-Messwert-Sender betriebsbereit und kann, wie im Abschnitt „Bedienung“ beschrieben, in Betrieb genommen werden. Für eine aussagekräftige Funktionskontrolle empfiehlt es sich jedoch, zunächst den zugehörigen Funk-Messwert-Empfänger FM3 RX aufzubauen.

### Funk-Messwert-Empfänger FM3 RX

Zuerst werden hier die Dioden D 1, D 2 und D 9 bestückt. Ein Farbring markiert die Katode, die Einbaulage muss mit dem Bestückungsdruck übereinstimmen. Es folgen die Elkos C 19, C 22, C 12, C 14, C 23 und C 24. Hier muss die Polarität beachtet werden. Der Minuspol ist auf den Elkos markiert.

Der Empfänger HFE 1 wird mit den

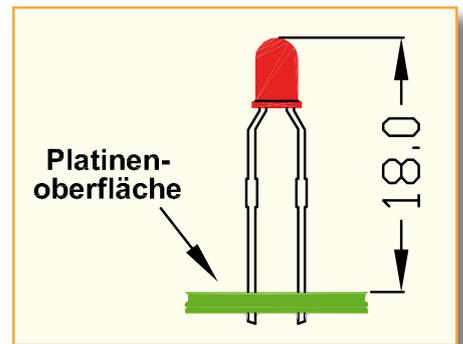
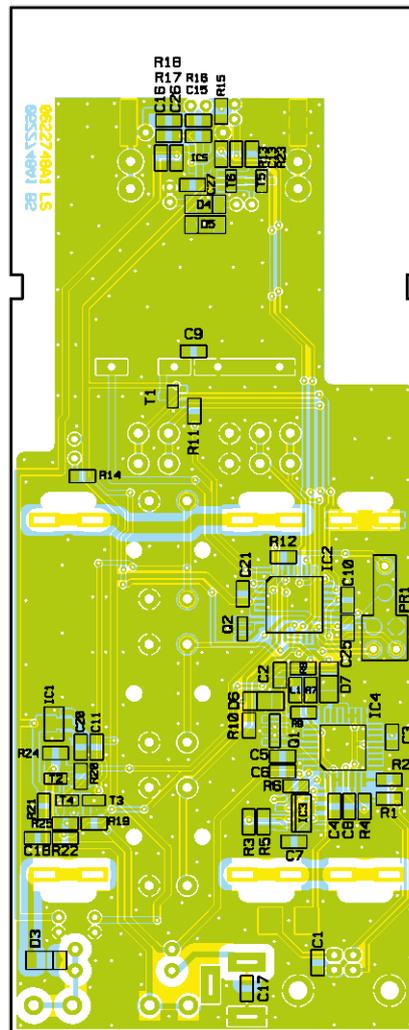
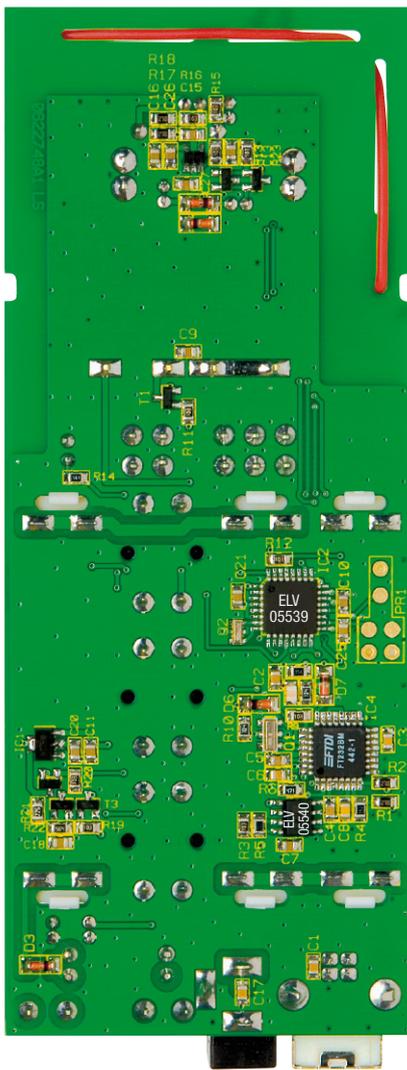


Bild 6: Einbaulage der Signal-LED

4 Anschluss-Stiften auf der Platine befestigt. Die Kunststoffstücke geben dabei den Abstand vor. Zum Einbau des Empfängers muss zuerst die Antenne von der Bestückungsseite her durch die zugehörige Bohrung gezogen werden. Anschließend lötet man den Empfänger mit den Stiften fest ein. Die überstehenden Enden der Stifte werden abgeschnitten. Die Antenne ist wie auf den Platinen-Fotos zu sehen, durch die Schlitz in der Platine zu führen.

Der Einbau der weiteren Bauteile wie Taster, Buchsen, Sicherungshalter, Batteriehalter, Schiebeschalter und LED wird wie für den FM3 TX beschrieben vorgenommen. Beim FM3 RX gibt es allerdings zusätzlich noch die USB-Buchse BU 1.

Der Einbau der Gabelfedern zum Kontaktieren der Ausgangsbuchsen muss ebenso sorgfältig vorgenommen werden, wie für den FM3 TX beschrieben.

Nach dem Aufstecken der Tastkappen ist auch der FM3 RX betriebsbereit und kann wie im Abschnitt „Bedienung“ in Betrieb genommen werden. **ELV**

Ansicht der fertig bestückten Platine des Empfängers FM3 RX mit zugehörigem Bestückungsplan von der Lötseite

### Stückliste: Empfänger für Funk-Messwertübertragung FM3 RX

**Widerstände:**

- 27 Ω/SMD/0805..... R1, R2, R17, R18
- 470 Ω/SMD/0805..... R6
- 560 Ω/SMD/0805..... R14
- 1,5 kΩ/SMD/0805..... R4
- 2,2 kΩ/SMD/0805..... R5
- 10 kΩ/SMD/0805...R3, R9, R11–R13, R15, R16, R19, R20
- 100 kΩ/SMD/0805..... R7, R10
- 150 kΩ/SMD/0805..... R8
- 560 kΩ/SMD/0805..... R22
- 2,2 MΩ/SMD/0805..... R21

**Kondensatoren:**

- 1 nF/SMD/0805 ..... C16
- 10 nF/SMD/0805..... C1–C4, C6, C17
- 33 nF/SMD/0805 ..... C8
- 100 nF/SMD/0805 ... C5, C7, C9–C11, C13, C15, C18, C20, C21, C25–C27
- 1 µF/100 V ..... C23
- 10 µF/16 V...C12, C14, C19, C22, C24

**Halbleiter:**

- HT7530/SMD ..... IC1
- ELV05539/SMD/Prozessor..... IC2
- ELV05540/SMD/USB-EEPROM...IC3
- FT232BM/SMD ..... IC4
- TLV271/SMD ..... IC5
- BC858C..... T1, T2, T6
- BC848C..... T3–T5
- 1N4007..... D1, D2
- BAT43/SMD ..... D3–D7
- 1N4148..... D9
- LED, 3 mm, Rot..... D8

**Sonstiges:**

- Keramikschwinger, 6 MHz, SMD ...Q1
- Keramikschwinger, 8 MHz, SMD ...Q2
- SMD-Induktivität, 10 nH, 0805..... L1
- USB-B-Buchse, winkelprint ..... BU1
- Sicherheits-Bananenbuchse, 4 mm, Rot..... BU3
- 4 mm, Schwarz..... BU4

- Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print ..BU2
- 4 Stifteleisten, einpolig, gerade ...HFE1
- Schiebeschalter, 4 Stellungen, print... S1
- Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein..... TA1–TA3
- Tastknopf, 18 mm ..... TA1–TA3
- Sicherung, 100 mA, träge ..... SI1
- Sicherung, 375 mA, träge, SMD.... SI2
- Platinensicherungshalter (2 Hälften) ..... SI1
- Empfangsmodul RX868SH-C3 mit flexibler Antenne..... HFE1
- 4 Gabelfedern, print ..... BU3, BU4
- 3 Micro-Batterie-Kontaktrahmen..... BAT1–BAT3
- 6 Micro-Batteriekontakte, print..... BAT1–BAT3
- 1 CD Bedienssoftware FM3 RX
- 1 USB-2.0-Kabel (Typ A→Typ B), 1,5 m
- 1 Profil-Gehäuse, Lichtgrau, seidenmatt, kpl., bearbeitet und bedruckt



# Funk-Bewegungsmelder FS20 PIRI-2

**Der neue Zweikanal-PIR-Melder FS20 PIRI-2 ist eine Komponente des FS20-Funk-Schalt-systems, mit dem sich bis zu 2 Funkempfänger nach getrennt einstellbaren Kriterien an-steuern lassen. Die hohe Reichweite, zwei unabhängige Linsen zur Erfassung, eine ein-fache Installation und die vielfältigen Konfigurations- und Einstellmöglichkeiten zeichnen diesen Innenraum-Bewegungsmelder besonders aus.**

## Allgemeines

Bewegungsmelder sind für das bedarfs-gerechte Schalten von elektrischen Ver-brauchern erste Wahl. Vor allem in Zeiten hoher Energiekosten ist es sinnvoll, z. B. Beleuchtungen nur dann einzuschalten, wenn diese wirklich gebraucht werden. Üblicherweise kennt man diese Funktion bei Außenleuchten und bei der Korridor-beleuchtung in modernen öffentlichen Gebäuden. Steigende Energiepreise und mehr Komfort sind aber nur zwei Gründe, warum sich auch in privaten Haushalten der Einsatz von Bewegungsmeldern in Innen-räumen immer weiter verbreitet. Wichtig sind in diesem Einsatzbereich neben der universellen Einsetzbarkeit des PIR-Mel-

## Technische Daten: FS20 PIRI-2

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| Hauptlinse:             | Reichweite ca. 12 m       |
|                         | Erfassungswinkel: ca. 90° |
| Unterkriechschutz:      | Reichweite max. 4 m       |
|                         | Erfassungswinkel: ca. 43° |
| Funktionsprinzip:       | Passiv-Infrarot-Detektion |
| Schwenkbereich:         | ±45°                      |
| Anzahl der FS20-Kanäle: | 2                         |
| Batterien:              | 3 x 1,5 V/LR6/Mignon/AA   |
| Batterielebensdauer:    | ca. 3 Jahre               |
| HF-Sende-Frequenz:      | 868,35 MHz                |
| Funkreichweite:         | bis 100 m (Freifeld)      |
| Abmessungen (ø x H):    | 55 x 132 mm               |

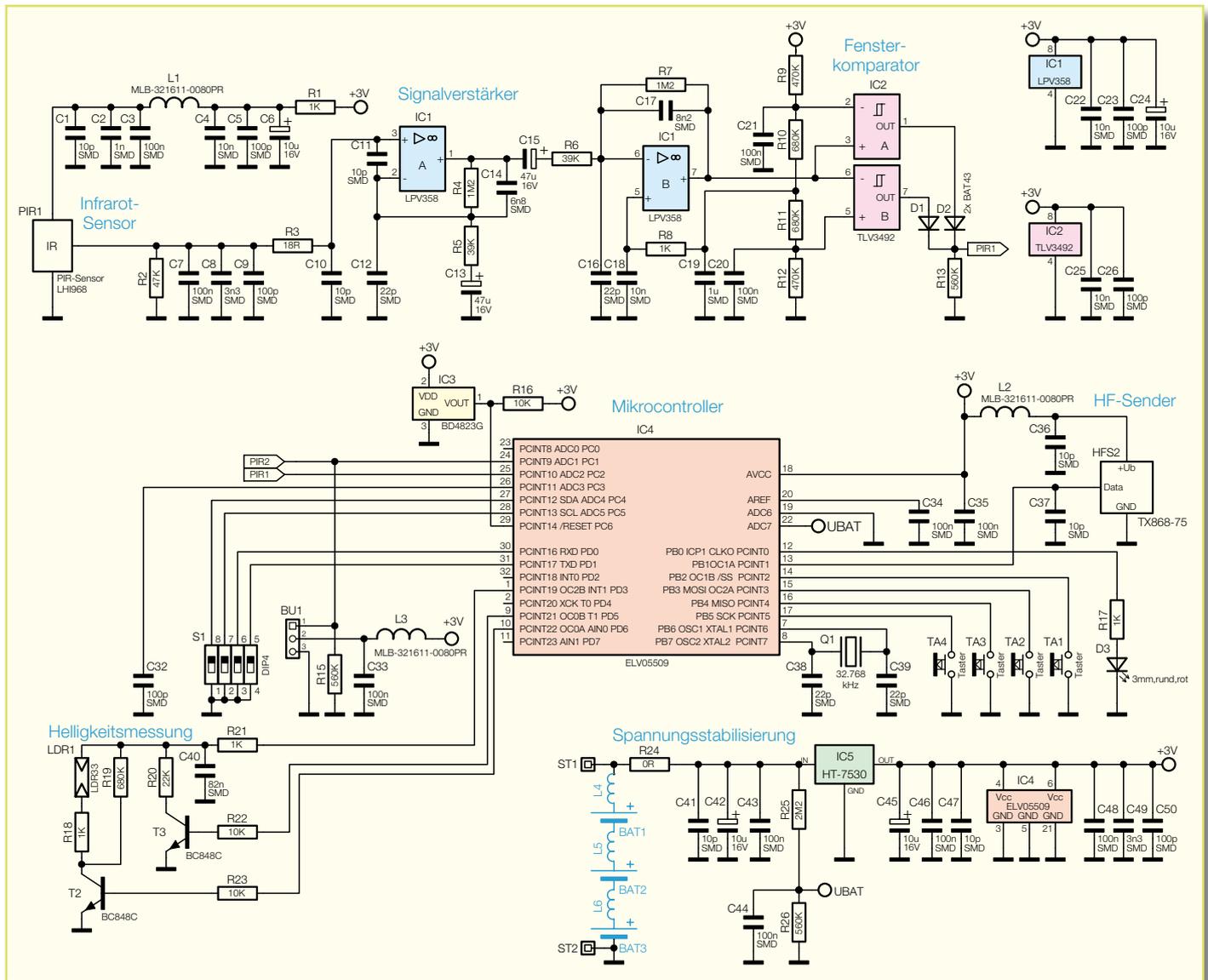


Bild 1: Schaltbild der Hauptplatine

ders auch eine einfache Installation und ein ansprechendes Design. Der neue PIR-Melder FS20 PIRI-2 für das ELV-Funk-Schaltssystem erfüllt diese Anforderungen in vorzüglicher Weise.

Die Funk-Übertragung der Schaltsignale vom Bewegungsmelder macht dabei eine umständliche und meist auch optisch nicht sehr ansprechende Verlegung von Leitungen überflüssig. Ist der zu schaltende Verbraucher (z. B. die Deckenleuchte) schon mit einem ELV-FS-20-Empfänger ausgerüstet, so reduziert sich der Installationsaufwand auf die Konfiguration und Montage des Bewegungsmelders.

Eine typische Anwendung eines solchen Bewegungsmelders ist z. B. das Schalten der Beleuchtung in einem Flur: Im Treppenhaus montiert, erübrigt sich so der Einsatz von so genannten Treppenlicht-Automaten, mit denen die Beleuchtung nach einer einstellbaren Zeit automatisch verlischt. Der Nachteil solcher Systeme ist die feste Verzögerungszeit. Im ungünstigsten Fall

geht das Licht genau in dem Moment aus, in dem man mit Einkaufstüten beladen versucht, den Schlüssel ins Schloss zu bekommen. Über PIR-Melder bedarfsgerecht geschaltete Leuchten bieten hier den Vorteil, dass das Licht erst verlischt, wenn es wirklich nicht mehr benötigt wird. Den verbesserten Sicherheitsaspekt sollte man auch nicht außer Acht lassen, da so niemand mehr im Dunkeln durch das Treppenhaus „schleichen“ kann.

Neben dieser typischen Mehrfamilienhaus-Anwendung ist der Einsatz auch in Einfamilienhäusern sinnvoll. Der Einbau im Flur erleichtert vor allem Kleinkindern die Orientierung, da sie nachts nicht erst den Lichtschalter im dunklen Flur suchen müssen. Außerdem kann damit zusätzlich noch eine Art „Alarmfunktion“ realisiert werden, bei der sich z. B. im Elternschlafzimmer das Licht automatisch einschaltet, wenn das Kind in den Flur geht.

Weitere Orte sind für den Einsatz einer bedarfsgerechten Lichtsteuerung über Be-

wegungsmelder prädestiniert, da hier das Licht-Ausschalten gerne vergessen wird: Badezimmer, Gäste-WC, Abstellraum, Speisekammer, Heizungsraum, Keller, Dachboden usw. Außerdem stehen nur selten genutzte „Gehwege“ z. B. in Betrieben auf der schier unendlichen Liste der möglichen Einsatzbereiche ganz oben.

Durch die Anbindung an das sehr umfangreiche ELV-FS20-Funk-Schaltssystem beschränkt sich die Anwendung des FS20 PIRI-2 aber bei weitem nicht auf das bloße Schalten einer Beleuchtung. So lässt sich z. B. in Verbindung mit dem FS20-Signalegeber (FS20 SIG) eine automatische Türklingel, zusammen mit der Rollladensteuerung FS20 RST ein automatisches Öffnen der Jalousie oder mit dem Funk-Dimmer FS20 DI ein leuchtmittelschonendes Hochdimmen einer Leuchte realisieren.

Alle aufgezeigten Beispiele scheitern üblicherweise daran, dass zur Realisierung ein erheblicher Installationsaufwand mit

dem Verlegen von Leitungen erforderlich ist. Beim FS20-System entfällt aufgrund der Nutzung drahtloser Übertragung per Funktechnik aber jeglicher Verkabelungsaufwand zwischen dem „Sensor“ und dem „Aktor“, sprich beispielsweise zwischen dem FS20 PIRI-2 und der Funk-Schaltsteckdose FS20 ST. Dabei ist das FS20-Funk-Schaltssystem so flexibel, dass sich durch die Kombination verschiedener Sensoren (FS20-Sender) und Aktoren (FS20-Empfänger) die komfortable Steuerung einer kompletten Hausinstallation realisieren lässt. Entsprechende FS20-Komponenten sind auf den zugehörigen Seiten im ELV-Hauptkatalog oder im Internet unter [www.elv.de](http://www.elv.de) zu finden.

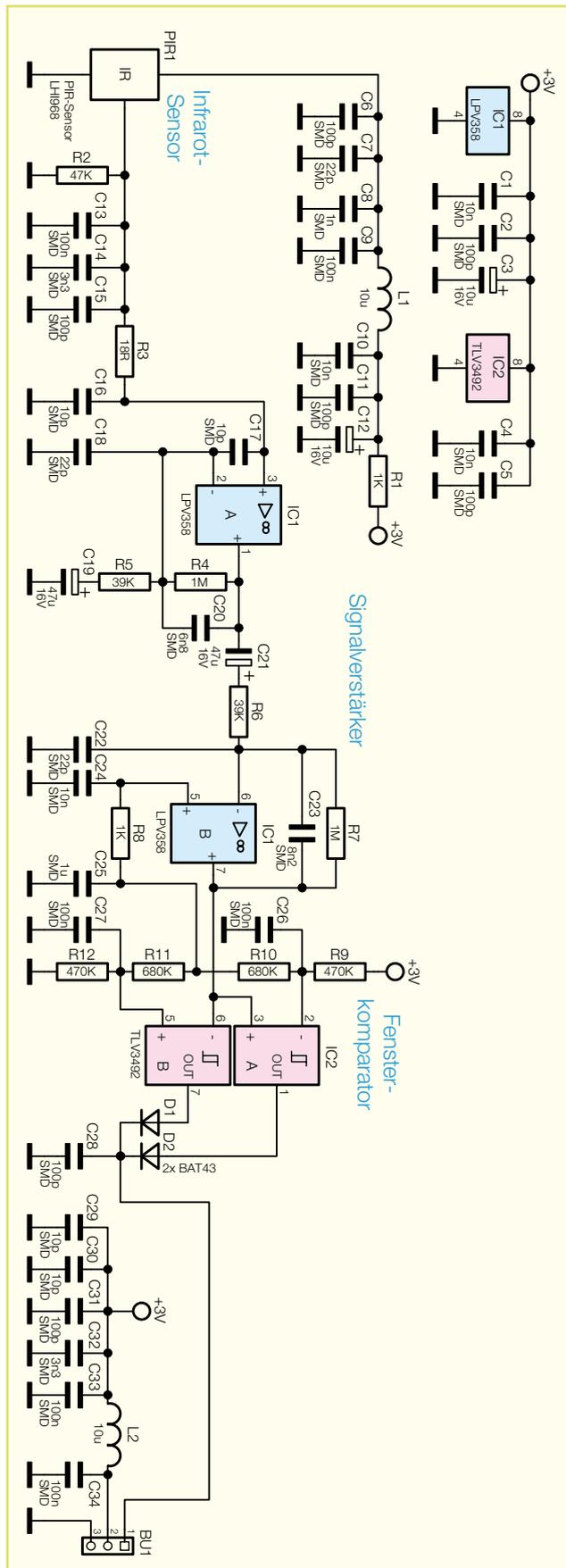
Die wesentlichen Merkmale des neuen Bewegungsmelders FS20 PIRI-2 sind im Folgenden stichpunktartig aufgelistet:

- hohe Reichweite von bis zu 100 m (Freifeld)
- Betrieb im störsicheren 868-MHz-Frequenzbereich.
- 12 m PIR-Reichweite mit ca. 90 Grad Erfassungswinkel
- Erfassungsbereich stufenlos um  $\pm 45$  Grad schwenkbar
- Unterkriechschutz mit ca. 3,75 m x 3,75 m Erfassungsbereich
- Wand- und Deckenmontage
- Einordnung in das Codier- und Adressiersystem des FS20-Systems
- 2 Schaltkanäle mit getrennt einstellbaren Kriterien:
  - jeder Kanal getrennt aktivierbar
  - Ansprechen nur im Dunkeln oder auch bei Helligkeit
  - Helligkeitsansprechwert frei einstellbar
  - Einschaltdauer zwischen 0,25 Sekunden und 4,25 Stunden einstellbar
  - Schaltverhalten des Empfängers wählbar
  - Sendeabstand bei aufeinander folgenden Auslösungen des Bewegungsmelders einstellbar
  - Filterzeit für den integrierten Helligkeitssensor einstellbar
  - Timer-Programmierung des Empfängers möglich
  - manuelles Schalten des Empfängers durch Bedientasten am FS20 PIRI-2 möglich

## Schaltung

Die Schaltung des neuen Passiv-Infrarot-Bewegungsmelders FS20 PIRI-2 gliedert sich in zwei Teile, da das Gerät auch aus einer Hauptplatine und einer Sensorplatine für den Unterkriechschutz besteht. Die Hauptplatine trägt dabei neben dem PIR-Sensor mit Signalaufbereitung auch den Mikrocontroller, die Spannungsversorgung

**Bild 2:**  
Schaltbild der  
Sensoreinheit



und die Funk-Sendetechnik (Abbildung 1), während die Sensorplatine für den Unterkriechschutz nur eine analoge Signalaufbereitung beinhaltet (Abbildung 2).

Vor der Schaltungsbeschreibung folgen

zunächst ein paar kurze Sätze zum grundlegenden Funktionsprinzip: Das Prinzip eines Bewegungsmelders ist recht simpel, wobei die sich dahinter verborgenden Theorien die Grundlagen der Physik widerspiegeln.

**Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des FS20 PIRI-2 mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite**

Physikalische Grundlage ist, dass jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes (-273 °C) Wärmestrahlung in Form von elektromagnetischer Strahlung aussendet.

Die Wellenlänge der maximalen Strahlungsenergie lässt sich dabei recht einfach gemäß folgender Formel, die auch als Wien'sches Verschiebungsgesetz bekannt ist, bestimmen:

$$\lambda_{\max} = \frac{2899}{T} \mu\text{m}$$

Dabei ist die Temperatur T als Wert vom absoluten Nullpunkt aus betrachtet in K (Kelvin) einzusetzen. Da die mit obiger Gleichung bestimmten Wellenlängen von 11 µm bis 7,8 µm für „typische“ Temperaturen von -20 °C bis 100 °C im infraroten Spektralbereich liegen, nennt man diese Strahlung auch infrarote Wärmestrahlung.

Entsprechend heißen Detektoren, die auf diese Art der Strahlung „reagieren“ auch Infrarot-Sensoren bzw. Infrarot-Detektoren. Je nachdem, ob die absolute Temperatur eines Gegenstandes (bzw. eines Menschen) erfasst werden soll (Anwendungsbereich: IR-Thermometer) oder nur seine Bewegung (Anwendungsbereich: Bewegungsmelder), gibt es unterschiedliche Sensoren. Sensoren für Bewegungsmelder sind in der Industrie hauptsächlich unter dem Begriff IR-Sensoren bzw. IR-Detektoren bekannt.

Ausgangspunkt des Signalweges in den in Abbildung 1 dargestellten Schaltungen ist demnach auch der PIR-Sensor (PIR 1). Dieser detektiert Änderungen der Wärmestrahlung in seinem Erfassungsbereich und gibt dementsprechend ein Wechselspannungssignal aus. Dabei ist die Höhe der Spannung von der Temperaturdifferenz zwischen der Umgebungstemperatur und der Temperatur des sich bewegenden Körpers, von der Größe des sich bewegenden Körpers und von der Nähe der Körpers zum Sensor abhängig.

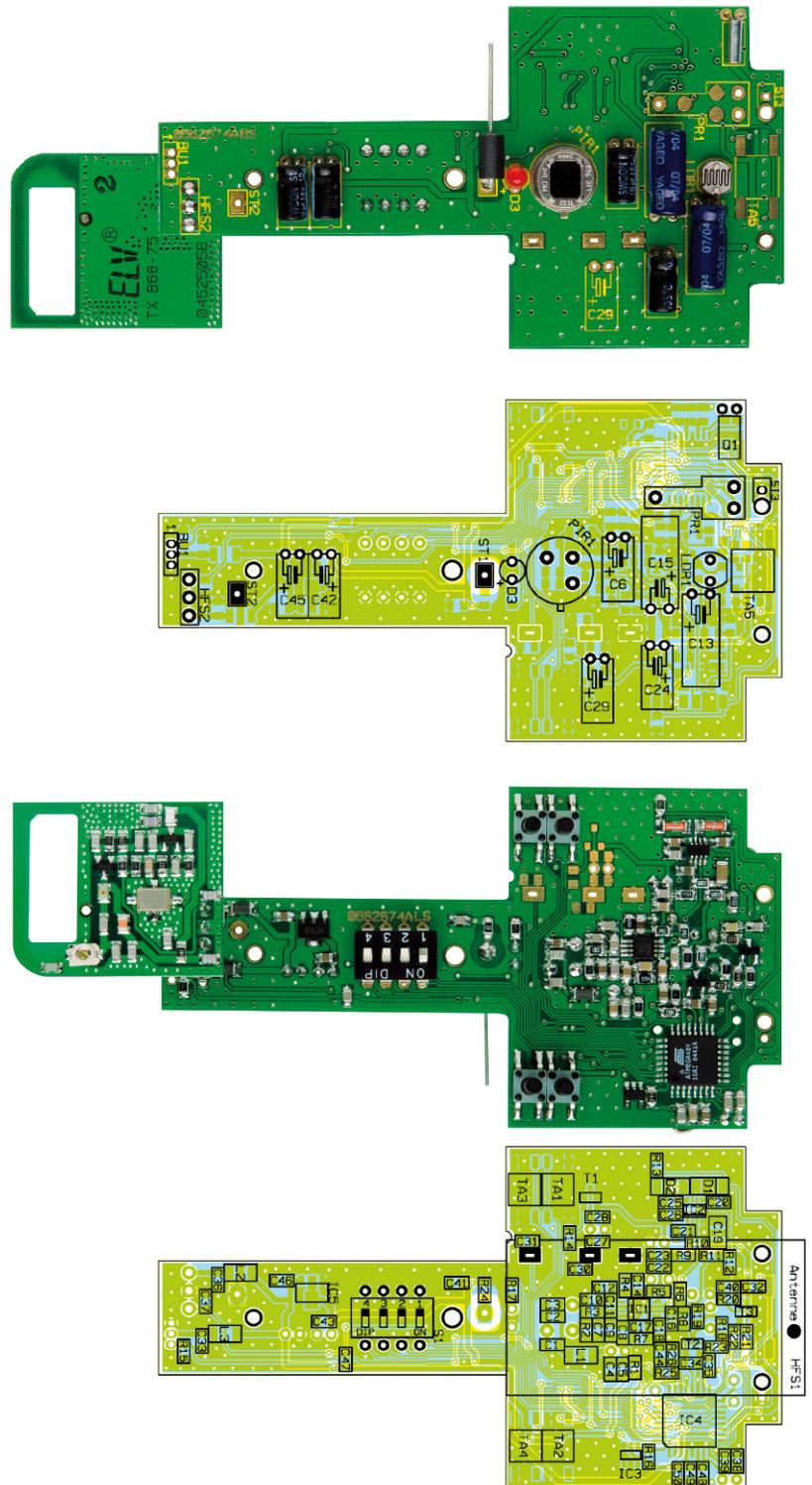
Die beiden nachfolgenden Verstärkerstufen aus IC 1 A und IC 1 B mit Beschaltung sorgen dafür, dass das nur wenige Mikrovolt große Ausgangssignal des Sensors adäquat verstärkt wird. Um zu entscheiden, ob das verstärkte Sensorsignal einer „zu meldenden Bewegung“ entspricht, ist eine Entscheidungsstufe notwendig. Dies übernimmt der mit IC 2 A und B aufgebaute Fensterkomparator. Über den Spannungsteiler R 9 bis R 12 erhalten die beiden Komparatoren IC 2 A und IC 2 B jeweils

ihre Vergleichs-Referenzspannungen. Am jeweils anderen Eingang des Komparators liegt das Sensorsignal an. Ist jetzt z. B. das an Pin 3 anliegende Sensorsignal aufgrund einer Bewegung vor der Linse des PIR-Sensors größer als die Referenz an Pin 2, so geht der Ausgang Pin 1 auf „high“ und meldet dem Mikrocontroller (über D 2) eine Bewegung. Andersherum meldet IC 2 B „Alarm“, wenn das Sensorsignal an Pin 6 kleiner ist als die Referenz an Pin 5.

Diesen Schaltungssteil der Signalauf-

bereitung findet man nahezu identisch aufgebaut auch auf der in Abbildung 2 dargestellten Sensorplatine. Hier signalisiert dann der Status der Leitung 1 am Anschluss BU 1 die detektierte Bewegung. Auf der Hauptplatine wird dieser Anschluss dann als Signal „PIR 2“ auf den Mikrocontroller geführt.

Hat der Mikrocontroller durch die Statusänderung an einer der beiden „Meldeleitungen“ am Portpin „PC 1“ bzw. „PC 2“ eine Bewegung erkannt, so sendet



## Stückliste: Basiseinheit

### Widerstände:

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 0 Ω/SMD/0805 .....        | R24                      |
| 18 Ω/SMD/0805 .....       | R3                       |
| 1 kΩ/SMD/0805 .....       | R1, R8, R17,<br>R18, R21 |
| 10 kΩ/SMD/0805 .....      | R16, R22, R23            |
| 22 kΩ/SMD/0805 .....      | R20                      |
| 39 kΩ/1 %/SMD/0805 .....  | R5, R6                   |
| 47 kΩ/SMD/0805 .....      | R2                       |
| 470 kΩ/1 %/SMD/0805 ..... | R9, R12                  |
| 560 kΩ/SMD/0805 .....     | R13, R15, R26            |
| 680 kΩ/1 %/SMD/0805 ..... | R10, R11, R19            |
| 1,2 MΩ/1 %/SMD/0805 ..... | R4, R7                   |
| 2,2 MΩ/1 %/SMD/0805 ..... | R25                      |

### Kondensatoren:

|                       |   |
|-----------------------|---|
| 10 pF/SMD/0805 .....  | C1, C10, C11,<br>C36, C37, C41, C47                 |
| 22 pF/SMD/0805 .....  | C12, C16, C38, C39                                  |
| 100 pF/SMD/0805 ..... | C5, C9, C23,<br>C26, C32, C50                       |
| 1 nF/SMD/0805 .....   | C2  |
| 3,3 nF/SMD/0805 ..... | C8, C49   |
| 6,8 nF/SMD/0805 ..... | C14   |
| 8,2 nF/SMD/0805 ..... | C17   |
| 10 nF/SMD/0805 .....  | C4, C18, C22, C25                                   |
| 82 nF/SMD/0805 .....  | C40   |
| 100 nF/SMD/0805 ..... | C3, C7, C20,<br>C21, C33–C35, C43,<br>C44, C46, C48 |
| 1 µF/SMD/1206 .....   | C19   |
| 10 µF/16V .....       | C6, C24, C42, C45                                   |
| 47 µF/16V .....       | C13, C15  |

### Halbleiter:

|                      |        |
|----------------------|--------|
| LPV358/SMD .....     | IC1    |
| TLV3492/SMD .....    | IC2    |
| BD4823G/SMD .....    | IC3    |
| ELV05509/SMD .....   | IC4    |
| HT7530/SMD .....     | IC5    |
| BC848C .....         | T2, T3 |
| BAT43/SMD .....      | D1, D2 |
| LED, 3 mm, Rot ..... | D3     |

### Sonstiges:

|  |         |
|--|---------|
| Quarz, 32,768 kHz .....  | Q1      |
| Chip-Ferrit, 1206 .....  | L1–L3   |
| Dämpfungssperle, bedrahtet,<br>6 mm .....                      | L4–L6   |
| LDR33 .....  | LDR1    |
| PIR-Sensor LHI968, passiv,<br>print .....                      | PIR1    |
| Mini-Drucktaster, 1 x ein,<br>5,1 mm Tastknopflänge .....      | TA1–TA4 |
| Mini-DIP-Schalter, 4-polig .....                               | S1      |
| Sendemodul TX868-75,<br>868 MHz .....                          | HFS2    |
| 1 Fresnel-Linse PF24B  |         |
| 3 Plus-Batteriekontakte  |         |
| 3 Minus-Batteriekontakte                                       |         |
| 8 TORX-Kunststoffschrauben,<br>2,2 x 8 mm                      |         |
| 1 PIR-Gehäuse, komplett  |         |
| 1 Typenschild-Aufkleber<br>FS20 PIRI-2, weiß                   |         |
| 4 cm flexible Leitung,<br>ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , Schwarz |         |

er entsprechende FS20-Protokolldaten über den Portpin „PB 1“ ans Funk-Sendemodul HFS 2 – allerdings geschieht dies nur unter der Voraussetzung, dass es beispielsweise dunkel ist.

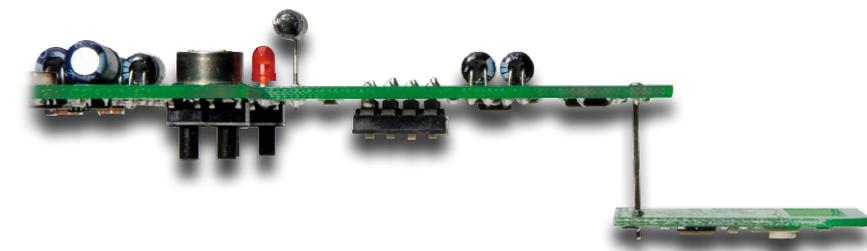
Die Messung der Umgebungshelligkeit erfolgt dabei mithilfe des lichtabhängigen Widerstandes LDR 1. Mithilfe der Transistoren T 2 und T 3, die hier nur als Schalter arbeiten, ist der Mikrocontroller in der Lage, den Widerstandswert des LDRs zu messen und damit einen Helligkeitswert zu ermitteln.

Neben dem „Absetzen“ des Funkbefehls für die zugehörigen Empfänger aktiviert der Mikrocontroller auch gleichzeitig die hinter der Hauptlinse eingebaute LED D 3. Somit erhält der Nutzer auch eine direkte optische Rückmeldung über die erfolgte Auslösung des Schaltvorgangs. Außerdem ist die LED

für die Konfiguration des FS20 PIRI-2 notwendig.

Die gesamte Konfiguration des FS20-Bewegungsmelders erfolgt dabei über die vier Taster TA 1 bis TA 4 und den 4fach-DIP-Schalter S 1. Damit die Konfiguration auch nach dem Batteriewechsel erhalten bleibt, speichert der Mikrocontroller (IC 4) alle relevanten Daten in seinem internen EEPROM. Für ein ordnungsgemäßes Einschaltverhalten nach dem Einlegen der Batterien wird der Reset-Impuls für den Mikrocontroller mithilfe des speziellen Reset-Bausteines IC 3 gegeben.

Die Spannungsversorgung des Gerätes erfolgt über drei Mignon-Batterien, die die Spannung letztlich über die Anschlüsse ST 1 und ST 2 bereitstellen. Um ein definiertes Betriebsverhalten über die gesamte Batterielebensdauer zu erhalten, stabilisiert



**Ansicht der fertig bestückten Sensorplatine des FS20 PIRI-2 mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite**

der Spannungsregler IC 5 die Batteriespannung auf 3,0 V. Die Überwachung des Batteriezustandes übernimmt wiederum der Mikrocontroller, der über R 25 und R 26 || C 44 die Batteriespannung misst und bei Unterschreiten des Limits ein so genanntes Low-Bat-Signal ausgibt.

**Bild 3: Seitenansicht der fertig bestückten Hauptplatine**

**Stückliste: Sensoreinheit**

**Widerstände:**

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| 18 Ω/SMD/0805 .....       | R3       |
| 1 kΩ/SMD/0805 .....       | R1, R8   |
| 39 kΩ/1 %/SMD/0805 .....  | R5, R6   |
| 47 kΩ/SMD/0805 .....      | R2       |
| 470 kΩ/1 %/SMD/0805 ..... | R9, R12  |
| 680 kΩ/1 %/SMD/0805 ..... | R10, R11 |
| 1 MΩ/1 %/SMD/0805 .....   | R4, R7   |

**Kondensatoren:**

|                                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 10 pF/SMD/0805 C16, C17, C29, C30 |                                |
| 22 pF/SMD/0805 .....              | C7, C18, C22                   |
| 100 pF/SMD/0805 .....             | C2, C5, C6, C11, C15, C28, C31 |
| 1 nF/SMD/0805 .....               | C8                             |
| 3,3 nF/SMD/0805 .....             | C14, C32                       |
| 6,8 nF/SMD/0805 .....             | C20                            |
| 8,2 nF/SMD/0805 .....             | C23                            |
| 10 nF/SMD/0805 ....               | C1, C4, C10, C24               |
| 100 nF/SMD/0805 .....             | C9, C13, C26, C27, C33, C34    |
| 1 µF/SMD/1206 .....               | C25                            |
| 10 µF/16V .....                   | C3, C12                        |
| 47 µF/16V .....                   | C19, C21                       |

**Halbleiter:**

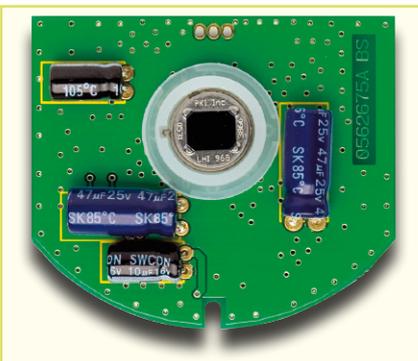
|                   |        |
|-------------------|--------|
| LPV358/SMD .....  | IC1    |
| TLV3492/SMD ..... | IC2    |
| BAT43/SMD .....   | D1, D2 |

**Sonstiges:**

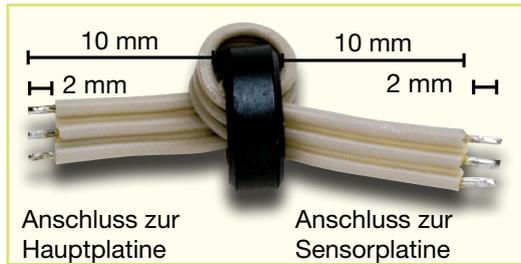
|  |        |
|--|--------|
| SMD-Induktivität, 10 µH .....                | L1, L2 |
| PIR-Sensor LHI968, passiv .....              | PIR1   |
| 1 PIR-Multilinse PF17CL, 2-teilig            |        |
| 1 Ferrit-Ringkern, 8 x 3 mm,<br>Innen-ø 4 mm |        |
| 5 cm Flachbandkabel, AWG28,<br>3-polig, Grau |        |

**Nachbau**

Wie schon in der Schaltungsbeschreibung erwähnt, besitzt der neue FS20-PIR-Melder zwei getrennte Sensorzweige, einen für die nach vorne zeigende Hauptlinse und einen für die nach unten zeigende Dome-Linse des Unterkriechschutzes. Die mechanische Konstruktion macht es erforderlich, beide



**Bild 4: Detailansicht des montierten Sensors mit Linsenträger**

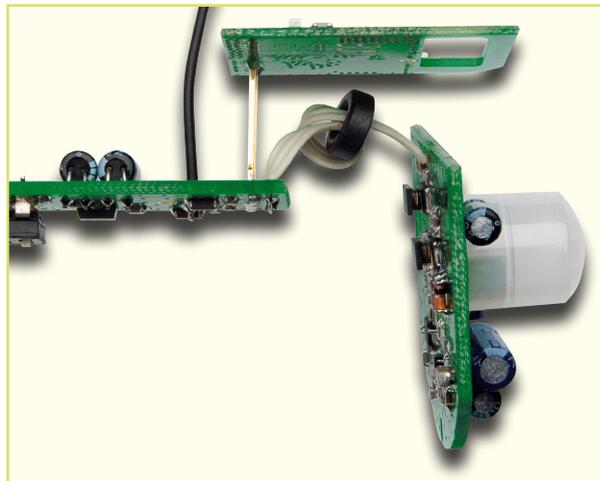


**Bild 5: Detailansicht zur Vorbereitung der Verbindungsleitung**

Schaltungsteile auf separaten Platinen unterzubringen.

Der Aufbau der Platinen erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste, des Bestückungsdruckes und des Schaltbildes. Da die Hauptplatine auch für andere Gerätevarianten verwendet wird, sind im Bestückungsdruck (sowohl auf der Platine als auch in der Bauanleitung) einige Bauteile eingezeichnet, die nicht bestückt werden und auch nicht im Schaltbild auftauchen (z. B. TA 5 und HFS 1). Daher

zu bestücken, genauso wie der Quarz Q 1. Die LED D 3 ist so einzusetzen, dass der Diodenkörper max. 2 mm Abstand zur Platine hat. In den Anschlusspunkt ST 1 ist eine bedrahtete Dämpfungspere einzulöten, deren Anschlussbein zuvor im Abstand von 3 mm um 90° abgewinkelt wurde. Die Einbauhöhe der Dämpfungspere sollte bei ca. 4 mm liegen und die „Perle“ nach dem Einbau nach links (von unten gesehen) zeigen. In ST 2 ist die 35 mm lange, schwarze Leitung einzulöten, die



**Bild 6: Detailansicht zum Anlöten der Verbindungsleitung**

sollte man sich beim Nachbau streng an die Stücklistendaten halten. Die jeweiligen Platinenfotos zeigen ggf. Zusatzinformationen in Detailfragen. Da die gesamten SMD-Bauteile bereits fertig bestückt und verlötet sind, beschränkt sich der Aufbau der beiden Platinen auf die Bestückung der bedrahteten Bauelemente. Die Besonderheiten sind im Folgenden erläutert.

zuvor auf beiden Seiten 3 mm abisoliert und sorgfältig verzinkt wurde. Im letzten Schritt wird der DIP-Schalter S 1 auf der Lötseite (!) eingebaut.

Zunächst nicht bestückt werden hier die Leitung an BU 1 und das Funk-Sendemodul HFS 2. Abbildung 3 zeigt die bestückte Hauptplatine in Seitenansicht.

**Hauptplatine**

Besondere Beachtung gebührt dem Einbau des PIR-Sensors PIR 1. Es ist darauf zu achten, dass das Sensorgehäuse komplett auf der Platine aufliegt. Hier darf sich kein Spalt zwischen Platine und Sensorgehäuse zeigen. Bei der Montage ist zudem sehr vorsichtig vorzugehen, da die Sensoroberfläche (Fenster) empfindlich gegen Verkratzen und Fingerabdrücke ist. Die Öffnung darf daher nicht berührt werden. Genauso vorsichtig sollte beim Einbau des Fotowiderstandes LDR 1 vorgegangen werden.

Die weiterhin zu montierenden bedrahteten Elektrolyt-Kondensatoren sind alle in korrekter Polarität und liegender Position



**Bild 7: Hauptlinse und Linsenhalter im eingebauten Zustand**



**Bild 8: Batteriefach mit eingesetzten Kontakten**

### Sensorplatine

Auch beim Aufbau der Sensorplatine sind einige Besonderheiten zu beachten. Um eine optimale Positionierung der optischen Einheit Sensor und Linse zu gewährleisten, wird der Sensor hier quasi in der Linse montiert. Dazu muss der PIR-Sensor zunächst so tief wie möglich in das Linsenunterteil eingesetzt werden (Achtung: Sensoroberfläche nicht berühren). Die korrekte Orientierung legt dabei die Nut am Linsenträger fest, in die die „Nase“ des Sensorgehäuses eintaucht. Anschließend wird diese Einheit auch hier so auf der Platine positioniert, dass sich kein Spalt zwischen Sensor bzw. Linsenträger und Platine ergibt. Nach der Montage ist das Oberteil der Linse aufzusetzen. Die korrekte Orientierung ist hier durch verschiedene Einkerbungen und Rastungen an beiden Linsenteilen gegeben. Die weiterhin noch zu bestückenden Elektrolyt-Kondensatoren sind entsprechend ihrer Polung liegend zu montieren. Auch hier zeigt Abbildung 4 Details zum Aufbau.

### Gehäuseeinbau

Sind die beiden Platinen soweit auf-



**Bild 9: Verdrahtung der Batteriekontakte mit Dämpfungspettern**

gebaut, erfolgt nun die Endmontage des Funk-Bewegungsmelders FS20 PIRI-2. Dazu sind zunächst ein paar vorbereitende Arbeiten erforderlich. Im ersten Schritt sind die beiden Platinen miteinander zu verbinden. Dies geschieht mit der 3-adrigen Flachbandleitung, die zuvor entsprechend Abbildung 5 vorzubereiten ist. Wichtig ist dabei, dass der Wickelsinn der Wicklung genau so wie abgebildet ausgeführt ist, dass die Leitungslängen der beiden Enden das angegebene Maß besitzen und dass die Leitungsenden abisoliert und verzinkt sind. Anschließend ist die Leitung in korrekter Orientierung in die mit BU 1 beschrifteten Anschlüsse (Haupt- und Sensorplatine) einzusetzen – im ersten Schritt von der Bestückungsseite in die zugehörigen Bohrungen der Hauptplatine. Auf der Sensorplatine wird die Leitung von der Lötseite (!) eingesetzt und dann verlötet. Dabei ist darauf zu achten, dass sich der in Abbildung 6 dargestellte Leitungsverlauf einstellt.

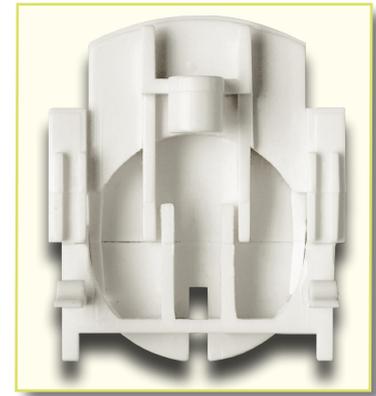
Anschließend erfolgt der Einbau des Funk-Sendemoduls HFS 2 auf der Hauptplatine in einem Abstand von mindestens 14 mm zwischen den beiden Platinen.

Die nächsten Vorbereitungen betreffen den mechanischen Aufbau. Hier wird zunächst die Hauptlinse im Gehäusevorderteil montiert. Dazu ist die Linse so von innen in die Fensteröffnung einzulegen, dass sich die länglichen Linsenfacetten oben befinden und die Fixierungsbohrungen der Linse über die entsprechenden Dome des Gehäuses fassen. Der dann aufzusetzende Linsenträger wird mit vier TORX-Schrauben befestigt und fixiert die Linse in dieser Position (siehe Abbildung 7).

Das Einpressen der Batteriekontakte in die Gehäuserückwand erfolgt gemäß Abbildung 8 und erfordert eine Zange und ein wenig Kraft. Die Kontakte mit Federblech sind dabei die „Minus-Kontakte“. Bei korrekter Montage stehen die Anschlüsse im Gehäuseinneren dann soweit durch, dass dort nun die Verdrahtung vorgenommen werden kann.

Die Batteriekontakte werden anschließend mit zwei bedrahteten Dämpfungspettern verbunden.

Diese sind, wie in Abbildung 9 dar-



**Bild 10: Detailansicht des oberen Gehäusedeckels**

gestellt, zu biegen und entsprechend einzulöten.

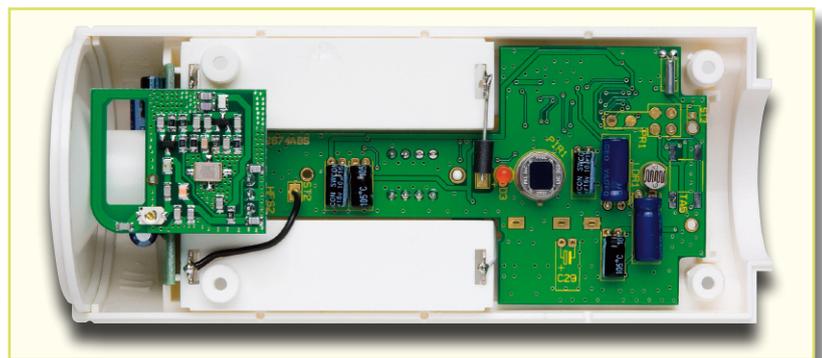
Bevor nun die Platineneinheit ins Gehäuse eingesetzt werden kann, sind noch der obere und untere Deckel zu montieren. Der untere Deckel wird direkt auf die Linse der Sensorplatine aufgesetzt. Der obere Deckel besteht aus zwei Teilen, die zusammengesteckt werden (siehe Abbildung 10) – diese Einheit wird dann in die obere der beiden Führungsnuten der Gehäuserückwand eingeschoben.

Beim Einsetzen der Hauptplatine ist darauf zu achten, dass der Gehäusedom in Höhe des Anschlusses ST 1 korrekt in die Platinenbohrung einfasst. Die untere Sensorplatine wird so positioniert, dass die Einkerbung der Platine im Gehäuseunterteil einrastet und auch der untere Deckel korrekt in der Nut liegt. Die so montierte Einheit ist zur Verdeutlichung in Abbildung 11 zu sehen.

Liegen beide Platinen korrekt im Gehäuse, sind die beiden Verbindungen zu den Batteriekontakten herzustellen. Der freie Anschluss der Dämpfungspettern in ST 1 wird mit dem oberen linken Batteriekontakt verlötet, das freie Ende der schwarzen Leitung in ST 2 mit dem unteren rechten Kontakt. Mit dem Aufsetzen und Verschrauben des Gehäusedeckels und dem Einkleben des Typenschildes in den Batteriefachdeckel ist der Nachbau abgeschlossen.

Die detaillierte Beschreibung der Inbetriebnahme, Installation und Bedienung folgt im nächsten Teil. **ELV**

**Bild 11: Haupt- und Sensorplatine im Gehäuse eingebaut**



# Verstärkertechnik in der Audiowelt

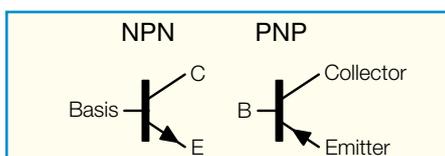


## Teil 4: Halbleiter in der Audio- verstärkertechnik

**Nachdem wir Ihnen einiges über die Historie und die Schaltungstechnik der Audio-Leistungsverstärker gezeigt haben, möchten wir nun einen Blick auf die aktiven Halbleiterbauelemente der Audioverstärkertechnik werfen. Auch hier hat sich seit der Entwicklung der Transistoren 1949 einiges getan.**

### Bipolare Transistoren

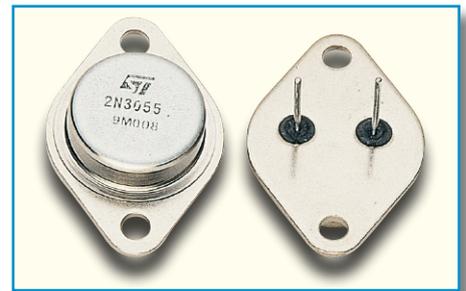
Dieses raffinierte Bauteil (Abbildung 1) revolutionierte in den 50er Jahren sämtliche Bereiche der Elektronik. Ein kleines Stück mehrfach dotiertes Germanium oder Silizium ersetzte damals die mechanisch hochkomplizierten und teuren Elektronenröhren. Gut – die Transistoren waren



**Bild 1: Schaltzeichen eines NPN- und eines PNP-Transistors mit Anschlussbezeichnungen**

damals auch nicht billig und die Qualität entsprach noch nicht der der Elektronenröhren, aber das sollte sich in den nachfolgenden Jahren noch ändern. Der große Vorteil der Transistoren war die Baugröße, der geringe Energieverbrauch und man konnte sie in 2 Polaritäten herstellen, also als PNP- und als NPN-Transistoren. Endlich konnte man tragbare Radios herstellen, die man mit preiswerten, handelsüblichen Batterien eine vernünftige Zeit betreiben konnte. Und, und, und.

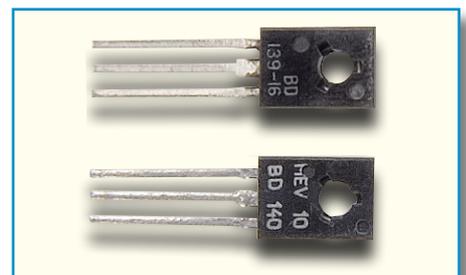
Was gab es jetzt für die Audioverstärker Neues? Nun, anfangs waren die Möglichkeiten gegenüber den Röhren stark eingeschränkt. Die Leistungstransistoren – anfangs waren es noch Germaniumtypen – waren nicht sehr spannungsfest und konnten keine hohen Ströme steuern. Man konnte mit ihnen keine Verstärker



**Bild 2: Transistor 2N3055**

höherer Leistung bauen. Erst Ende der 60er Jahre wurde der 2N3055 entwickelt, ein NPN-Leistungstransistor mit 60 V Sperrspannung, 15 A Spitzenstrom und 115 W maximal zulässiger Verlustleistung bei 25 °C (Abbildung 2). Mit diesem im Vergleich zu heute üblichen Audioleistungstransistoren (fT 30 MHz) extrem langsamen (fT 0,5 MHz) und in der Stromverstärkung nicht-linearen Transistor wurden in den 70er Jahren bereits erstaunlich gute Verstärker gebaut. Natürlich bei moderaten Ausgangsleistungen von 30...40 W. Hohe Ausgangsleistungen waren mit diesem Transistor aufgrund seiner geringen U<sub>ce</sub> von 60 V nur in Brückenschaltung machbar.

Die Stromverstärkung dieser alten 2N3055 war zum einen stark belastungsabhängig und zum zweiten im Strommaximum sehr gering (Abbildung 6). Je nach Schaltungsauslegung konnte man nur mit 15...30facher Verstärkung rechnen. Man brauchte also in jedem Fall einen guten Treiber. Hierfür haben sich bald die auch heute noch ge-



**Bild 3: Transistor BD139/BD140**

bräuchlichen – in Abbildung 3 dargestellten – „Plastiktransistoren“ BD139 (NPN) und BD140 (PNP) qualifiziert. Mit 80 V/ 2 A, 25 W (@25 °C) und, man beachte, einer Transitfrequenz von über 50 MHz schon beachtlich gute und schnelle Transistoren.

Die Stromverstärkung dieser Kleinleistungstransistoren war zwar noch nicht berühmt, man konnte aber schon mit 30...50facher Verstärkung rechnen, was zusammen mit den 15...30 des 2N3055 für eine quasikomplementäre Endstufe ausreichte. Die BD139/BD140 waren wegen ihrer hohen Transitfrequenz und ihrer bereits recht passablen Stromverstärkungslinearität auch

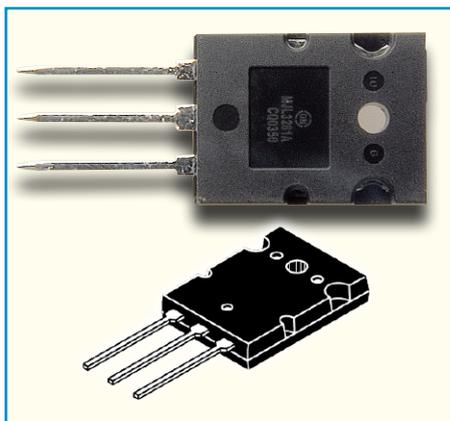
sehr gut für Spannungsverstärkerstufen geeignet. Mit einem ordentlichen Ruhestrom versehen, konnten diese Stufen mühelos die quasikomplementären Ausgangsstufen mit min. 450facher Stromverstärkung treiben.

Jetzt fehlt nur noch die Eingangsstufe. Hierfür benötigte man rauscharme und schnelle Kleinsignaltransistoren. Die Stromverstärkungslinierität ist hier nicht so wichtig, da die Stufen im Class-A-Betrieb laufen und die Signalhübe sehr gering sind. Kleinsignaltransistoren (Abbil-



**Bild 4: Typische Bauformen von Kleinsignaltransistoren**

dung 4) haben meist von Natur aus ein breites Band linearer Stromverstärkung. In den Anfängen der Siliziumtransistoren kamen hier z. B. BC109C zum Einsatz. Dies waren rauscharme Standardtransistoren, die mit den heute üblichen BC550C zu vergleichen sind.



**Bild 5: Typische Bauform kräftiger Leistungstransistoren**

Mitte der 70er Jahre kamen die japanischen Hi-Fi-Hersteller so richtig in Fahrt und mit ihnen kamen die in einem großen Strombereich linear verstärkenden und extrem schnellen Leistungstransistoren

| Tabelle 1:                                   |  |
|--|--|
| Tip 3055<br>Nachfolger des legendären 2N3055 | ON MJL 3281 das Optimum                          |
| VCE <sub>max</sub> 60 V                      | VCE <sub>max</sub> 200 V                         |
| IC <sub>max</sub> 15 A                       | IC <sub>Dauer</sub> 15 A IC <sub>Puls</sub> 30 A |
| fT 2,5 MHz, Original 2N3055 0,5 MHz          | fT 30 MHz !!                                     |
| β (@4A) 20...70                              | β (@1A) 35...160β (8A) 35...60!                  |
| Pc 115 W (@25 °C)                            | Pc 200 W (@25 °C)                                |

mit Sperrspannungen bis 150 V auf. Mit diesen Transistoren war es relativ einfach möglich, Verstärker mit hohen Leistungen und sehr geringen Verzerrungen zu bauen, solange man die Transistoren im linearen Verstärkungsbereich eingesetzt hat. Dieser lineare Bereich reichte je nach Typ bis zu 5 A. Bei den neusten Typen von Motorola reicht er sogar bis 8 A (Abbildung 5).

Was zeichnet diese neue Transistorgeneration aus?

Sehen wir uns doch einfach mal einige der technischen Daten in Tabelle 1 an.

Was uns sofort ins Auge sticht, ist die hohe Sperrspannung des modernen Japantransistors. Gut – wir haben hier eine Variante mit sehr hoher Sperrspannung. Die modernen Audiotransistoren sind üblicherweise mit 150, 200, 230 und neuerdings auch mit ca. 350 V zu haben, wobei die Versionen mit sehr hoher Sperrspannung ab 230 V nicht immer die hohen Transitfrequenzen von über 20 MHz aufweisen.

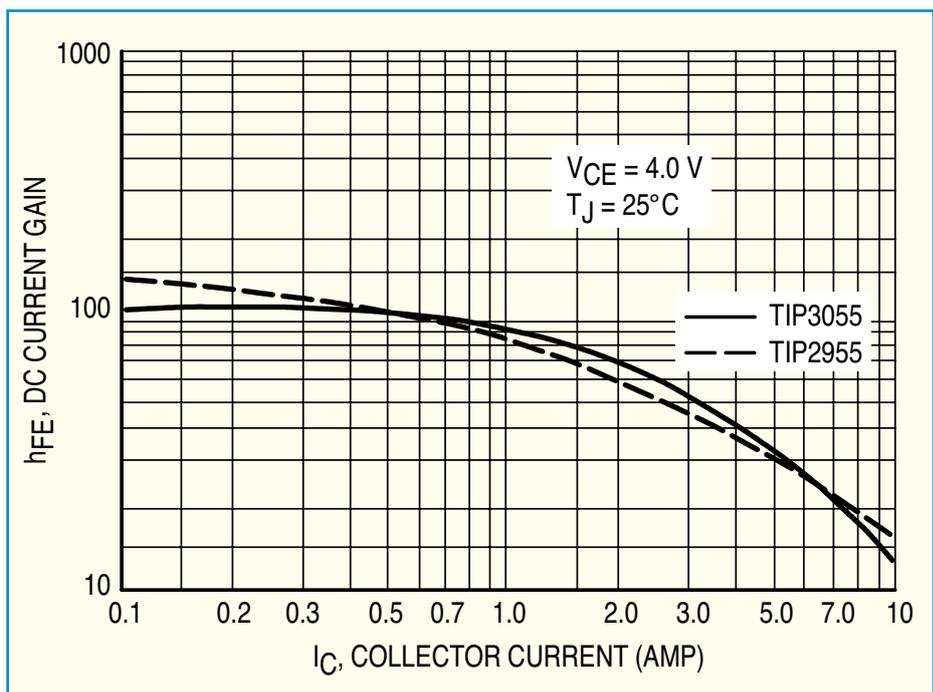
Weiterhin sind sie in der Lage, neben hohen Dauerströmen noch deutlich höhere Pulsströme zu verarbeiten, was uns bei Musiksignalen sehr entgegenkommt.

Und dann die hohe Transitfrequenz! Es wurden Leistungstransistoren in der Klasse 120 V/8 A bis 90 MHz hergestellt. Dies ermöglicht die Herstellung extrem breitbandiger Verstärker. Die australische Firma Metaxas drang mit ihren Verstärkern bis in den MHz-Bereich vor. Man könnte mit diesen Verstärkern einen kleinen Mittelwellensender betreiben! Klar, für einen Audioverstärker ist dies nun wirklich nicht notwendig, aber man zeigt ja gern, was man kann. Zum anderen gehörten die Metaxas-Verstärker in den 90ern zum Besten, was man damals kaufen konnte.

Was ist an den modernen Leistungstransistoren anders? Wenn wir uns das Verstärkungsverhalten eines modernen Audio-Leistungstransistors im Vergleich zu einem Kleinsignaltransistor moderner Bauart ansehen, so ist deren Verhalten identisch, wenn man über die Absolutwerte der Ströme hinwegsieht. Auch die Transitfrequenz ist vergleichbar.

Haben wir es mit einer Parallelschaltung von Kleinsignaltransistoren zu tun? Ja!

Die ersten so genannten Ringemitter-Leistungstransistoren für Audioanwen-



**Bild 6: Das Stromverstärkungsverhalten des 2N3055-Nachfolgers**

**Tabelle 2:  
Die gebräuchlichsten Audiotransistoren**

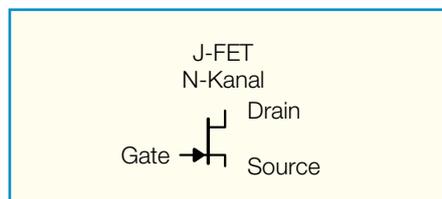
|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Power</b><br>Toshiba<br>Motorola<br>Motorola<br>Sanken<br><br>- Klassiker:<br>Motorola | 2SA1943/2SC5200<br>MJL 1302 A/MJL 3281A<br>MJ 21193/MJL 21194<br>2SA1294/2SC 3263<br><br>2N 3055/2N 2955<br>BD 249C/BD 250C<br>MJ 15003/MJ 15004 | 230 V/15 A/150 W/30 MHz<br>200 V/15 A/200 W/30 MHz<br>230 V/16 A/200 W/4 MHz<br>230 V/15 A/130 W/35 MHz<br><br>60 V/15 A/115 W/0,5 MHz (heute 3 MHz)<br>100 V/25 A/125 W/3 MHz heute TIP 35C/TIP 36C<br>140 V/20 A/250 W/4 MHz |
| <b>Treiber/Low Power</b><br>Toshiba<br><br>Motorola<br><br>- Klassiker:<br>Philips        | 2SA 1930/2SC 5171<br>2SA 1360/2SC 3423<br>MJ 15032/MJ 15033<br>MJE 340/MJE 350<br><br>BD139/BD 140   | 180 V/2 A/20 W/200 MHz<br>150 V/50 mA/5 W/200 MHz<br>250 V/8 A/50 W/30 MHz<br>300 V/500 mA/20 W<br><br>80 V/2 A/25 W/>50 MHz   |
| <b>Vorstufe</b><br>Toshiba<br><br>Hitachi<br>Motorola<br><br>- Klassiker:<br>Philips      | 2SA 1048/SC 2458<br>2SA 970 /SC 2240<br>2SB 647A/2SD 667A<br>MPSA 92/MPSA 42<br><br>BC 550C/BC560C<br>BC 639/BC 640                              | 50 V/150 mA/200 mW/80 MHz<br>120 V/100 mA/300 mW/100 MHz<br>120 V/1 A/900 mW/140 MHz<br>300 V/500 mA/625 mW/50 MHz<br><br>45 V/100 mA/500 mW/100 MHz<br>80 V/1 A/830 mW/100 MHz  |

dungen bestanden tatsächlich aus vielen Kleinsignal- bzw. Kleinleistungstransistoren, die über eine Art Ringleitung parallel geschaltet wurden. Ein sehr aufwändiger Fertigungsprozess, der sich auch im Preis niederschlug. Heute werden diese Transistoren zum Teil auch mit einer perforierten Emitterschicht dotiert, was einen ähnlichen Effekt erzeugt.

Bei den Kleinleistungstransistoren für die Vorstufen hat sich eigentlich nicht viel verändert. Die anfänglich geringen Sperrspannungen von 20...30 V wurden je nach Anwendungsgebiet auf 50...300 V erweitert. Für besonders rauscharme Vorstufen, z. B. für Moving-Coil-Abtaster oder Bändchenmikrofone, gibt es Spezialtransistoren mit sehr niedrigen Basisbahnwiderständen. Es handelt sich meist um Parallelschaltungen aus bis zu 20 Transistoren auf einem Chip. Das ist aber nur für sehr niederimpedante Quellen wie z. B. dynamische Mikrofone oder Moving-Coil-Abtaster sinnvoll.

### JFET

Sperrschicht-Feldeffekttransistoren sind im Vergleich zu den bipolaren Transistoren ladungsgesteuert und selbstleitend. Während beim bipolaren Transistor ein Strom über Basis und Emitter fließen muss, um einen Strom vom Kollektor zum Emitter



**Bild 7: Schaltzeichen eines N-Kanal JFET**

auszulösen, fließt beim JFET (Junction-FET) sozusagen von Haus aus ein Strom von Drain nach Source, auch wenn das Gate kein Potential hat, also mit Source verbunden ist. Der Transistor verhält sich wie eine Stromquelle mit einem im Kristall eingepprägten Strom. JFETs haben eine Kennlinienschar ähnlich einer Triode und sind unter den Kleinsignaltransistoren für viele Audioanwendungen das Feinste vom Feinen. Leider sind die wirklich verstärkertauglichen Typen mit hoher Steilheit immer seltener zu bekommen. Toshiba ist der bekannteste Hersteller für steile JFETs. Die meisten Standardtypen lassen durch ihre geringe Steilheit keine hohen Spannungsverstärkungen zu. Ein weiterer Wermutstropfen sind die gegenüber den bipolaren Transistoren wesentlich höheren Fertigungstoleranzen. Beim Einsatz in Differenzverstärkern ist eine Selektion

unumgänglich. Selektierte Paare sind kaum noch zu bekommen und schon gar nicht mit hoher Steilheit. JFETs sind fast ausschließlich Kleinsignaltransistoren. Nach unseren Informationen gibt es nur die Firma Lovoltec, die auch JFET-Leistungstransistoren herstellt. Ob diese auch in Deutschland erhältlich sind, ist uns nicht bekannt. Die Audioszene um Nelson Pass in den USA beschäftigt sich schon eifrig mit diesen Transistoren und lobt sie in höchsten Tönen ([www.Passdiy.com](http://www.Passdiy.com)).

### MOSFET



**Bild 8: Schaltzeichen eines N-Kanal- und P-Kanal-MOSFET**

Der Leistungs-MOSFET hat einige Vorteile gegenüber dem bipolaren Leistungstransistor.

Er wird, wie der JFET, über eine Ladung gesteuert mit dem Unterschied, dass die gängigen Leistungs-MOSFETs selbstsper-

**Tabelle 3:  
Gängige MOSFET-Typen für den Audiobereich**

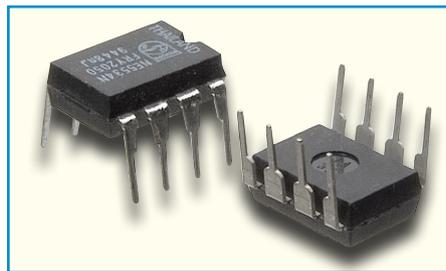
|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Power</b><br>International Rectifier | IRF 610/IRF9610<br>IRF 540/IRF9540<br>IRF 640/IRF9640<br>IRFP240/IRFP9240 | 200 V/+3,3 A/-2,3 A/36 W<br>100 V/+28 A/-19 A/150 W<br>200 V/+18 A/-11 A/125 W<br>200 V/+20 A/-12 A/150 W |
| <b>Klassiker:</b><br>Hitachi            | 2SK135/2SJ50  | 140 V/7 A/100 W   |
| <b>Kleinsignal</b><br>Zetex             | ZVN 3310/ZVP 3310   | 100 V/140 mA/625 mW   |

rend sind, d. h. es muss eine Spannung, je nach Typ zwischen 0,5 und 4 V, zwischen Gate und Source angelegt werden, damit der MOSFET leitend wird. Es entsteht hier schnell der Eindruck, die MOSFETs könnten leistungslos angesteuert werden. Dem ist, besonders bei Leistungs-MOSFETs, nicht so, da diese Bauteile beachtliche Kapazitäten beinhalten, die besonders im Impulsbetrieb erhebliche Probleme bereiten. Starke Leistungs-MOSFETs müssen dynamisch oft mit Treiberströmen von mehreren Ampere angesteuert werden, damit sie das tun, was sie sollen. Im Audioverstärker ist dies nicht so dramatisch, da die Impulsflanken recht flach sind (Bandbreiten bis 100 kHz sind üblich). Doch bei Spannungsteilern und Eingangsstufen sollte man die Kapazitäten im Auge behalten, um den Frequenzgang nicht einzuschränken und die Quellen nicht unnötig zu belasten. Hat man diese Randbedingungen im Griff, dann zeigt sich der MOSFET als recht audiophil, ganz besonders in Leistungsendstufen. Kräftig durchgesteuert, in einen Class-A-Verstärker, hat er ein sehr lineares Übertragungsverhalten und bietet einen sehr luftigen feinen Klang. Im Class-AB-Betrieb sollte er eine etwas kräftigere Gegenkopplung oder eine Feed-Forward-Korrektur bekommen, damit er klirrfarm arbeitet. Unter Belastung zeigt er sich von seiner besten Seite. Mit sehr hohen Maximalströmen bei kleiner Bauform sind MOSFETs besonders für Stromentlastungsschaltungen geeignet. Die Firma EXPOSURE z. B. setzt MOSFETs zusammen mit schnellen Kleinleistungstransistoren in einer Stromentlastungsschaltung in der Ausgangsstufe ein und erreicht damit beachtliche Audioqualitäten mit geringem Aufwand.

Ein weiterer Vorteil der hohen Spitzenströme: Man kann bei Leistungs-MOSFETs durchaus auf eine elektronische Übersicherung verzichten und Schmelzsicherungen einsetzen. Elektronische Überstromsicherungen haben ja immer den Nachteil, dass sie unter Umständen zu früh ansprechen und das Musiksignal verzerren. Dieses Problem gibt es bei Schmelzsicherungen nicht.

MOSFETs sind im Audiobereich vorwiegend im Leistungsteil von Endstufen zu finden, da ihr Rauschniveau relativ hoch liegt. In Vorstufen, bei kleinen Pegeln werden fast ausschließlich bipolare Transistoren und JFETs eingesetzt. Bei hohen Pegeln stört das Rauschen der MOSFETs nicht.

### Integrierte Operationsverstärker



**Bild 9: Bild eines OPs mit 8 Pins**

Nicht alle Audioschaltungen sind diskret mit Transistoren aufgebaut. Man bedient sich schon lange der Operationsverstärker. Sind diese genauso gut wie ausgefuchste diskrete Konzepte? Nun – mittlerweile ja.

Die wirklich audiotauglichen OPs wie z. B. TL072 oder der heute noch aktuelle NE5534 sind schon in den 70ern entwickelt worden. Der NE5534, ursprünglich von Valvo entwickelt, zeichnet sich durch sehr geringen Klirrfaktor, niedriges Rauschen und hohe Geschwindigkeit aus. Klanglich gehört er eher zu den kühlen Analytikern.

Der TL072, ursprünglich von Texas Instruments entwickelt, ist mit einer JFET-Eingangsstufe ausgestattet und ist von den technischen Daten dem NE5534 weit unterlegen. Klanglich zeigt er sich aber eher von der musikalischen und wärmeren Seite. Er ist immer wieder in kleinen, feinen Hi-Fi-Vollverstärkern der 80er und 90er Jahre zu finden. Der NE5534 kam vorwiegend im professionellen Bereich und in Phono-Vorstufen zum Einsatz, wo er mit Rausch- und Klirrfarmut glänzt.

Bis heute wurden die OPs im Audiobereich massiv weiterentwickelt. Rauschen und Klirren sowie höchste Geschwindig-

keiten sind kein Thema mehr. Auch klangliche Aspekte wie das Oberwellenspektrum im Klirrfaktor spielen eine große Rolle im Design moderner Audio-OPs.

Besonders hervorheben möchten wir den OPA604, ein JFET-OP mit hoher Betriebsspannung bis 2 x 25 V und zweistufigem Aufbau, sowie den extrem klirrfarmen und im Vergleich zum OPA604 rauschärmeren OPA134, ebenfalls ein JFET-Typ. Beide sind, was das Preis-Leistungs-Verhältnis betrifft, momentan die obere Messlatte für gehobene Anwendungen und werden von Burr-Brown hergestellt. Der OPA604 eignet sich aufgrund der hohen möglichen Ausgangsspannungen zum Treiben kleiner bis mittelstarker Endstufen (besonders in Brückenschaltung). In audiophilen Kreisen werden gelegentlich OPA627 und OPA637 eingesetzt. Es handelt sich hier um audiophile Weiterentwicklungen der legendären OP27 und OP37. Diese sind aber extrem teuer und die Performance liegt nicht weit über dem der heute üblichen Standards.

In der professionellen Audiowelt wird sehr häufig der MC33078 von Motorola eingesetzt. Er ist extrem billig, schnell und sehr rausch- und klirrfarm. Über die Klangqualitäten im highfidelen Sinn kann man sich streiten oder auch nicht. Er ist aufgrund seiner Rauschmutter für Mikrofon-, Instrumenten- und Phonovorverstärker bestens geeignet. Sein Übersteuerungsverhalten ist allerdings mit Vorsicht zu genießen. Er begrenzt nicht wie herkömmliche OPs, sondern geht bei Übersteuerung in einen taktenden Zustand über, der ziemlich hässlich klingende Oberwellen erzeugt.

Das Aufzählen weiterer Audio-OPs möchten wir uns hier sparen, da die Liste beinahe unendlich lang wäre. Jeder Hersteller bringt laufend neue Modelle mit immer besseren Daten auf den Markt. Der neuste Technologietrend liegt bei immer geringeren Betriebsspannungen und Betriebsströmen für batteriebetriebene Geräte. Die Klirrfaktoren liegen weit unter den Hörgrenzen, die Geschwindigkeiten werden immer größer.

So, das soll eine grobe, aber für den Anwender völlig ausreichende Übersicht über die speziellen Halbleiter der Audioverstärker sein. Die Datenblätter und selbstverständlich auch die Bauteile sind, sofern nicht in unserem Sortiment, im Internet erhältlich. Bei den Bauteilbezeichnungen ist allerdings Vorsicht geboten. Besonders bei den bipolaren Leistungstransistoren verbergen sich gelegentlich bei unterschiedlichen Herstellern unter derselben Bezeichnung unterschiedliche Typen.

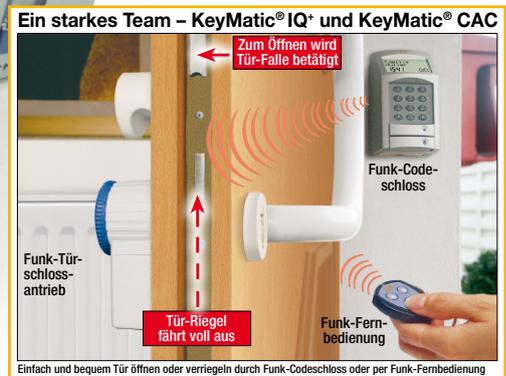
Im nächsten Beitrag sehen wir uns die technischen Daten eines Audioverstärkers etwas genauer an und analysieren Sinn und Unsinn mancher Angaben.

Also, bis dann ...

ELV



Der elektronische Türschlüssel



Einfach und bequem Tür öffnen oder verriegeln durch Funk-Codeschloss oder per Funk-Fernbedienung

# KeyMatic® CAC

## Funk-Zugangskontrolle Teil 2

Das Codeschloss KeyMatic® CAC sorgt in Verbindung mit dem KeyMatic-Türschloss-antrieb für einen hohen Bedienungskomfort und ermöglicht das Öffnen und Schließen der Tür unabhängig von einem Schlüssel. Im zweiten Teil werden nun die einzelnen Schritte, die zum Aufbau des Gerätes erforderlich sind, beschrieben.

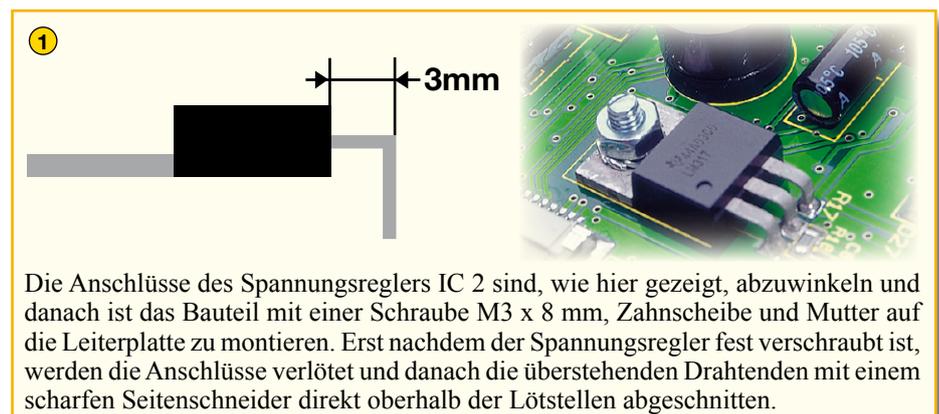
### Nachbau

Wie beim Türschloss-Antrieb handelt es sich auch beim Codeschloss KeyMatic® CAC um einen Almost-Ready-to-Run-Bausatz (Fast-Fertig). Die Displayplatine mit dem Single-Chip-Mikrocontroller wird vollständig mit allen Komponenten bestückt, abgeglichen und getestet geliefert. Das Gleiche gilt auch für das HF-Modul, bei dem auch keine Komponenten zu bestücken sind und kein Abgleich erforderlich ist.

Bei der Basisplatine sind nur noch wenige konventionelle Bauteile von Hand zu bestücken, und auf der Anschlussplatine sind nur drei 2-polige Schraubklemmen und ein Wannenstecker anzulöten.

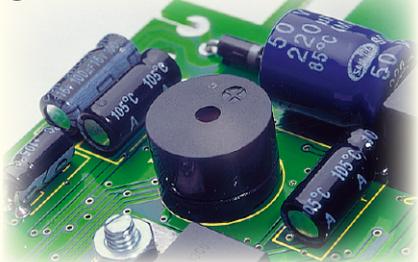
Abgesehen von den wenigen Lötarbeiten besteht der Nachbau im Wesentlichen aus dem Zusammenbau der einzelnen Kompo-

nenten. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die erforderlichen Schritte bis zum funktionsfertigen Gerät.



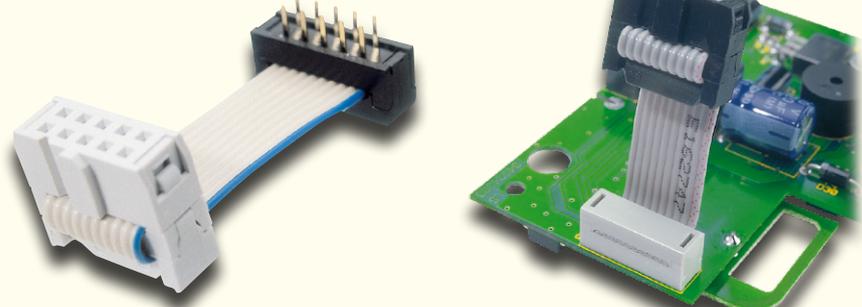
Die Anschlüsse des Spannungsreglers IC 2 sind, wie hier gezeigt, abzuwinkeln und danach ist das Bauteil mit einer Schraube M3 x 8 mm, Zahnscheibe und Mutter auf die Leiterplatte zu montieren. Erst nachdem der Spannungsregler fest verschraubt ist, werden die Anschlüsse verlötet und danach die überstehenden Drahtenden mit einem scharfen Seitenschneider direkt oberhalb der Lötstellen abgeschnitten.

2



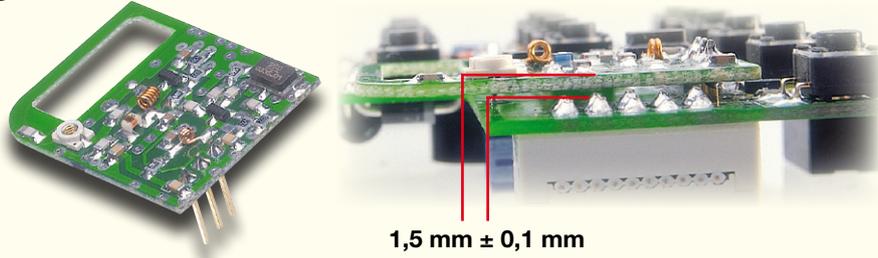
Im nächsten Arbeitsschritt ist der Soundtransducer PZ 1 einzulöten, wobei unbedingt die Polarität zu beachten ist. Sowohl am Bauteil als auch im Bestückungsdruck ist der Pluspol entsprechend gekennzeichnet.

3



Das mit einem Leiterplattenverbinder und einem 10-poligen Stecker fertig konfektionierte Flachbandkabel ist das nächste zu verarbeitende Bauteil. Der Leiterplattenverbinder wird, wie hier gezeigt, so eingesetzt, dass das Kunststoffgehäuse plan auf der Leiterplatte aufliegt. Danach erfolgt dann das Verlöten der einzelnen Anschlusspins.

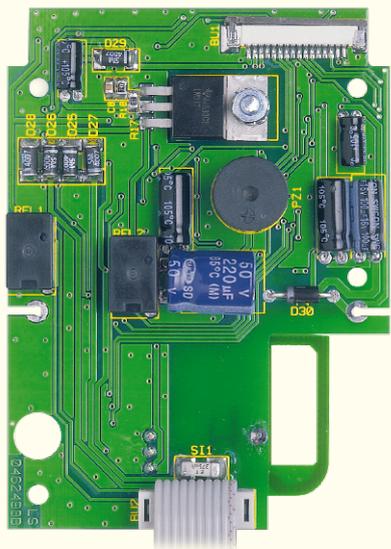
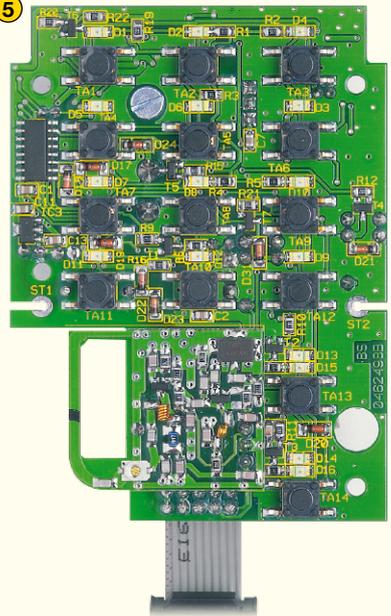
4



1,5 mm ± 0,1 mm

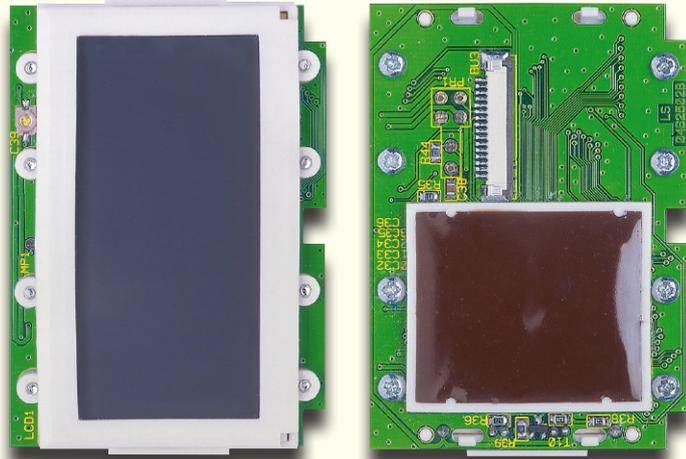
Hier sehen Sie das fertig aufgebaute Sendemodul. Beim Einbau des HF-Senders ist der in der Abbildung vorgegebene Abstand zur Platine genau einzuhalten. Nach dem Verlöten muss das Sendemodul mit einem Abstand von 1,5 mm parallel zur Basisplatine liegen.

5

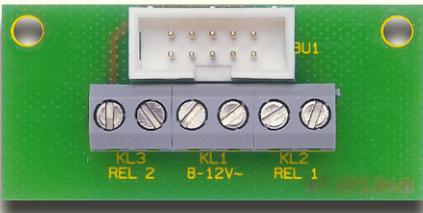


Abgebildet ist die Prozessorplatine mit LC-Display von der Displayseite (links) und von der Platinenunterseite (rechts). Bei dieser Platine sind keine Bestückungsarbeiten erforderlich.

6



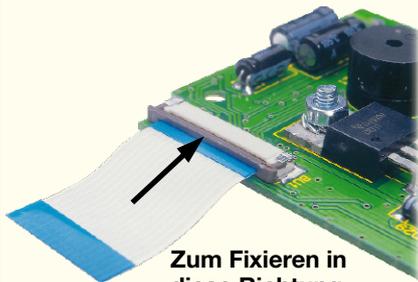
7



Die Bestückung der Anschlussplatine ist besonders einfach, da nur drei 2-polige Schraubklemmen und ein 10-poliger Wannenstecker aufzulöten sind. Zu beachten ist dabei, dass die Bauteile vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen müssen.

Die Abbildung oben zeigt die nun bereits vollständig bestückte Bedienplatine von der Tastenseite, und unten ist diese Platine von der Unterseite abgebildet.

8

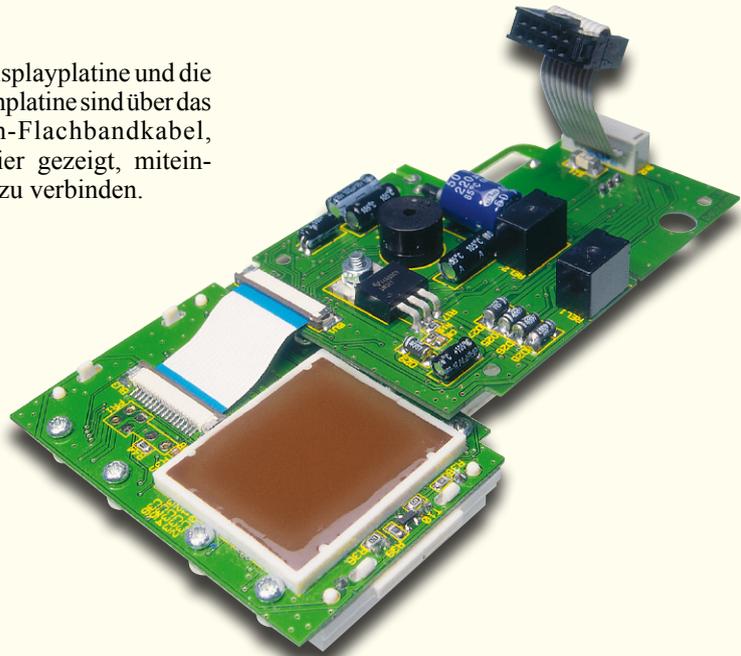


Zum Fixieren in diese Richtung schieben

Ein fertig konfektioniertes Folien-Flachbandkabel dient zur Verbindung der Displayplatine mit der Bedienplatine. Zuerst ist am Leiterplattenverbinder die Verriegelung (braun) zu lösen, dann das Flachbandkabel bis zum Anschlag einzuschieben, und im letzten Schritt erfolgt die Fixierung durch Festsetzen des Verriegelungsmechanismus.

9

Die Displayplatine und die Bedienplatine sind über das Folien-Flachbandkabel, wie hier gezeigt, miteinander zu verbinden.



10



An die beiden Batterie-Einzelkontakte sind, wie in der Abbildung gezeigt, Silberdrahtabschnitte anzulöten.

11



Bei der weißen Gehäusevariante werden die Seitenwände innen mit einer selbstklebenden Lichtmaske abgeklebt. Das Verkleben ist vorsichtig und sehr sorgfältig entsprechend der Abbildung durchzuführen. Zu beachten ist, dass keine Lücken zwischen den Gehäusekanten und den Lichtmasken entstehen dürfen.

12



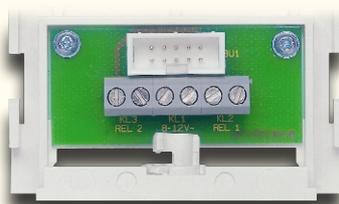
Die Bedientasten sind, wie abgebildet, einzusetzen. Die beiden kürzeren Tasten müssen in die richtige Position (Sondertasten) gesetzt werden.

13



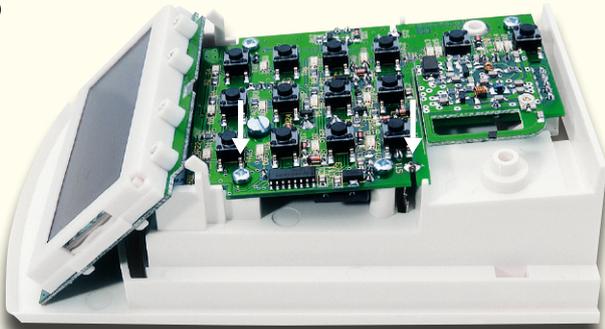
Danach wird die Lichtmaske für die Tasten, wie abgebildet, eingesetzt.

14



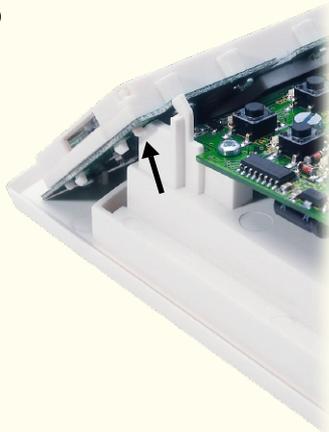
Im nächsten Arbeitsschritt ist die Anschlussplatine mit zwei Schrauben für Kunststoff 3,0 x 8 mm in den Wandhalter zu schrauben.

15



Die mit einem Flachbandkabel verbundene Platineinheit (Display- und Bedienplatine) wird, wie abgebildet, in das Gehäuse gesetzt. Das Flachbandkabel für den Anschluss an der Anschlussplatine ist durch die zugehörige Öffnung der Gehäuseseite zu führen und die Displayplatine ist in die vorgesehenen Führungsstege zu setzen. Festgesetzt wird die Bedienplatine mit vier selbstschneidenden Schrauben 2,5 x 6 mm. Die Silberdrahtabschnitte der beiden vorbereiteten Batterieanschlüsse sind in die zugehörigen Öffnungen der Bedienplatine zu führen und sorgfältig zu verlöten.

16



Damit eine einfachere Montage der so weit vorbereiteten Einheit in das Gehäuse-Frontteil möglich ist, ist die Platine im unteren Bereich, wie hier abgebildet, an beiden Seiten mit einem Tropfen Klebstoff z. B. Heißkleber zu sichern.

18



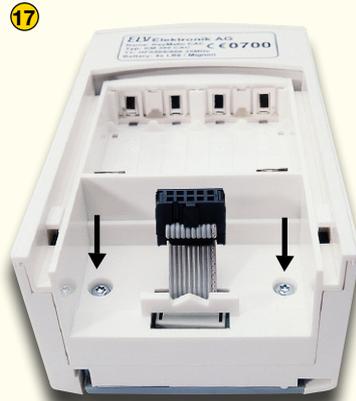
An der Gehäuse-Frontseite sind die beiden Tasterabdeckungen für die Zusatz-tasten einzurasten.

21



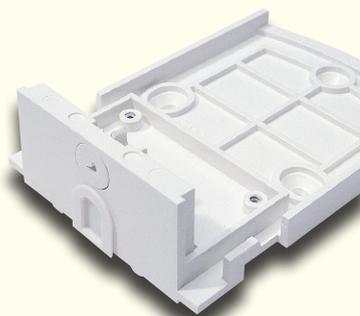
Mit dem zum Lieferumfang gehörenden Spezialschlüssel wird das Codeschloss mit der Montageplatte verriegelt. Um z. B. die Batterien zu wechseln, ist das Codeschloss zu entriegeln, nach oben zu schieben und von der Montageplatte abzunehmen. **ELV**

17



Die beiden mit Silberdrahtabschnitten vorbereiteten Batteriekontakte sind bis zum Einrasten in die dafür vorgesehenen Positionen des Batterie-fachs zu schieben. Im Anschluss hieran sind die drei Batterie-Doppelkontakte in der gleichen Weise einzurasten. Die Gehäuserückseite mit den fertig montierten Platinen wird in das Gehäuse-Frontteil gesetzt und leicht nach oben geschoben. Damit die Tasten bei der Montage nicht heraus-fallen können und die Lichtmaske oberhalb der Tasten nicht verrutscht, sollte das Gehäuse-Frontteil nicht gedreht werden. Festgesetzt werden die beiden Gehäusehälften mit zwei Schrauben für Kunststoff 3,0 x 12 mm.

19



An der Unterseite der Montageplatte ist der Verriegelungsmechanismus einzurasten und eine Kabeldurchführung ist in die dafür vorgesehene Öffnung zu schieben. Die Kabeldurchführung wird nur benötigt, wenn von unten ein auf Putz verlegtes Kabel zugeführt werden soll. In der Regel erfolgt die Kabelzu-führung von der Rückseite.

20



Bei der Endmontage wird zuerst die Montageplatte mit der Anschluss-platine an die vorgesehene Position an der Wand montiert. Bei Bedarf kann an die Schraubklemmen eine externe Spannungsversorgung und/oder eine Klingel angeschlossen werden. Zur Montage des Codeschlusses wird der Stecker des Flachbandkabels auf den dafür vorgesehenen Wannenstecker der Anschlussplatine aufgesteckt, das Codeschloss vorsichtig aufgesetzt und nach unten verrastet.



# Funk-Energiemonitor im Hutschienengehäuse

Neues vom Energiemonitor-System EM 1000.

**Der Wirkleistungsmesser EM 1000-HSM als weitere Erfassungs-Komponente des Systems ist in einem Standard-Hutschienengehäuse untergebracht und eignet sich vor allem für die Leistungsaufzeichnung eines gesamten Sicherungszweiges. Das Gehäuse erlaubt einen einfachen und professionellen Einbau im Sicherungskasten, die Übertragung der erfassten Daten erfolgt per Funk zum Anzeigerät EM 1000 bzw. zum Datenlogger EM 1000-DL.**

## An der Quelle erfasst

Aufgrund seiner individuellen Einsatzmöglichkeiten in vielen denkbaren Anwendungsbereichen hat sich das ELV-Energiemonitor-System EM 1000 inzwischen bewährt – ob es die Erfassung direkt am Wechselstromzähler oder Gaszähler ist oder aber die beliebiger Elektrogeräte über

| Technische Daten: EM 1000-HSM |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| Betriebsspannung:             | 230 V/50 Hz          |
| Laststrom:                    | max. 16 A            |
| Messtoleranz:                 | <2 %                 |
| Leistungsaufnahme:            | 1 W                  |
| Sendefrequenz:                | 868,35 MHz           |
| Modulation:                   | AM, 100 %            |
| Reichweite:                   | bis 100 m (Freifeld) |
| Abm. (B x H x T):             | 36 x 87 x 65 mm      |

eine mobile Funkmessstelle. Die erfassten Daten werden bequem per Funk übertragen und sind entweder über das Anzeigerät EM 1000 direkt auswertbar oder via Datenlogger EM 1000-DL über lange Zeiträume erfass- und per PC-Programm auswertbar.

Der Wirkleistungsmesser EM 1000-HSM reiht sich als weitere Komponente in dieses System ein. Das Gerät ist speziell für die Dauerüberwachung bzw. die Langzeitaufzeichnung einzelner Sicherungszweige gedacht. Dabei erlaubt das Hutschienengehäuse einen problemlosen Einbau im Sicherungskasten, ist durch sein kompaktes Gehäuse allerdings auch an anderen Stellen unauffällig montierbar.

Die Daten des EM 1000-HSM können, wie auch beim EM 1000-EM, zum einen bequem auf dem Display des EM 1000 überwacht und beobachtet und zum anderen mit Hilfe des Datenloggers EM 1000-DL für eine spätere genauere zeitliche Analyse aufgezeichnet werden.

Ein wesentliches Ziel bei der Entwick-

lung des EM 1000-HSM war, das Gerät in einem möglichst kompakten Gehäuse unterzubringen und so eine Möglichkeit zu bieten, es professionell, platzsparend und unauffällig im Sicherungskasten montieren zu können. Dem entspricht die Rasterbreite von nur 2 TE (36 mm) und die einfache Verkabelung mit Netzanschluss und zu überwachendem Verbraucherzweig.

Besteht der Sicherungskasten aus Metall, ist beim Einsatz des EM 1000-HSM zu beachten, dass die Funkreichweite des internen Datensenders gegenüber dem Freifeld (bis zu 100 m) erheblich reduziert werden kann. Aus diesem Grund ist es unter Umständen notwendig, den EM 1000 bzw. den Datenlogger in der Nähe des Sicherungskastens zu platzieren.

Die Überwachung einzelner, kompletter Sicherungszweige ermöglicht es auf einfache Weise, Verbraucher zu überwachen, die sonst nicht ohne Weiteres einzeln erfassbar wären, wie etwa Beleuchtungsgruppen, fest verkabelte Geräte, weit ab

liegende Verbraucher oder komplette Verbrauchergruppen, die über einen eigenen Sicherungszweig laufen, wie z. B. Garten-/Gewächshaus, Werkstatt etc.

## Bedienung und Funktion

Der Anschluss des EM 1000-HSM ist einfach – er benötigt einen Netzspannungsanschluss und er ist zwischen Sicherung und Verbraucher zu schalten.

Da das Hutschienengehäuse einen problemlosen Einbau im Sicherungskasten erlaubt, kann die notwendige Kabelverlegung im Sicherungskasten sehr kurz und einfach ausfallen. Im Prinzip erfordert die Verkabelung nicht mehr Aufwand als das Einfügen eines Leistungsschutzschalters oder eines FI-Schalters.

Wie bereits diskutiert, erfolgt der Empfang der vom EM 1000-HSM ausgesendeten Daten zum einen direkt mit dem Energiemonitor EM 1000 und zum anderen mit dem Datenlogger EM 1000-DL.

Der Energiemonitor erlaubt die direkte Anzeige der Energiedaten, wobei diese alle 5 Minuten aktualisiert werden. Es kann der Gesamt-Energieverbrauch seit Beginn der Aufzeichnung genauso abgelesen werden wie die daraus folgenden Kosten. Des Weiteren zeigt der Monitor auf Knopfdruck die mittlere Leistung und die Spitzenleistung des letzten Intervalls an.

Mit dem Datenlogger ist eine Langzeitaufzeichnung des Energieverbrauchs für eine spätere zeitliche Analyse möglich. Hier kann wahlweise ein Aufzeichnungszyklus von 5 oder 30 Minuten eingestellt werden.

Bei der ersten Inbetriebnahme ist ein Anlernen der beteiligten Geräte erforderlich. Dazu ist mit Hilfe des Tasters am EM 1000-HSM eine der vorgegebenen Adressen von 5 bis 8 einzustellen. Werkseitig ist diese Adresse auf 5 eingestellt und muss nur dann verändert werden, wenn bereits ein anderer EM-Energiesensor vorhanden ist und mit dieser Adresse sendet.

Um die Adresse zu verändern, ist der Taster für ca. 5 Sek. gedrückt zu halten. Sobald das Gerät für die Programmierung bereit ist, leuchtet die LED auf. Wird nun der Taster losgelassen, blinkt die LED entsprechend der eingestellten Adresse periodisch auf. Durch einen kurzen Tastendruck kann die Adresse um eins erhöht werden bzw. wechselt von Adresse 8 zurück zu Adresse 5. Ist die gewünschte Adresse eingestellt, ist der Taster für ca. 2 Sek. gedrückt zu halten. Zur Signalisierung leuchtet die LED während dieser Zeit auf. Sobald die LED erlischt, kann der Taster losgelassen werden, und die neue Adresse ist übernommen.

Kurz nach dem Zuschalten der Spannungsversorgung zum EM 1000-HSM sendet dieser sein erstes Datenpaket. Anschließend werden im 5-Minuten-Intervall

weitere Datenpakete versendet. Nach dem Zuschalten der Betriebsspannung beginnt eine neue Datenaufzeichnung, d. h. sämtliche bisher aufgenommenen Energiedaten werden zurückgesetzt.

Besteht der Wunsch, eine neue Energieerfassungsreihe aufzuzeichnen, und möchte man keine Spannungsunterbrechung am EM 1000-HSM vornehmen, weil eventuell gerade in Betrieb befindliche Geräte am Wirkleistungsmesser angeschlossen sind, kann auch ein Software-Reset durch den Taster vorgenommen werden. Dazu ist dieser für ca. 10 Sek. zu drücken. Nach Ablauf von 5 Sek. leuchtet die LED auf, nach weiteren 5 Sek. erlischt diese wieder. Nun kann die Taste losgelassen werden, und der Software-Reset ist ausgeführt.

## Schaltung

In Abbildung 1 ist der Schaltungsteil des EM 1000-HSM dargestellt, der sich später auf der Basisplatine befindet. Er dient zum einen der Betriebsspannungserzeugung und zum anderen der Bereitstellung der aufzubereitenden Strom- und Spannungsverläufe. Die Schaltung des Steuerteils (Steuerplatine) ist in Abbildung 2 zu sehen. Sie ist für die Aufbereitung der Daten der Strom- und Spannungsverläufe und die anschließende Errechnung des Energieverbrauchs zuständig.

Wir wollen zunächst mit der Schaltungsbeschreibung der Basisplatine beginnen und

dann mit der Steuerplatine fortfahren.

Die Betriebsspannung zur Versorgung des Wirkleistungsmessers von +3 V wird mittels des Trenntrafos TR 1, des Brückengleichrichters GL 1 und des Spannungsreglers IC 1 erzeugt. Um die Betriebsspannung +U<sub>B</sub> hinter dem Brückengleichrichter zu stabilisieren, wird der Elektrolyt-Kondensator C 1 zur Spannungsglättung eingesetzt. Die Ausgangsspannung des Spannungsreglers wird mittels des Elkos C 4 stabilisiert. Die Kondensatoren C 2, C 3 und C 5 dienen zur Unterdrückung hochfrequenter Störspannungen.

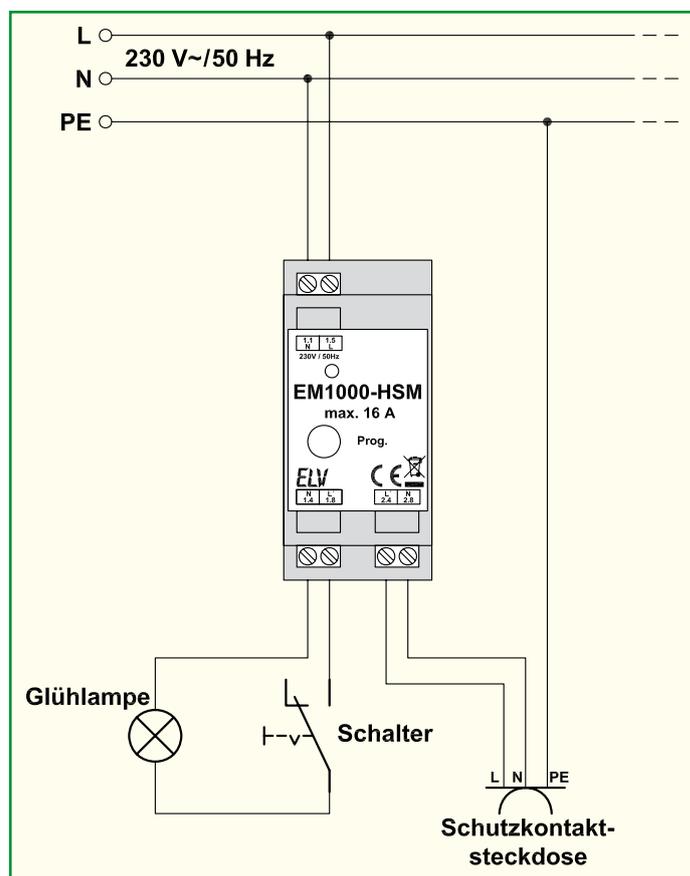
Um den Stromverlauf messen zu können, werden zwei parallel liegende niederohmige Shuntwiderstände eingesetzt. Der Spannungsabfall über diese ist proportional zum Stromfluss und erlaubt somit später die Umrechnung. Die Shuntspannung gelangt über die Buchse BU 2 auf die Steuerplatine.

Die Netzspannung, die an Klemme KL 1 anzuschließen ist, wird über den Spannungsteiler R 3, R 4 und R 5 zur Buchse BU 1 geführt und von dort zur weiteren Verarbeitung auf der Steuerplatine abgegriffen.

An den Klemmen KL 2 und KL 3 schließt man die zu überwachenden Leitungen mit den Verbrauchern an.

Damit kommen wir bereits zur Schaltungsbeschreibung der Steuerplatine.

Die Steuerplatine wird von der Basisplatine zum einen mit der Spannung +U<sub>B</sub> und zum anderen mit der Spannung +3 V



Anschlussschema des EM 1000-HSM

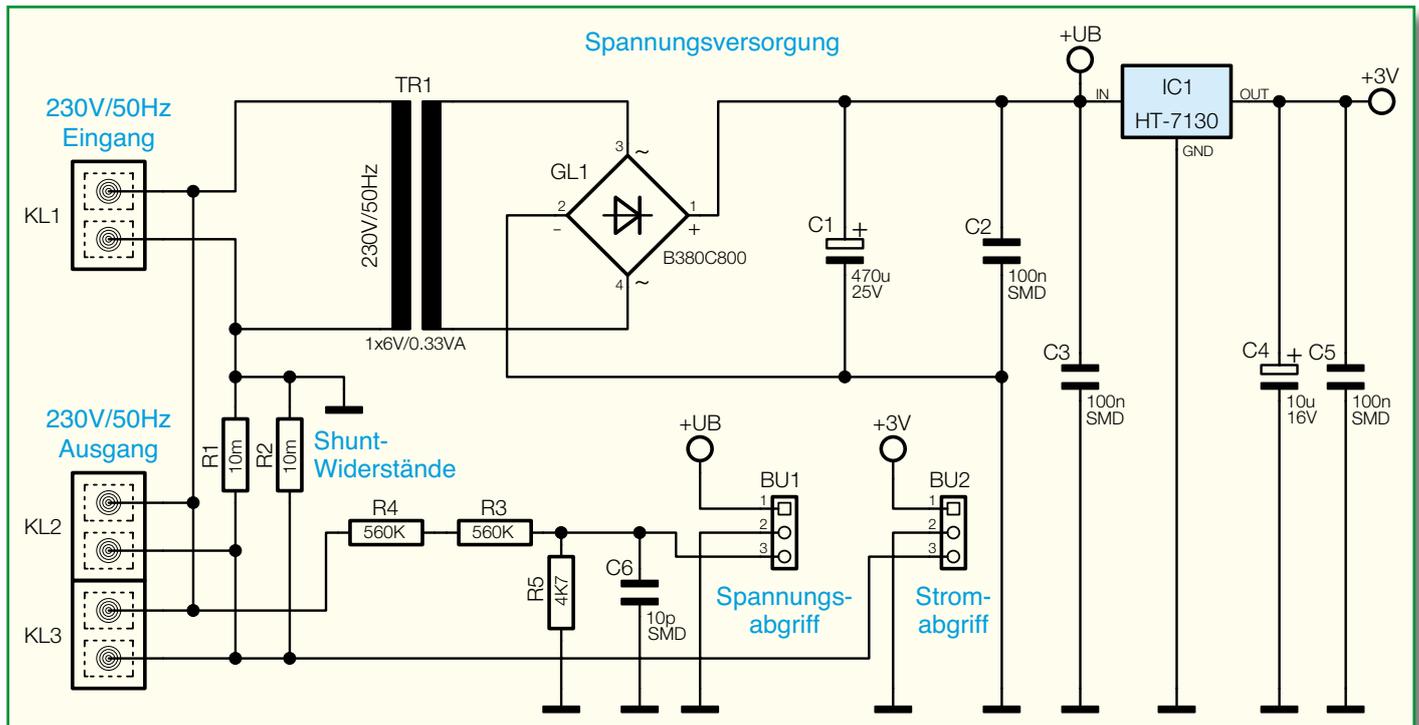


Bild 1: Schaltbild der Basisplatine des EM 1000-HSM

versorgt. Die Spannung  $+U_B$  dient zur Versorgung des Vierfach-Operationsverstärkers IC 11 und die Spannung  $+3\text{ V}$  zur Versorgung des Mikrocontrollers IC 10 und des Sendemoduls HFS 10.

Der Mikrocontroller ist das zentrale Schaltungselement der Steuerplatine, hier laufen alle Informationen zusammen. Zur Stabilisierung der internen Takterzeugung des Prozessors auf  $4\text{ MHz}$  ist an Pin 7 und 8 der Quarz Q 10 angeschlossen. Ein definierter Reset des Controllers nach dem Zuschalten der Betriebsspannung ist durch den Widerstand R 15 am Reset-Pin 29 gesichert. Hochfrequente Störungen an den Versorgungspins 4, 6, 18 und 20 werden mit Hilfe des Kondensators C 18 unterdrückt. Der Taster TA 10 dient zur Programmierung der Adresse des EM 1000-HSM und zu einem Reset der bis dahin aufgezeichneten Energiedaten.

Die Leuchtdiode D 10 wird zum einen als optische Unterstützung bei der Adresseneinstellung verwendet und zum anderen leuchtet sie immer dann kurz auf, wenn ein Datenpaket versendet wird. Die zu versendenden Datenpakete werden direkt auf den Dateneingang des Sendemoduls HFS 10 geleitet.

Die Stiftleiste ST 3 ist im Wesentlichen nur für den Abgleich des Gerätes von Bedeutung und spielt für den normalen Betrieb keine Rolle.

Um den Netzspannungsverlauf aufzeichnen zu können, wird dieser von der Stiftleiste ST 1 abgegriffen. Der Spannungsteiler auf der Basisplatine ist so dimensioniert, dass die Spannungsamplitude am Widerstand R 5 den Wert  $\pm 1,5\text{ V}$  nicht

überschreitet. Da der Mikrocontroller nur Spannungen von null bis  $3\text{ V}$  verarbeiten kann, nimmt der Operationsverstärker IC 11 B eine Anhebung des Signals um ca.  $1,5\text{ V}$  vor. Dazu wird am positiven Eingang des OPs die entsprechende Spannung, die zur gewünschten Anhebung führt, über den Spannungsteiler R 13, R 14 eingestellt. Der Elko C 28 sorgt für die Spannungsstabilisierung. Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers wird direkt auf einen A/D-Eingang des Controllers geführt und kann aufgezeichnet und verarbeitet werden.

Die Stromverlaufsaufzeichnung ist in ähnlicher Weise realisiert wie die Spannungsaufzeichnung. Die zum Stromfluss proportionale Spannung wird an der Stiftleiste ST 2 abgegriffen und zu den Operationsverstärkern IC 11 A, C und D weitergeleitet. Die Operationsverstärker sorgen jeweils für eine dem jeweiligen Messbereich angepasste Verstärkung und eine Anhebung des Signals um ca.  $1,5\text{ V}$ .

Die Verstärkungsfaktoren ergeben sich durch die Widerstandsverhältnisse R 18 zu R 22 und R 19 zu R 24 sowie R 23 zu R 25. Die Spannungen, die zur positiven Anhebung des Signals erforderlich sind, werden über die Spannungsteiler R 27, R 30 und R 28, R 31 sowie R 29, R 32 bereitgestellt. Die Elektrolyt-Kondensatoren C21, C24 und C 25 sorgen für eine Spannungsstabilisierung an den Eingängen der OPs. Die Ausgänge der Operationsverstärker werden direkt bzw. über die Widerstände R 17, R 21 zu den A/D-Eingängen des Mikrocontrollers weitergeleitet.

Die Transistoren T 10 und T 11 sorgen

dafür, dass die Spannungen an den A/D-Eingängen des Mikrocontrollers die vorgegebene Spezifikation nicht verletzen. Standardmäßig sind diese angesteuert und sorgen damit für Low-Pegel an den entsprechenden A/D-Eingängen. Bei der Stromverlaufsaufzeichnung wird zunächst die Ausgangsspannung des OPs IC 11 A geprüft. Stellt der Controller fest, dass der Strom kleiner als  $5\text{ A}$  ist, wechselt er zum OP IC 11 C und versetzt den Transistor T 10 damit in den Sperrzustand. Wird nun wiederum festgestellt, dass die Stromstärke geringer als  $0,8\text{ A}$  ist, wird zum OP IC 11 D weiter gewechselt und somit auch der Transistor T 11 in den Sperrzustand geschaltet.

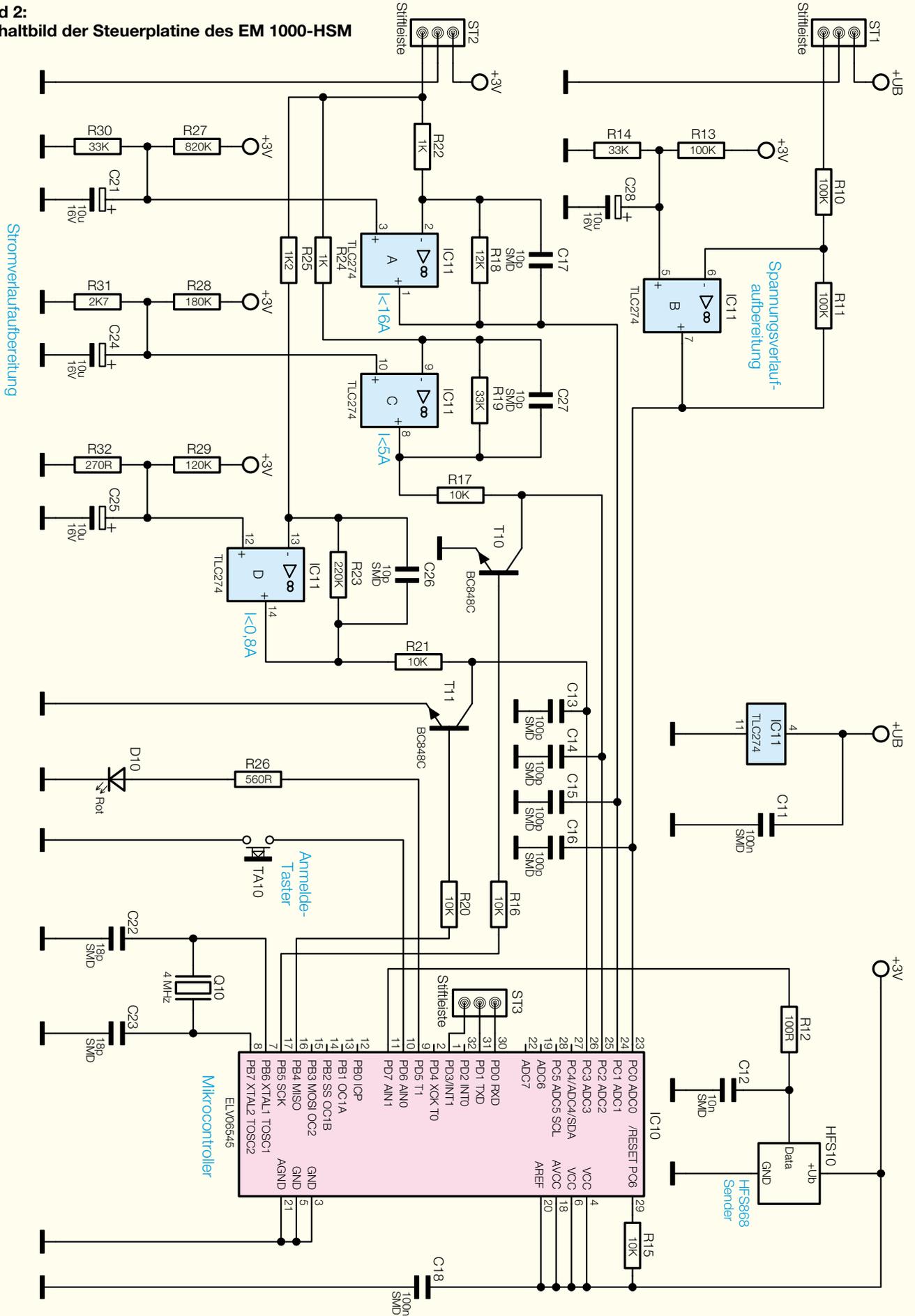
Diese Schaltungsmöglichkeit bietet eine effektive Umschaltung zwischen verschiedenen Strombereichen und es wird damit die Aufzeichnungsgenauigkeit wesentlich verbessert. Nach jedem Messvorgang werden die Transistoren wieder angesteuert, womit sichergestellt ist, dass eine plötzliche Stromerhöhung keinen Schaden am Mikrocontroller verursachen kann.

Um sicherzustellen, dass hochfrequente Störspannungen keine gravierenden Einkopplungseffekte auf den Operationsverstärkern sowie den A/D-Eingängen des Mikrocontrollers ausüben können, sind die Kondensatoren C 13 bis C 17, C 26 und C 27 eingebaut.

## Nachbau

Aufgrund der vorgegebenen Gehäusegröße ist die Schaltungsrealisierung bis auf wenige konventionelle Bauelemente

**Bild 2:**  
Schaltbild der Steuerplatine des EM 1000-HSM

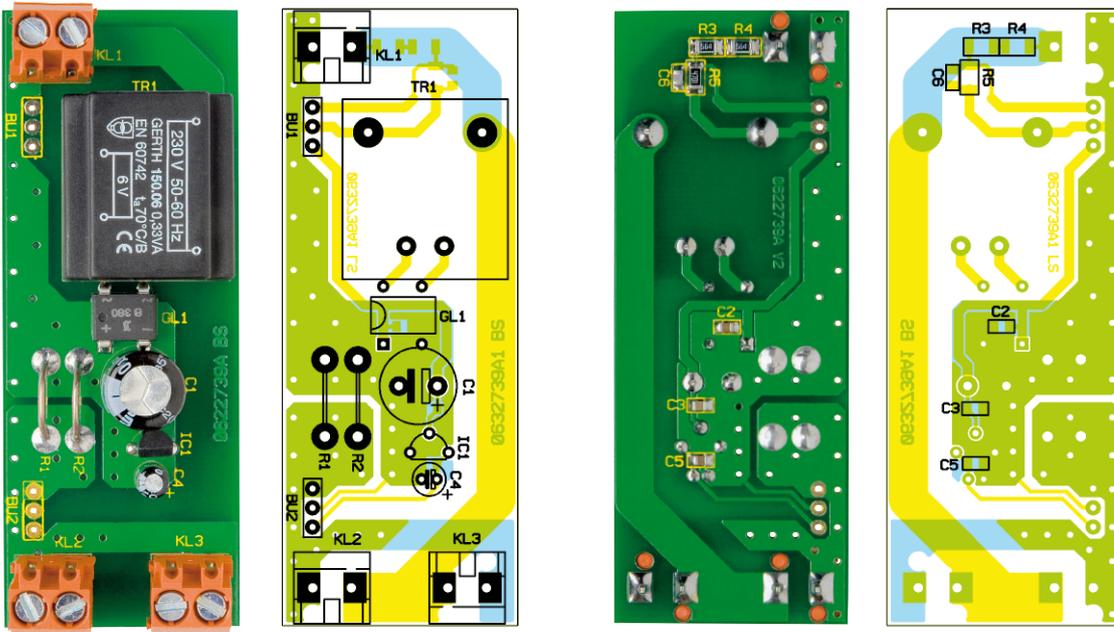


Stromverlaufaufbereitung

Spannungsverlauf-  
aufbereitung

Mikrocontroller

HFS968  
Sender



Ansicht der fertig bestückten Basisplatte des EM 1000-HSM mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite

hauptsächlich mit Hilfe von SMD-Komponenten durchgeführt worden. Aufgrund von Bauteiltoleranzen ist nach dem Schaltungsaufbau ein Abgleich vorzunehmen. Da dieser Abgleich nur mit entsprechenden Test-Tools durchgeführt werden kann, sind beide Platinen bereits miteinander verbunden und mit sämtlichen Bauteilen vorbelegt, die für den Abgleich entscheidend sind. Der Aufbau beschränkt sich somit auf die Bestückung einiger konventioneller Bauelemente sowie den Einbau in das Hutschienengehäuse.

Der Nachbau beginnt mit dem Einbau des HFS-868-Sendemoduls (HFS 10) und des Trenntrafos (TR 1). Um das Sendemodul exakt platzieren zu können, sind die Anschlussstifte des Moduls zunächst auf ca. 5 mm zu kürzen. Anschließend werden die Anschlussstifte durch die zugehörigen Bestückungslöcher geführt und sorgfältig verlötet. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass das Modul bis zum Anstoßen an die Stiftleiste ST 1 auf die Steuerplatine

geschoben wird, da andernfalls der Platz für den Trenntrafo nicht mehr ausreicht. Nach dem Verlöten sind die überstehenden Anschlussstifte des Sendemoduls direkt über der Lötstelle zu kürzen.

Es folgt das Bestücken des Trenntrafos auf der Basisplatte und das anschließende Verlöten seiner Anschlüsse auf der Rückseite. Dabei sollte man reichlich Lötzinn verwenden, um eine gute Kontaktierung und einen sicheren mechanischen Sitz zu gewährleisten.

Auf der Steuerplatine wird danach der Taster eingebaut, auf dessen Stößel ist zuvor der beigelegte weiße Tastkopf aufzusetzen. Anschließend folgt die Bestückung der Anschlussklemmen. Auch hier ist wieder darauf zu achten, dass beim Verlöten mit reichlich Lötzinn gearbeitet wird, um eine gute Kontaktierung mit der Basisplatte zu erreichen.

Damit ist die Bestückung der Platinen beendet und es kann mit dem Einbau in das Hutschienengehäuse fortgefahren werden.

Das Gehäuse besteht aus zwei Hälften (Ober- und Unterteil), 5 Klemmabdeckungen, einem Hutschienenrastschieber, einer Schraube, einem Deckel und einem Lichtleiter.

In die Führung auf der Unterseite des Gehäuseunterteils ist zunächst der Rastschieber so weit einzuschieben, bis er in die Gehäuseerastungen einrastet. Er dient später als Arretierung bei dem Aufsetzen des Gerätes auf die Hutschiene. Es folgt das Einsetzen der 5 Klemmabdeckungen in die Gehäuseöffnungen, die später nicht benötigt werden (Abbildung 3a und 3b). Dazu ist es hilfreich, das fertige Gerät probeweise in die Gehäuseteile einzuschieben und schon einmal einen Blick auf den Gehäusedeckel zu werfen.

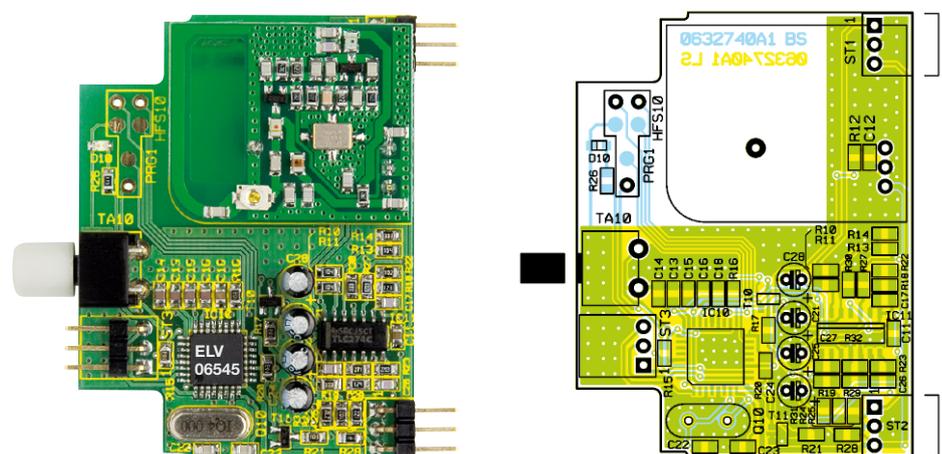
Anschließend kann das Gerät endgültig in das Gehäuse montiert werden. Dazu ist zunächst das Gerät in eine Gehäusehälfte einzuschieben (Abbildung 4). Dabei ist darauf zu achten, dass das Gerät positionsrichtig in die Führungsschiene einge-



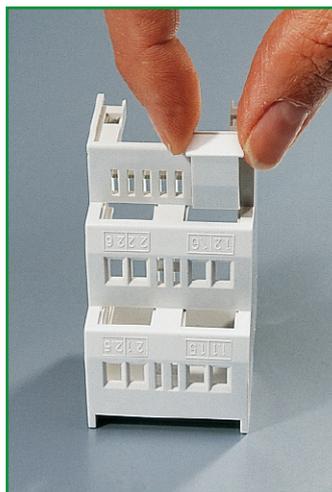
**Wichtiger Sicherheitshinweis:**

Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme nur von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind.

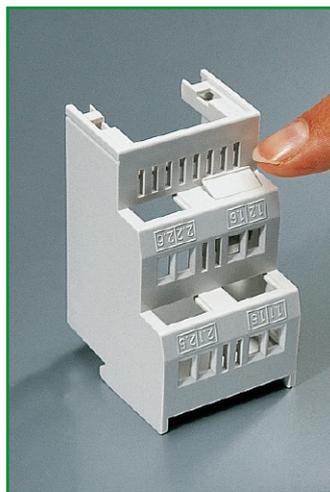
Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten. Insbesondere ist es bei der Inbetriebnahme zwingend erforderlich, zur sicheren galvanischen Trennung einen entsprechenden Netz-Trenntransformator vorzuschalten.



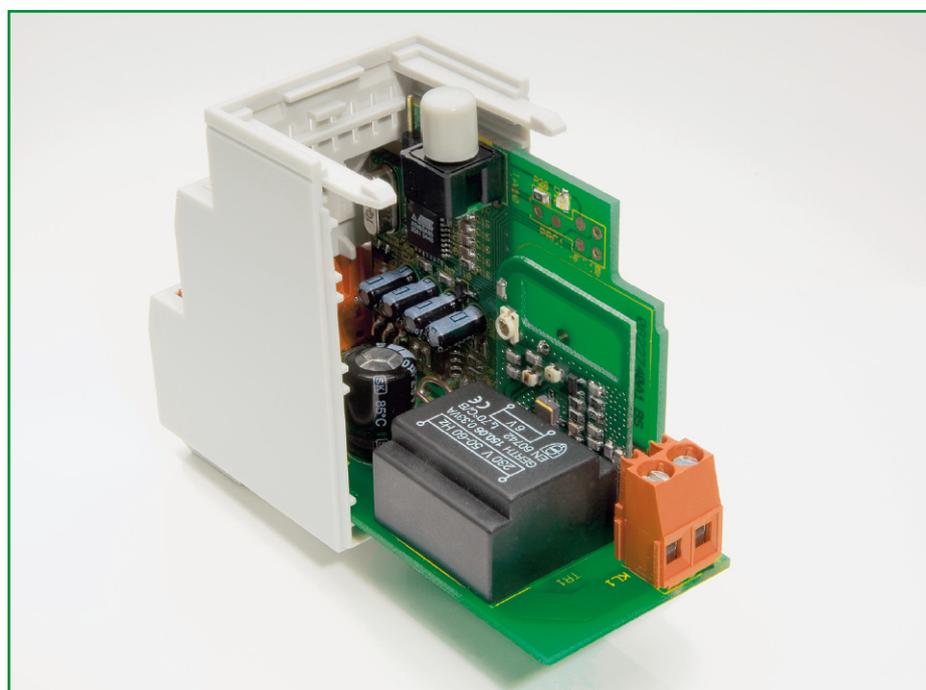
Ansicht der fertig bestückten Steuerplatine des EM 1000-HSM mit zugehörigem Bestückungsplan



**Bild 3a:** So werden die Abdeckkappen eingesetzt ...



**Bild 3b:** ... und eingerastet.

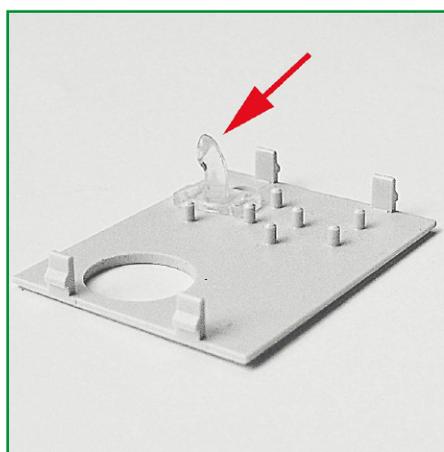


**Bild 4:** Das Einsetzen in das Hutschienengehäuse – auf saubere Führung der Platine in den Gehäusenuten achten!

führt wird (der doppelte Führungssteg im Gehäuse ist auf der Seite des Trenntrafos). Danach folgt die zweite Gehäusehälfte. Beide Gehäuseteile müssen sich leicht, ohne Widerstand zusammensetzen lassen, und die Rastnasen auf der Oberseite müssen ineinander rasten. Sind beide Gehäusehälften sauber zusammengesetzt, werden sie auf der Unterseite mit einer Schraube 2,5 x 8 mm verbunden.

Bevor der Gehäusedeckel auf das Gehäuse aufgesetzt wird, ist dieser zunächst mit dem beiliegenden Lichtleiter zu versehen (Abbildung 5). Dieser dient dazu, das Licht der LED so umzuleiten, das es später an der Gehäuseoberseite gut sichtbar ist.

Damit ist der Aufbau beendet und der EM 1000-HSM einsatzbereit. 



**Bild 5:** Montage des Lichtleiters am Deckel des Gehäuses

### Stückliste: Wirkleistungsmesser EM 1000-HSM

#### Widerstände:

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| 4 cm Manganindraht,   |               |
| 0,659 Ω/m.....        | R1, R2        |
| 100 Ω/SMD/0805 .....  | R12           |
| 270 Ω/SMD/0805 .....  | R32           |
| 560 Ω/SMD/0805 .....  | R26           |
| 1 kΩ/SMD/0805 .....   | R22, R24      |
| 1,2 kΩ/SMD/0805 ..... | R25           |
| 2,7 kΩ/SMD/0805 ..... | R31           |
| 4,7 kΩ/SMD/1206 ..... | R5            |
| 10 kΩ/SMD/0805 .....  | R15–R17,      |
|                       | R20, R21      |
| 12 kΩ/SMD/0805 .....  | R18           |
| 33 kΩ/SMD/0805 .....  | R14, R19, R30 |
| 100 kΩ/SMD/0805 ..... | R10, R11, R13 |
| 120 kΩ/SMD/0805 ..... | R29           |
| 180 kΩ/SMD/0805 ..... | R28           |
| 220 kΩ/SMD/0805 ..... | R23           |
| 560 kΩ/SMD/1206 ..... | R3, R4        |
| 820 kΩ/SMD/0805 ..... | R27           |

#### Kondensatoren:

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 10 pF/SMD/0805 ...    | C6, C17, C26, C27 |
| 18 pF/SMD/0805 .....  | C22, C23          |
| 100 pF/SMD/0805 ..... | C13–C16           |
| 10 nF/SMD/0805 .....  | C12               |
| 100 nF/SMD/0805 ..... | C2, C3, C5,       |
|                       | C11, C18          |
| 10 µF/16 V .....      | C4, C21, C24,     |
|                       | C25, C28          |
| 470 µF/25 V .....     | C1                |

#### Halbleiter:

|                      |          |
|----------------------|----------|
| HT7130.....          | IC1      |
| ELV06545/SMD.....    | IC10     |
| TLC274C/SMD .....    | IC11     |
| BC848C.....          | T10, T11 |
| B380C800.....        | GL1      |
| LED, Rot, SMD, 0805, |          |
| super hell .....     | D10      |

#### Sonstiges:

|  |         |
|--|---------|
| Quarz, 4 MHz, HC49U4 .....               | Q10     |
| Schraubklemmleiste,                      |         |
| 2-polig, Orange.....                     | KL1–KL3 |
| Print-Taster, 1 x ein, Schwarz, ....     | TA10    |
| Tastkappe, 8 mm, Grau .....              | TA10    |
| Trafo, 1 x 6 V/55 mA, print.....         | TR1     |
| Sendemodul HFS868,                       |         |
| 3 V, 868 MHz .....                       | HFS10   |
| Stiftleiste, 1 x 3-polig,                |         |
| winkelprint .....                        | ST1–ST3 |
| 1 Hutschienen-Gehäusedeckel,             |         |
| bearbeitet und bedruckt                  |         |
| 1 Hutschienen-Gehäuseoberteil, Hellgrau  |         |
| 1 Hutschienen-Gehäuseunterteil, Hellgrau |         |
| 1 Lichtleiter Typ D                      |         |
| 5 Klemmenabdeckungen, Hellgrau           |         |
| 1 Rasterschieber, Weiß                   |         |
| 1 Kunststoffschraube, 2,5 x 8 mm         |         |



# Dimmer für High-Power-LEDs

**So genannte High-Power-LEDs erzeugen gegenüber „normalen“ LEDs ein vielfach helleres Licht. Dies eröffnet dieser LED-Bauart schon Anwendungen, die bisher von Glüh- oder Halogenlampen besetzt waren. Allerdings ist es hier nicht mit einem Vorwiderstand zur Strombegrenzung getan, da die Verlustleistungen bereits weit in den Watt-Bereich reichen, außerdem sind die von den Herstellern angegebenen Maximalströme genau einzuhalten.**

**Der hier vorgestellte Dimmer stellt eine exakt geregelte Spannungsversorgung zur Verfügung und ermöglicht über eine PWM-Schaltung die stufenlose Einstellung der Helligkeit. Über Jumper sind verschiedene Ausgangsströme einfach und fest vorwählbar.**

## Luxeon und Co.

Die wohl bekanntesten Vertreter der High-Power-LEDs sind die Luxeon-LEDs des amerikanischen Herstellers Lumileds™. In Abbildung 1 sind beispielhaft für diese LED-Klasse verschiedene High-Power-LEDs dargestellt. Mittlerweile gibt es auch von anderen Herstellern den Luxeon-LEDs ähnliche High-Power-LEDs, die unter den

verschiedensten Markenbezeichnungen angeboten werden. Eines haben alle gemeinsam: Sie erzeugen gegenüber einer herkömmlichen LED ein sehr viel helleres Licht. Natürlich liegt die Stromaufnahme solcher LEDs nicht mehr im Bereich von wenigen mA, sie kann bis zu 1 A betragen. Um die Lebensdauer dieser (immerhin noch recht teuren) LEDs nicht unnötig zu verkürzen, ist es angebracht, dafür zu sorgen, dass der vom Hersteller angegebene

Maximalstrom keinesfalls überschritten wird. Ein „normaler“ Vorwiderstand reicht hierfür nicht mehr aus, da die Verlustleistung am Widerstand viel zu hoch wäre. Aus diesem Grund kommt man um einen Schaltregler für die Spannungsversorgung, wie er in unserer Schaltung zur Anwendung kommt, nicht herum. Zudem lässt sich in der hier vorgestellten Schaltung der maximale Ausgangsstrom bequem über einen Jumper einstellen.

Die Helligkeit der LED(s) wird mittels eines Pulsweiten-Modulators (PWM) eingestellt, der eine lineare Helligkeitseinstellung erlaubt.

Grundsätzlich sind in unserer Dimmerschaltung zwei Dinge auseinander zu halten: Der Schaltregler ist für die Stromregelung bzw. die Strombegrenzung des Ausgangsstroms zuständig. Der Pulsweiten-Modulator wiederum steuert den Schaltregler (Step-down-Wandler) im Takt von 150 Hz an, wodurch letztlich die Helligkeit einstellbar ist.

| Technische Daten: DHPL 1            |   |
|-------------------------------------|---|
| Spannungsversorgung:                | 8–24 V <sub>DC</sub>  |
| Stromaufnahme (Leerlauf) bei 12 V:  | 6 mA  |
| Ausgangsstrom (mit Jumper wählbar): | 150/250/350/500/750 mA ± 5 %  |
| Anzahl der LEDs:                    | 1 bis 7, abhängig vom Typ und der Versorgungsspannung                       |
| Helligkeitssteuerung:               | 0 bis 100 % (PWM) über internes, externes Poti oder Steuerspannung (0–10 V) |
| Abmessungen (Platine):              | 72 x 47 mm  |

## Schaltung

Die komplette Schaltung des Dimmers ist in Abbildung 2 zu sehen. Um die angeschlossene(n) LED(s) nicht zu überlasten, ist, wie eingangs diskutiert, eine Stromregelung zwingend erforderlich. Damit der Ausgangsstrom konstant bleibt, werden Soll- und Istwert miteinander verglichen und der Ausgangsstrom dementsprechend nachgeregelt. Diese Aufgabe übernimmt der Step-down-Wandler IC4 vom Typ LM2675, dessen Blockschaltbild in Abbildung 3 zu sehen ist. Durch diesen Schaltregler wird nicht nur der Ausgangsstrom konstant gehalten, sondern aufgrund seiner Arbeitsweise auch die Verlustleistung minimiert.

Der Ist-Wert wird durch Messung des LED-Stroms mit einem Shunt-Widerstand (R20/R21) ermittelt. Der Spannungsabfall über diese parallel geschalteten Widerstände ist proportional zum LED-Strom. Dieser Ist-Wert wird normalerweise dem Schaltregler an Pin 4 (FB = Feedback) zugeführt und mit der internen Referenzspannung von 1,21 V (Soll-Wert) verglichen. Da wir den Ausgangsstrom jedoch einstellbar haben wollen, ist ein Verstärker (IC 3) zwischengeschaltet, dessen Verstärkungsfaktor mittels Jumper JP 2 einstellbar ist. Mit dem Jumper JP 2 sind verschiedene Ausgangsströme im Bereich von 150 bis 700 mA wählbar. Der Verstärkungsfaktor von IC 3 errechnet sich z. B. für einen Ausgangsstrom von 700 mA wie folgt:

$$V = \frac{U_{Ref}}{U_{R20/R21}} = \frac{U_{Ref}}{R_{20} \cdot I_{R21} \cdot I_{LED}} = \frac{1,21V}{0,5\Omega \cdot 0,7A} = 3,46$$



**Bild 1: Verschiedene High-Power-LEDs**

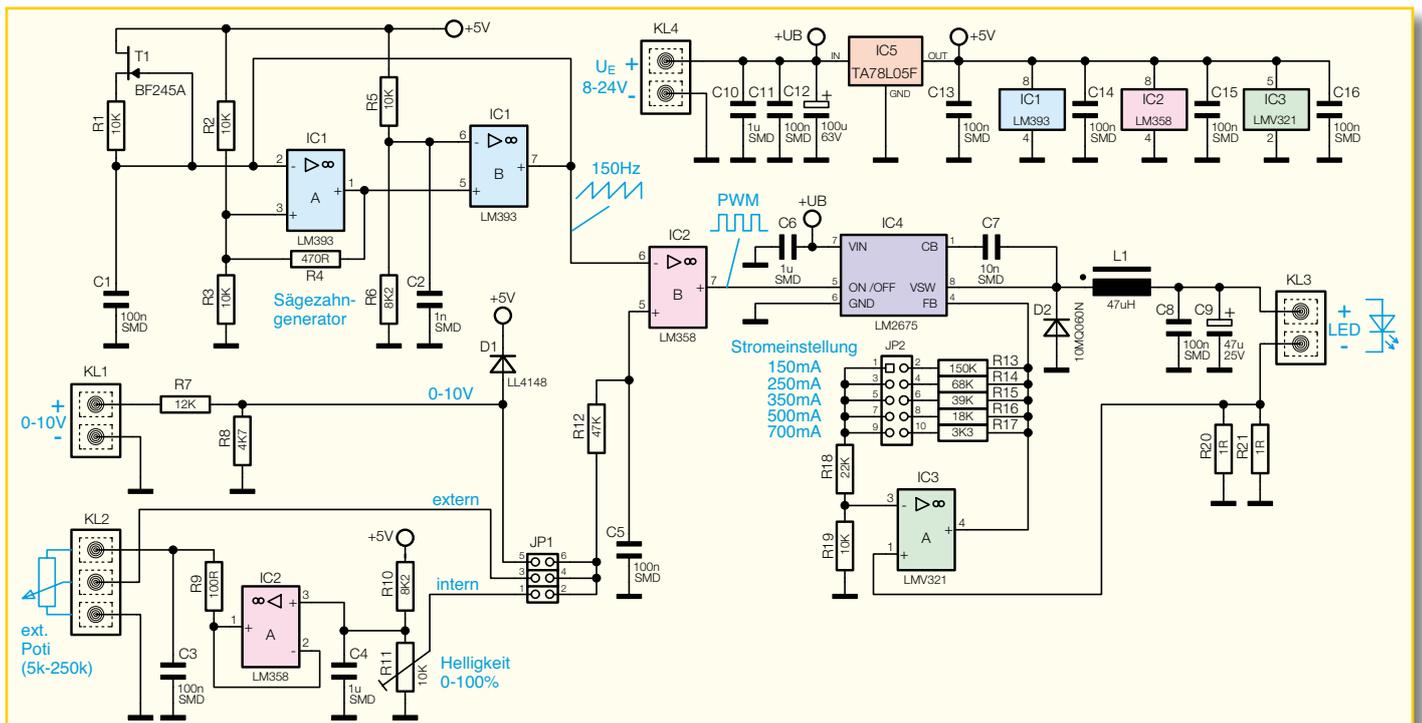
Der Verstärkungsfaktor der OP-Stufe wird mit den Widerständen R 18, R 19 und den mit Jumper JP 2 ausgewählten Widerständen R 13 bis R 17 vorgegeben.

Um die Helligkeit der LED verändern zu können, wird der Ausgangsstrom gepulst und das Puls-Pausen-Verhältnis verändert (Pulsweiten-Modulation, PWM). Die Helligkeit einer LED kann natürlich auch über den Strom verändert werden, jedoch besteht kein lineares Verhältnis zwischen LED-Strom und Helligkeit. Hier ist eine Pulsweiten-Modulation besser geeignet.

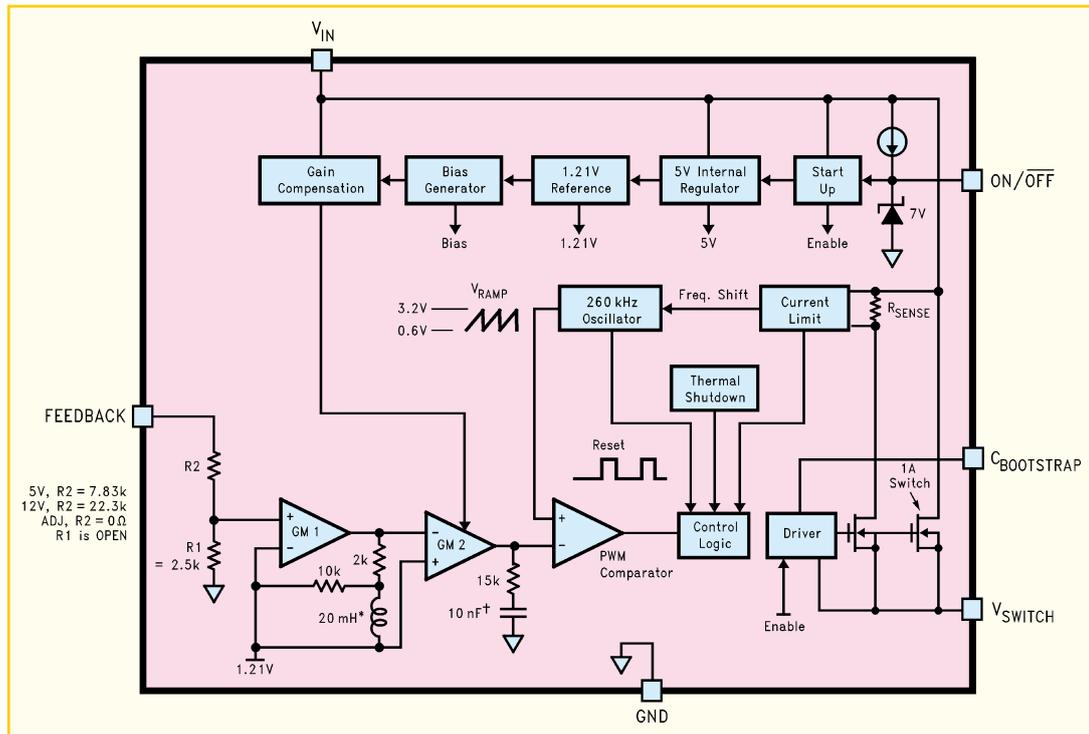
Wesentlicher Bestandteil des Pulsweiten-Modulators ist der Sägezahn-Oszillator, der mit den beiden OPs IC 1 A und IC 1 B und entsprechender Peripherieschaltung aufgebaut ist. Der Transistor T 1 und der Widerstand R 1 bilden eine einfache Stromquelle, die einen konstanten Ladestrom in den Kondensator C 1 schickt. Durch den konstanten Ladestrom steigt die Spannung am Kondensator C 1 linear an. Der Komparator IC 1 A vergleicht die Spannung am Kondensator C 1 mit der durch die Spannungsteiler R 2 und R 3 vorgegebenen Spannung von 2,5 V (Schwelle) an

Pin 3 (IC 1 A). Ist die Spannung an C 1 höher als 2,5 V, schaltet der Ausgang (Pin 1) des Komparators auf Low-Pegel. Hierzu muss gesagt werden, dass dieser Ausgang ein Open-Collector-Ausgang ist und somit nur nach Masse schalten kann. Sobald also der Komparator-Ausgang nach Masse schaltet, wird der Widerstand R 4 parallel zu R 3 geschaltet. Die Schaltschwelle des Komparators IC 1 A ändert sich hierdurch auf etwa 0,4 V. Das Ausgangssignal (Pin 1) vom ersten Komparator gelangt auf den nachgeschalteten zweiten Komparator IC 1 B. Bei diesem Komparator liegt die Schaltschwelle bei ca. 2 V, sie wird von R 5 und R 6 bestimmt. Der Ausgang dieses Komparators wechselt praktisch zeitgleich mit IC 1 A auf „low“ (Masse). Der Kondensator C 1 wird dann schlagartig über den internen Transistor (Open Collector) an Pin 7 entladen. Die beiden Komparatoren wechseln nun wieder in den am Anfang beschriebenen Zustand zurück, wodurch der Ladevorgang von C 1 erneut beginnt.

An Pin 7 von IC 1 B steht damit eine Sägezahnspannung mit einer Frequenz von ca. 150 Hz an, die auf den Komparator IC 2 B



**Bild 2: Schaltbild des Dimmers für High-Power-LEDs**



**Bild 3:**  
Blockschaltbild des  
Step-down-Wandlers

geführt wird. Je nach Stellung des Jumpers JP 1 kann nun mittels des Trimmers R 11, einer extern zugeführten Steuerspannung an KL 1 (0 bis 10 V) oder eines externen Potentiometers die Spannung am Plus-Eingang, Pin 5 des Komparators IC 2 B, verändert werden. Hierdurch verändert sich, bedingt durch die Sägezahnspannung an Pin 6, das Puls-Pausen-Verhältnis am Ausgang Pin 7 (IC 2). Mit diesem PWM-Signal wird der Schaltregler IC 4 an Pin 5 (ON/OFF) getaktet, wodurch auch die angeschlossene LED im gleichen Rhythmus ein- bzw. ausgeschaltet wird.

Der als Spannungsfolger geschaltete OP IC 2 A erzeugt eine gepufferte Spannung für das externe Potentiometer, welches über die Anschlussklemme KL 2 angeschlossen wird.

Die Betriebsspannung der Schaltung kann im Bereich von 8 bis 24 V liegen, sie wird an den Anschlussklemmen KL 4 zugeführt. Mit dem Spannungsregler IC 5 wird eine stabile Betriebsspannung von 5 V für die Schaltung erzeugt.

## Nachbau

Die Platine wird bereits mit SMD-Bauteilen bestückt geliefert, so dass nur die bedrahteten Bauteile bestückt werden müssen und der mitunter mühsame Umgang mit den kleinen SMD-Bauteilen somit entfällt. Hier ist lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans. Die

Bauteilanschlüsse werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt und durch die im Bestückungsdruck vorgegebenen Bohrungen geführt. Nach dem Verlöten der Anschlüsse auf der Platinenunterseite (Lötseite) werden überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne die Lötstelle dabei zu beschädigen. Eine gute Hilfestellung zur Bestückung gibt auch das Platinenfoto.

Beim Einsetzen der beiden Elkos sowie des Transistors T 1 ist auf die richtige Einbaulage bzw. die richtige Polung zu achten. Die Elkos sind dabei in der Regel am Minus-Anschluss gekennzeichnet. Die Einbaulage des Transistors ergibt sich aus dem Bestückungsaufdruck. Die beiden Elkos C 9 und C 12 sind liegend zu montieren.

Als Nächstes werden die Klemmleisten und das Potentiometer R 11 bestückt und verlötet. Für den optionalen Gehäuseeinbau steht ein unbearbeitetes Gehäuse zur Verfügung, in das noch die Bohrungen für die Kabelzuleitungen eingebracht werden müssen.

## Inbetriebnahme

Nach Fertigstellung der Schaltung ist ein Funktionstest ohne angeschlossene LED(s) durchzuführen. Hierzu werden ein Multimeter und ein Widerstand von ca. 3  $\Omega$



### Sicherheitshinweis!

Durch das sehr helle Licht der genannten High-Power-LEDs kann es zu bleibenden Augenschäden kommen. Schauen Sie deshalb niemals aus kurzer Distanz in die LED! Lesen Sie auch die Sicherheitshinweise des Herstellers.

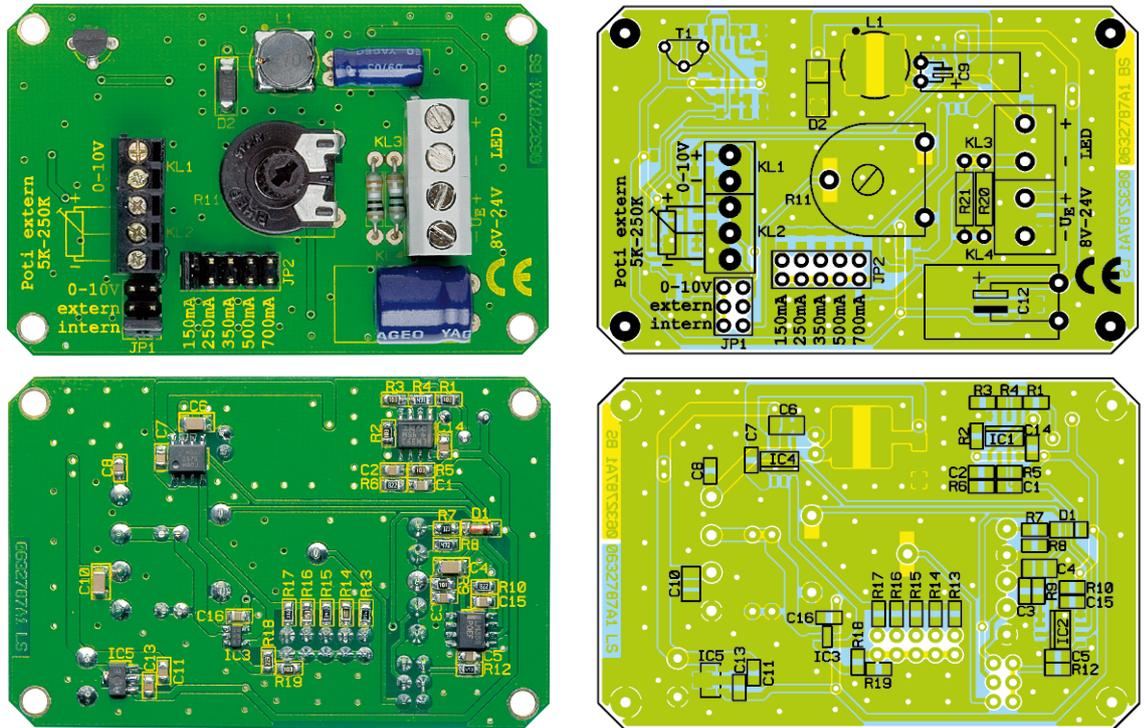
bis 10  $\Omega$  (>1 Watt) benötigt, die in Reihe geschaltet an den Ausgang der Schaltung angeschlossen werden.

Das Multimeter stellt man auf einen DC-Strommessbereich von 1 bis 2 A ein. Mit dem Jumper JP 2 wird ein LED-Strom von 350 mA ausgewählt und der Jumper JP 1 auf „Intern“ gesetzt. Beim Rechtsanschlag von Trimmer R 11 sollte das Strommessgerät einen Strom von 350 mA  $\pm$  5 % anzeigen. In dieser Weise kann man auch alle anderen Strombereiche testen.

Wählen Sie niemals einen höheren Strom als den vom Hersteller angegebenen max. Strom (siehe Tabelle 1) für die jeweilige LED aus, da dies zur Zerstörung der LED führen kann. Es ist auch nicht zwingend erforderlich, dass z. B. eine 1-Watt-Luxeon mit 350 mA betrieben wird. Auch schon bei 150 mA geben diese LEDs ein sehr helles Licht ab und die LED dankt dies dazu mit einer längeren Lebensdauer.

| Tabelle 1                          |                          |                      |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Typ:                               | Flussspannung $U_F$ max. | max. LED-Strom $I_F$ |
| Luxeon I (1 Watt) Weiß, Grün, Blau | 3,42 V                   | 350 mA               |
| Luxeon I (1 Watt) Rot, Amber       | 2,85 V                   | 350 mA               |
| Luxeon III (3 Watt) alle Farben    | 3,70 V                   | 700 mA               |
| Luxeon V (5 Watt) alle Farben      | 6,84 V                   | 700 mA               |

Ansicht der fertig bestückten Platine des Dimmers mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite



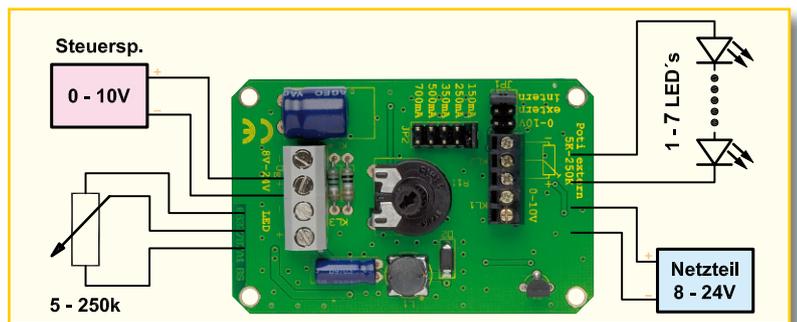
Wie schon erwähnt, können mehrere LEDs angeschlossen werden. Diese werden, wie in Abbildung 4 dargestellt, in Reihe geschaltet. Die maximale Anzahl der anzuschließenden LEDs ist zum einen von der Versorgungsspannung und zum anderen von den verwendeten LEDs abhängig. Die Flussspannung  $U_F$  ist den technischen Daten der LED zu entnehmen. In Tabelle 1 sind die technischen Daten einiger Luxeon-LEDs aufgelistet: Man beachte, dass die Flussspannung einer 5-Watt-Luxeon bis zu 6,84 V betragen kann.

Die Versorgungsspannung sollte um mindestens 2 V höher sein als die Summe der einzelnen Flussspannungen der LEDs. Bei einer Betriebsspannung von 12 V kann man also problemlos 3 rote 1-Watt-Luxeons (3 x 2,85 V) in Reihe schalten.

Soll die Helligkeitseinstellung nicht mit dem auf der Platine befindlichen Trimmer, sondern mit einem von der Platine abgesetzten Potentiometer (Trimmer) vorgenommen werden, ist dieses Potentiometer an die Anschlussklemme KL2 anzuschließen (siehe Abbildung 4). Der Jumper ist in diesem Fall auf die Position „Extern“ zu stecken. Die Zuleitung sollte dabei nicht länger als 3 Meter sein. Der Widerstandswert des Potentiometers kann im Bereich von 5 k $\Omega$  bis 250 k $\Omega$  liegen. Es besteht auch die Möglichkeit, über eine externe Steuerspannung (Jumper JP 1 in Stellung „0–10 V“) die Helligkeit zu steuern. Die Steuerspannung kann im Bereich von 0 bis 10 V liegen.

Hinweis: Der Betrieb der Schaltung in Kfz ist im Geltungsbereich der StVZO nicht erlaubt.

**Bild 4:** Anschlussplan des LED-Dimmers



### Stückliste: Dimmer für High-Power-LEDs DHPL 1

**Widerstände:**

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| 1 $\Omega$ .....                   | R20, R21       |
| 100 $\Omega$ /SMD .....            | R9             |
| 470 $\Omega$ /SMD .....            | R4             |
| 3,3 k $\Omega$ /SMD .....          | R17            |
| 4,7 k $\Omega$ /SMD .....          | R8             |
| 8,2 k $\Omega$ /SMD .....          | R6, R10        |
| 10 k $\Omega$ /SMD .....           | R1–R3, R5, R19 |
| 12 k $\Omega$ /SMD .....           | R7             |
| 18 k $\Omega$ /SMD .....           | R16            |
| 22 k $\Omega$ /SMD .....           | R18            |
| 39 k $\Omega$ /SMD .....           | R15            |
| 47 k $\Omega$ /SMD .....           | R12            |
| 68 k $\Omega$ /SMD .....           | R14            |
| 150 k $\Omega$ /SMD .....          | R13            |
| PT15, liegend, 10 k $\Omega$ ..... | R11            |

**Kondensatoren:**

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| 1 nF/SMD .....           | C2                           |
| 10 nF/SMD .....          | C7                           |
| 100 nF/SMD .....         | C1, C3, C5, C8, C11, C13–C16 |
| 1 $\mu$ F/SMD/1206 ..... | C4, C6, C10                  |
| 47 $\mu$ F/25 V .....    | C9                           |
| 100 $\mu$ F/63 V .....   | C12                          |

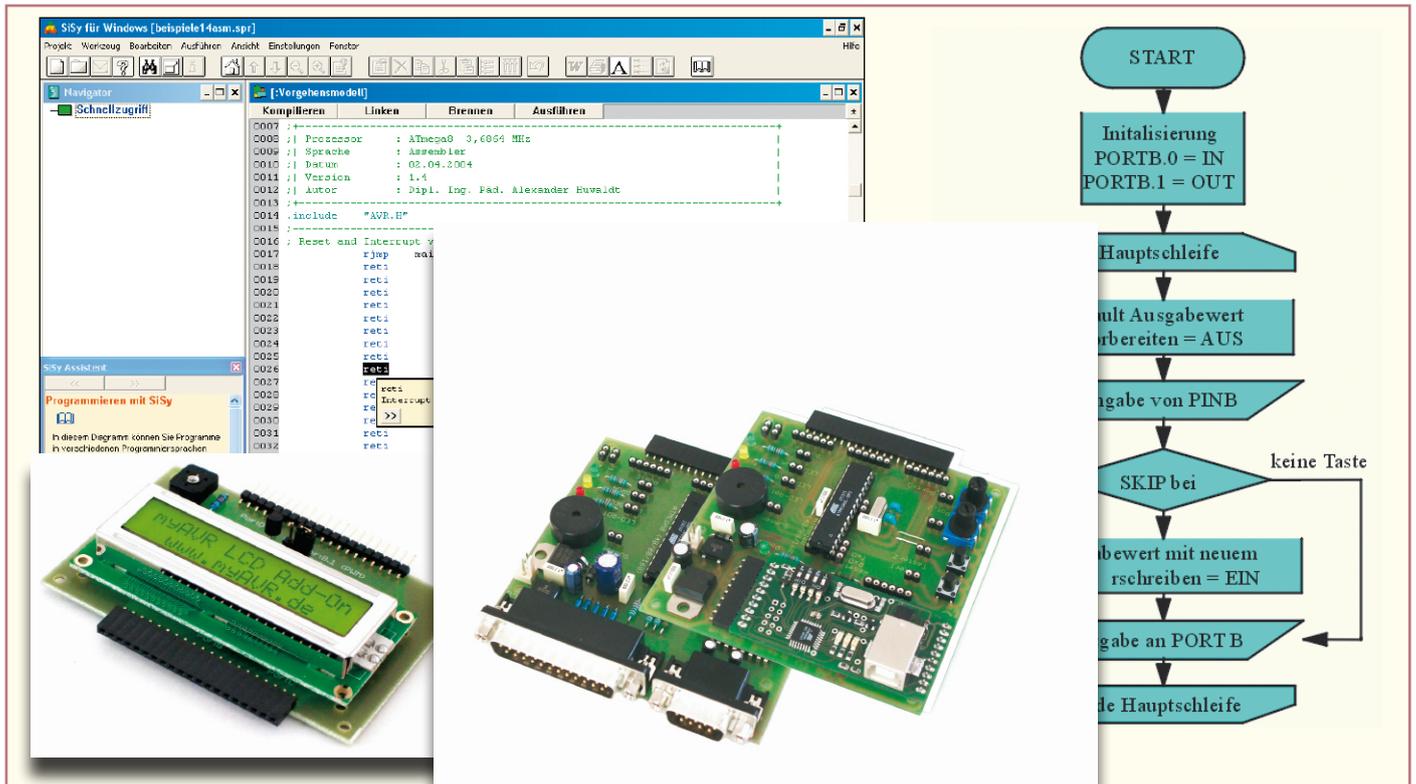
**Halbleiter:**

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| LM393/SMD .....       | IC1 |
| LM358/SMD .....       | IC2 |
| LMV321/SMD .....      | IC3 |
| LM2675M-ADJ/SMD ..... | IC4 |
| TA78L05F/SMD .....    | IC5 |
| BF245A .....          | T1  |
| LL4148 .....          | D1  |
| 10MQ060N/SMD .....    | D2  |

**Sonstiges:**

- SMD-Induktivität, 47  $\mu$ H/1 A .....
- Mini-Schraubklemmleiste, 2-polig, print .....
- Mini-Schraubklemmleiste, 3-polig, print .....
- Schraubklemmleiste, 2-polig, print .....
- Stiftleiste, 2 x 3-polig .....
- Stiftleiste, 2 x 5-polig .....
- Jumper, geschlossene Ausführung .....
- 1 Trimmer-Steckachse, 11,7 mm
- 1 Aufsteckdrehknopf,  $\varnothing$  16,5 mm, Schwarz

Internet: [www.lumileds.com](http://www.lumileds.com)



The image shows the SiSy AVR assembler software interface on the left, displaying assembly code for an AVR microcontroller. The code includes comments for processor type (ATmega8), language (Assembler), version (1.4), and author (Dipl.-Ing. Pad. Alexander Huwaldt). It also shows assembly instructions like `ret` and `retl`. On the right, a flowchart illustrates the program logic: starting with 'START', it goes to 'Initialisierung' (PORTB.0 = IN, PORTB.1 = OUT), then enters a 'Hauptschleife' (main loop). Inside the loop, it 'Liest Ausgabewert' (reads output value), 'Vorbereiten = AUS' (prepare = OUT), 'Ausgabe von PINB' (output of PINB), and a decision diamond 'SKIP bei' (SKIP at). If 'keine Taste' (no key), it goes to 'Ausgabewert mit neuem beschreiben = EIN' (output value with new description = IN), then 'Ausgabe an PORT B' (output to PORT B), and loops back to 'Beginne Hauptschleife' (start main loop).

# Mikrocontroller-Einstieg mit myAVR Teil 2

**Keine Angst vor dem Einstieg in die Welt der Mikrocontroller-Programmierung!**

**Die myAVR-Sets enthalten alles Nötige für den schnellen und fundierten Beginn der Programmierer-Karriere – Experimentier-Board mit ATMEL-Controller, Lehrbuch, Software-Paket, Kabel, sämtliches Zubehör.**

**Im zweiten Teil unserer Serie zum Einstieg in die AVR-Programmierung betrachten wir den AVR-Assembler, gehen auf die Grundlagen der Ein- und Ausgabe-Register ein und zeigen das erste praktische Programmierbeispiel mit dem myAVR-Board.**

## Der AVR-Assembler

Der Assembler ist ein Bestandteil der im ersten Teil bereits kurz betrachteten Entwicklungsumgebung SiSy. Er dient dazu, so genannte Maschinenprogramme in das für den Controller allein direkt lesbare Binärformat umzusetzen und die korrekten Adressen für Sprungbefehle und Speicherzugriffe auszurechnen. Denn der Controller kann nur Befehle im Binärformat interpretieren. Da sieht dann der bekannte Rücksprungbefehl, der in der Befehlstabelle mit der Mnemonik „RET“ beschrieben ist, so aus: 1001 0101 0000 1000. In dieser Form wäre es zwar prinzipiell möglich, ein Programm zur direkten Eingabe in den Controller zu schreiben, aber selbst erfahrene Programmierer würden sich hier sehr schwer tun, ein übersichtbares Programm

zu schreiben. Deshalb hat man o. g. Mnemoniks entwickelt, die je nach Befehl noch mit entsprechenden Operanden ergänzt werden. Alle von den AVR-Mikrocontrollern unterstützten Befehle sind in der Tabelle 1 (siehe Teil 1) zusammengefasst. Sie werden vom Assembler übersetzt („compiliert“ und „gelinkt“) und liegen schließlich als Programm im Hex-Format für das Übertragen in den AVR-Controller vor.

## Programmeditor

Zur Programmieroberfläche von SiSy gehört auch ein Editor (Abbildung 9), in dem man das Programm, den so genannten Quellcode, wie mit einem normalen Texteditor schreibt. Es kann natürlich auch in einem beliebigen Texteditor verfasst werden, Bedingung ist lediglich, dass der Text im ASCII-Format abgespeichert werden kann. Die ordentliche Formatierung, die

man im Quellcode sieht, dient eigentlich nur der besseren Übersicht über die einzelnen Elemente der Programmzeilen. Diese werden übersichtlich in Spalten angeordnet, können mit beliebigen Kommentaren versehen werden und werden einfach mit Text-Tabulatoren oder ganz profan mit der Leertaste erzeugt.

Wollen wir die Struktur des Quellcodes kurz anhand Abbildung 9 und ff. näher betrachten. Ausführliche Abhandlungen hierzu, z. B. zur Interrupt-Behandlung oder zum Stack, finden sich im Kursmaterial des „myAVR“ sowie in den Assistenzfunktionen von „SiSy“, denn ein ausführlicher Assemblerkurs ist im Rahmen dieses Artikels nicht unterzubringen. Hier soll es ja lediglich um den Einstieg gehen. Innerhalb der praktischen Beispiele werden wir bei Bedarf allerdings auf jeden Programmschritt und jeden Befehl ausführlich eingehen.

## Kommentare und Programmkopf

Jedes Programm beginnt mit dem Programmkopf, der zahlreiche Kommentarseiten enthält. Eine Kommentarseite beginnt stets mit dem Semikolon-Zeichen (;). Hier trägt man im Programmkopf grundsätzliche Angaben zum Programm wie Name, Funktionen, Autor, Version, Datumsangaben, vorgesehener Prozessor usw. zur Dokumentation ein.

Die Zeile „include \"AVR.H““ bezeichnet die Einbindung der (für alle AVR feststehenden) Datei, die die I/O-Register (Ports) des AVR verschlüsselt, in das Programm. Sie wird automatisch generiert und erscheint im fertigen Projektordner als so genannte H-Datei.

Weitere Kommentare sind beliebig innerhalb des Programms einschreibbar, sie sind nur jeweils mit dem Semikolon zu kennzeichnen.

## Reset- und Interrupt-Tabelle

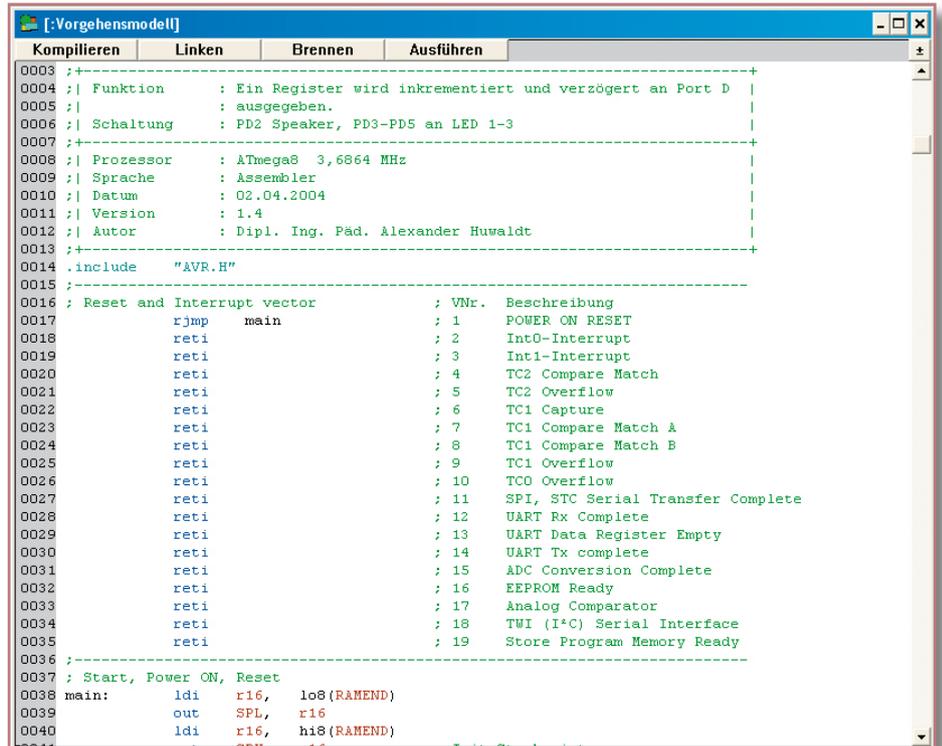
Als Nächstes folgt die so genannte Reset- und Interrupt-Tabelle, ein fester Bestandteil jedes Programms. Hier werden entsprechend des verwendeten Controllers Anspungpunkte für bestimmte Ereignisse (Interrupt) während des Programmablaufs festgelegt. Betrachtet man Abbildung 10, erkennt man, dass in unserem einfachen Beispiel nur ein Sprungbefehl zum Hauptprogramm (main), das mit der Power-on/Reset-Phase des Controllers beginnt, aktiv ist (Befehl RJMP mit dem Operanden „main“). Alle restlichen Zeilen der Tabelle sind als inaktive Platzhalter mit dem RETI-Befehl (bei einem entsprechenden Interrupt soll keine Reaktion erfolgen) belegt. In der Beschreibungs-Spalte kann man ersahen, wofür die jeweiligen Interrupts genutzt werden. Jetzt erkennt man, warum die komplette Tabelle aufgeführt werden muss – würde man nicht alle eintragen, „wüsste“ der Controller nicht, welcher Interrupt-Vektor gemeint ist.

Über die Vollständigkeit der Tabelle muss man sich beim SiSy-System (wie auch bei vielen anderen Entwicklungsumgebungen) keine Gedanken machen, sie liegt fest und wird einfach mit dem so genannten

```

; Reset and Interrupt vector          ; VNr.  Beschreibung
rjmp    main                        ; 1    POWER ON RESET
reti    ;                            ; 2    Int0-Interrupt
reti    ;                            ; 3    Int1-Interrupt
reti    ;                            ; 4    TC2 Compare Match
reti    ;                            ; 5    TC2 Overflow
reti    ;                            ; 6    TC1 Capture
reti    ;                            ; 7    TC1 Compare Match A
reti    ;                            ; 8    TC1 Compare Match B
reti    ;                            ; 9    TC1 Overflow
reti    ;                            ; 10   TCO Overflow
reti    ;                            ; 11   SPI, STC Serial Transfer Complete
reti    ;                            ; 12   UART Rx Complete
reti    ;                            ; 13   UART Data Register Empty
reti    ;                            ; 14   UART Tx complete
reti    ;                            ; 15   ADC Conversion Complete
reti    ;                            ; 16   EEPROM Ready
reti    ;                            ; 17   Analog Comparator
reti    ;                            ; 18   TWI (I²C) Serial Interface
reti    ;                            ; 19   Store Program Memory Ready
    
```

**Bild 10:** Die Reset- und Interrupt-Vektor-Tabelle



**Bild 9:** Im Editorfenster lässt sich der Quellcode übersichtlich anzeigen und editieren.

„Grundgerüst“ geladen, wie wir noch sehen werden. Je nach Programm sind nur noch die einzelnen Sprungbefehle einzutragen, also Befehl plus Operand, sofern nötig.

## Initialisierung und Hauptprogramm

Der Interrupt- und Reset-Tabelle folgt das Hauptprogramm (main, Abbildung 11). Dieses beginnt immer damit, dass der Controller bei einem Reset oder beim Einschalten auf definierte Bedingungen zurückgesetzt werden muss. Das heißt vor allem, dass die bereits im ersten Teil beschriebenen wichtigen Steuerregister bei jedem Neustart initialisiert werden müssen. Vor allem der Speicher für die Rücksprungadressen von Unterprogrammen (STACK) muss immer initialisiert sein, sonst gerät der Programmablauf – also z. B. die Sprünge

```

; Start, Power ON, Reset
main:    ldi    r16, lo8(RAMEND)
         out    SPL, r16
         ldi    r16, hi8(RAMEND)
         out    SPH, r16
         ; Hier Init-Code eintragen.
;-----
mainloop: wdr
         ; Hier den Quellcode eintragen.
         rjmp  mainloop
    
```

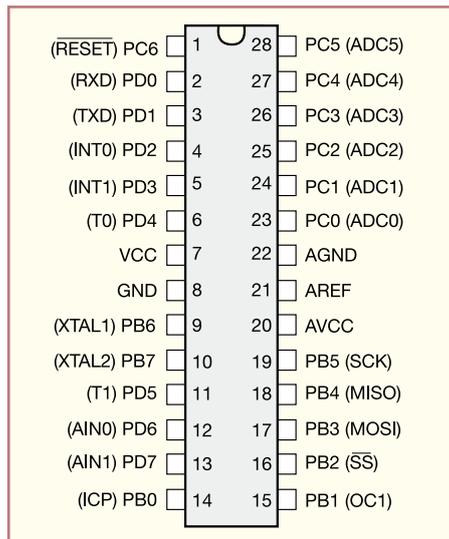
**Bild 11:** Das Grundgerüst von Initialisierung und Hauptprogramm

zwischen Programmteilen, zu Interrupt-routinen usw. – durcheinander.

Im bereits angesprochenen Grundgerüst befindet sich also diese Stack-Initialisierung. Hier wird das Register SP als Stackpointer auf seine Startadresse am Ende des SRAM gelegt (RAMEND). Details dazu finden sich wiederum im Kursmaterial des „myAVR“.

Die Zeile „; Hier Init-Code eintragen“ markiert, dass dort, neben der eben beschriebenen Grundinitialisierung, weitere Definitionen entsprechend dem jeweiligen Programm einzutragen sind. So legt man hier etwa fest, welche Ports als Ein- oder Ausgänge definiert werden sollen, wo evtl. ein Pull-up-Widerstand zu aktivieren ist, auf welche Anfangswerte ein Zähler zu legen ist usw. Beispiele dazu werden wir noch kennen lernen.

Nach der Initialisierungs-Sequenz ist nun das eigentliche Programm zu schreiben. Das Grundgerüst besteht hier lediglich aus der Definition, dass der Programmablauf



**Bild 12: Anhand der Pin-Belegung erkennt man die Doppelfunktion vieler Ports.**

ohne Unterbrechung ständig von Neuem beginnen soll. So wird zunächst zu jedem Beginn dieser Programmschleife (loop) die Watchdog-Schaltung des Controllers definiert zurückgesetzt, damit diese nicht versehentlich einen Reset auslöst und so ungewollt Daten löscht bzw. Vorgänge unterbricht. Dann folgen die eigentlichen Programmschritte, hier mit dem Kommentar „Hier den Quellcode eintragen“ als Platzhalter markiert.

„jmp mainloop“ schließlich erzwingt wieder eine Rückkehr zum Beginn des Hauptprogramms. So einfach erzeugt man einen ununterbrochenen Programmablauf.

Damit man bei umfangreicheren Programmen, die vor allem von mehreren Programmteilen aus immer wieder benötigte Standardroutinen anspringen, die Übersicht behält, folgen dem Hauptprogramm, übersichtlich einzeln geordnet und kommentiert, Unterprogramme, auf die jeweils mit Sprungbefehlen aus dem Hauptprogramm zugegriffen wird.

Apropos, kommen wir noch einmal zum Thema Übersichtlichkeit. Die eingangs erwähnte Spaltenanordnung der einzelnen Textteile des Programms dient wesentlich der Übersicht über das Gesamtprogramm und sollte im eigenen Interesse strikt eingehalten werden. Noch einige Erläuterungen dazu:

In der ersten Spalte finden sich die so genannten Marken bzw. Bezeichner für Standard-Adressen, die von den Sprungbefehlen im Programm genutzt werden. Schreibe ich also „jmp mainloop“ ins Programm, erfolgt ein Sprung zur Adresse, die sich hinter dem Bezeichner „mainloop:“ verbirgt. Marker/Bezeichner sind immer als erste Spalte einzuschreiben, sie müssen mit einem Buchstaben beginnen und mit einem Doppelpunkt enden.

In der zweiten und dritten Spalte sind die Maschinenbefehle sowie deren Operanden mit Ziel und Quelle (in dieser Reihenfolge!) der Operation einzutragen.

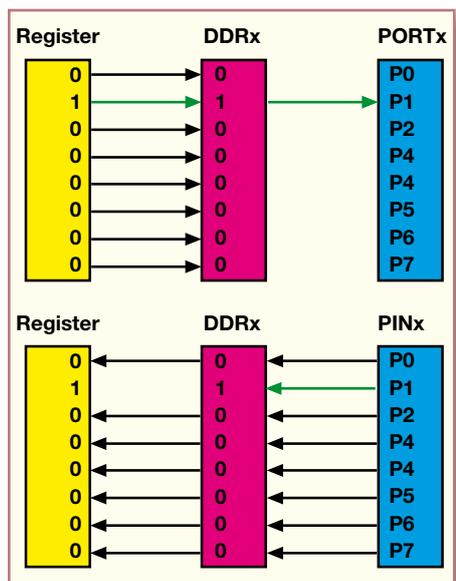
Schließlich kann zu jeder Programmzeile wiederum ein Kommentar (Beschreibung) eingetragen werden.

So, und in deutliche Programmteile aufgeteilt strukturiert, bleibt jedes Programm übersichtlich und einzelne Bestandteile sind klar definiert abgegrenzt.

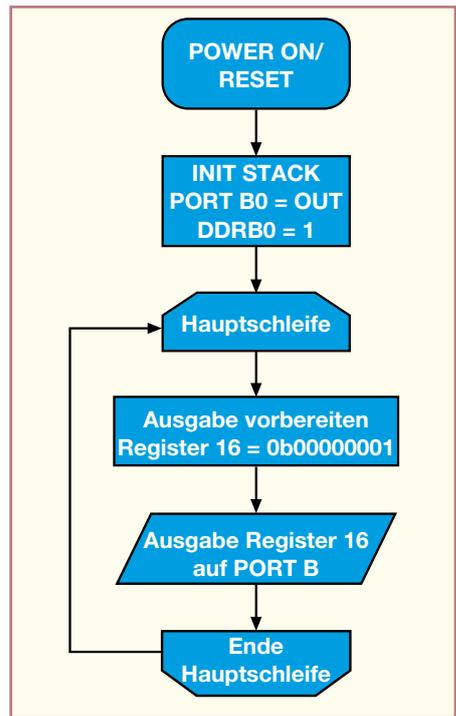
Hat man das Programm fertig geschrieben, tritt der Assembler überhaupt erst in Aktion. Er übersetzt den geschriebenen Quellcode, prüft diesen dabei auf Plausibilität und exakte Programmierung und stellt nach dem Linken eine auf den Controller übertragbare Hex-Datei zur Verfügung.

### Rein und raus – I/O-Grundlagen

Jeder Mikrocontroller kommuniziert mit seiner Umwelt über so genannte Ports. Dies sind der jeweiligen Aufgabe angepasste Ein- und Ausgangsstufen, die bei kleineren Controllern aus Mangel an mechanisch realisierbaren Pins schon einmal so ausgeführt sind, dass man sie wahlweise als Ein- oder Ausgang programmieren kann. Die AVR-Controller sind darüber hinaus so konfiguriert, dass man auch die Steuerregister, die für die unterschiedlichsten Standardaufgaben des Controllers zuständig sind, aus der Sicht des Programmierers bzw. Rechenwerks als I/O-Ports realisiert hat. Deshalb werden diese Register auch wie Ports angesprochen bzw. die hier als I/O-Lines bezeichneten physischen Ports wie Register. Alle Ports haben eine feste Registeradresse, über die sie angesprochen werden können. Bei der Programmierung verwendet man hierzu so genannte Alias-



**Bild 13: Das Wirkungsschema des Steuerregisters DDRx bei out- (oben) und in-Befehlen (unten)**



**Bild 14: Im Flussdiagramm ist die zu lösende Aufgabe übersichtlich skizziert.**

Namen, die sich jeweils in der bereits erwähnten Datei „AVR.H“ finden.

Widmen wir uns aber zunächst den physischen Ports unseres AVR-Controllers. Der auf dem myAVR-Board verbaute Controller verfügt über 3 digitale 8-Bit-I/O-Ports, d. h. über insgesamt 24 so genannte I/O-Lines:

- Port B0...B7 (Registeradresse 0x18)
- Port C0...C7 (Registeradresse 0x15)
- Port D0...D7 (Registeradresse 0x12)

Betrachtet man nun einmal die vollständige Anschlussbelegung des auf dem myAVR-Board verbauten Controllers (Abbildung 12), erkennt man auf Anhieb, dass aufgrund der geringen Baugröße des Controllers fast alle Pins doppelt belegt sind. Damit ergeben sich bei der Programmierung jeweils einige Einschränkungen, etwa die, dass bei unserem myAVR die Ports PD0 und PD1 nicht frei zur Verfügung stehen, da sie fest mit dem RS232-Baustein für die Datenkommunikation verdrahtet sind. Weitere Besonderheiten und auch die vollständige Registertabelle mit allen Adressen sind im myAVR-Lehrgang detailliert aufgeführt. Das führt schließlich dazu, dass je Port noch 6 I/O-Lines frei verfügbar bleiben, wobei man PC0...C5 als A/D-Wandler-Ports (ADC) berücksichtigen muss.

Entsprechend der genannten AVR-Port-Philosophie erfolgt die Programmierung der Ports über jeweils 3 so genannte I/O-Register (siehe Abbildung 13). Zunächst ist hier das Steuerregister DDRx (Data Direction Register Port x [B/C/D]) zu besprechen, das die Richtung des Daten-

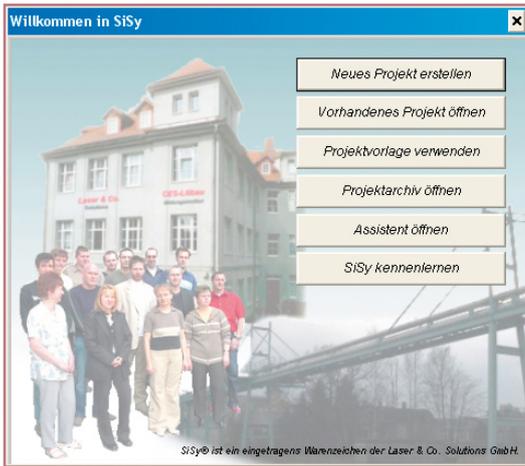


Bild 15: Das SiSy-Startfenster

flusses festlegt. Hier finden wir also die Schaltstelle, die über die Funktion jedes einzelnen Port-Pins entscheidet. Über das Register PORTx erfolgt die Ausgabe, über PINx die Eingabe von Daten. So zeichnen sich bereits erste Konturen von Programmansätzen ab, die I/O-Aufgaben betreffen: Es ist das entsprechende Portregister laut vorliegender Aufgabe anzusprechen bzw. zu konfigurieren und dann die gewünschte I/O-Line anzusteuern bzw. auszuwerten.

Genau diesen Aufgaben widmet sich nun unser erster Einstieg in die Programmierpraxis mit anschließender Ausführung auf dem myAVR-Board.

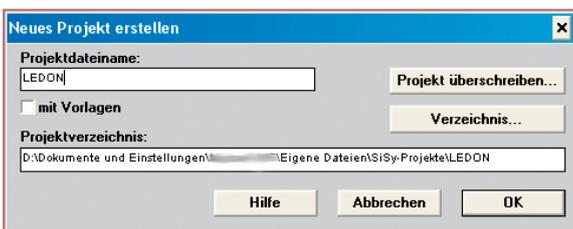
## Er lebt! Der erste Ausgabebefehl

Die erste Aufgabe lautet für uns, einen Port-Pin des myAVR-Controllers als Ausgang zu konfigurieren und eine der drei LEDs auf dem Board vom Controller aus einschalten zu lassen. Da der Ausgang des AVR bis zu 20 mA (bei 5-V-High-Pegel) treiben kann, ist also der direkte Anschluss einer LED, natürlich mit entsprechendem Vorwiderstand, einfach möglich.

Also müssen wir „nur“ noch einen Port-Pin als Ausgang konfigurieren und hierüber einen Ausgabebefehl geben. Wir legen fest, dass die Ausgabe über Port B, I/O-Line 0 (PB0) erfolgen soll.

### 1. Initialisierung

Erinnern wir uns dazu zunächst an den eingangs beschriebenen Aufbau des Programm-Grundgerüsts. Hier fand sich im Initialisierungsteil der Hinweis auf weitere Initialisierungsdefinitionen neben



der Grundinitialisierung des Controllers. Genau hier gehört nun die Port-Konfiguration über das Steuerregister DDRB hinein. Jedes Bit dieses Steuerregisters steht für die Datenrichtung der einzelnen I/O-Lines, wobei logisch null den Pin als Eingang, logisch eins hingegen den Pin als Ausgang definiert.

Für die Konfiguration stehen zwei Befehle zur Verfügung, die sich in ihrer Wirkung unterscheiden:

Der out-Befehl konfiguriert immer alle Bits des Ports auf einmal, einzelne Bits (Pins) sind nicht differenzierbar. Hier kann es also

Idi Register, Konstante) und geben die Port-Konfiguration des allgemeinen Registers mittels des out-Befehls an Port B aus (out Ziel, Quelle):

```
ldi r16, 0b00000001
out DDRB, r16
```

### Konfiguration mit dem sbi-Befehl

Deutlich „eleganter“ gestaltet sich die Konfiguration mit dem sbi-Befehl. Hier wird das Steuerregister direkt angesprochen (ein Bit direkt im I/O-Register/Port gesetzt), wobei die Bits B1 bis B7 unbeeinflusst bleiben:

```
sbi DDRB, 0
```

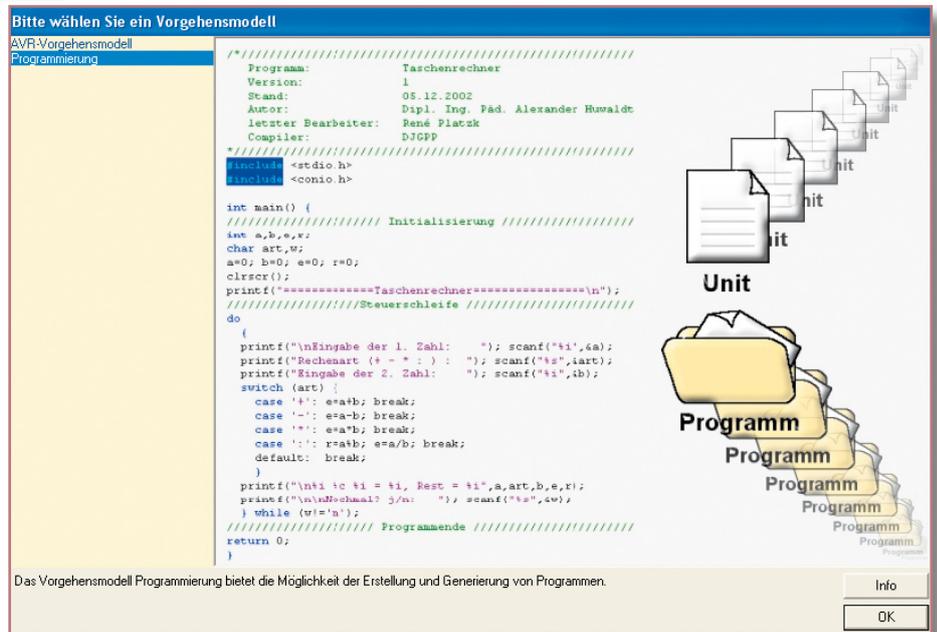


Bild 17: Als Vorgehensmodell wählen wir hier „Programmierung“.

vorkommen, dass es zu Kollisionen, sprich Überschreiben, kommt, wenn etwa Bits des Ports durch andere Programmteile bereits gesetzt sind.

Der sbi-Befehl hingegen setzt auf Nummer Sicher – er spricht gezielt nur ein Bit des jeweiligen Ports an, ohne andere Bits des Ports zu beeinflussen.

Beide Methoden haben ihre jeweilige Berechtigung, wie wir noch sehen werden.

Also lernen wir beide kurz kennen:

### Konfiguration mit dem out-Befehl

Wir verwenden ein allgemeines Register, hier r16 (verfügbar: r0...r31) als temporäre Variable (im Prinzip ein Zwischenspeicher), um es mit der gewünschten I/O-Konfiguration (Konstante, Bit 0 von Port B auf Ausgang, Bits 1 bis 7 auf Eingang) zu laden (ldi-Befehl, siehe Befehlsübersicht:

Bild 16: Ein neues Projekt wird angelegt.

```
ldi r16, 0b00000001
out PORTB, r16
```

Damit erweist sich der sbi-Befehl für unseren Zweck am besten für die Initialisierung des Ports geeignet, da wir ja zunächst nur die Line B0 beeinflussen wollen.

### 2. Ausgabe

Wir erinnern uns, von der Programmierung her werden die physischen Ports genau so behandelt wie die eben bei der Initialisierung behandelten Steuerregister. Deshalb können wir zur Ansteuerung der LED genau die gleichen Befehle einsetzen wie eben besprochen, wir beschränken uns hier auf den out-Befehl.

Dazu ist wieder ein allgemeines Register mittels ldi-Befehl mit den gewünschten Ausgabedaten zu laden, und dann folgt die Ausgabe des Register-Inhalts an Port B0. Je nachdem, ob wir das Bit 0 auf null oder eins setzen, wird später die angeschlossene LED an Ausgang B0 ein- oder ausgeschaltet. Wir sollen die LED einschalten:



**Bild 18:** Es gibt in der Software schon zahlreiche vorgefertigte Teilprogramme, hier wird zunächst „keine Vorlage verwenden“ angewählt.

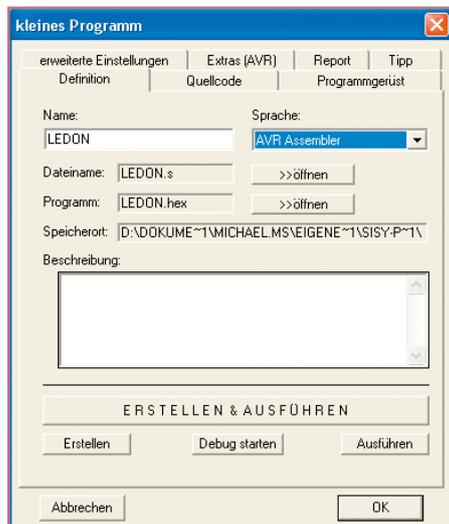
Dies bildet unser erstes Hauptprogramm! Die beiden Zeilen werden also als Quellcode im Programmteil „Mainloop“ eingetragen. Sollte das Ganze funktionieren, schaltet der Controller (sobald alles assembliert, gelinkt und auf den AVR gebrannt ist), die LED ein, sobald die Betriebsspannung an myAVR angeschaltet ist.

Das werden wir jetzt testen!

Zuvor rufen wir uns aber noch einmal komplett ins Gedächtnis, was wir bis jetzt getan haben. Das kann man am besten in einem Flussdiagramm erkennen, wie es Programmierer zur besseren Übersicht über ihre Programmplanungen entwerfen. Das zu unserem Programm passende Diagramm ist in Abbildung 14 zu sehen.

### Licht an! Das erste Programm

Jetzt gehen wir wie beschrieben vor: SiSy starten und „Assistent starten“ anwählen (Abbildung 15), dann im Assistenten „neues Projekt“ anwählen. Hier (Abbildung 16) erscheint das Eingabefenster

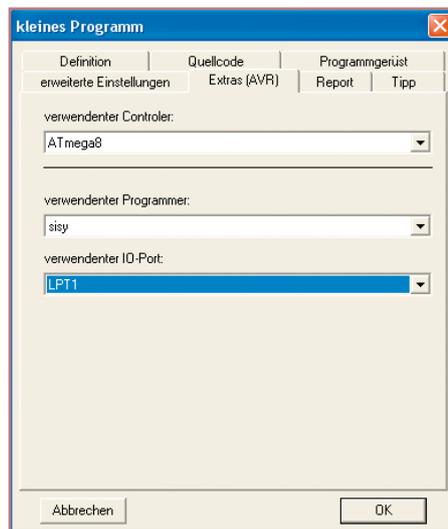


**Bild 19:** Das Dialogfenster für Grundeinstellungen und Programmierung

für den Projektnamen und den Standort der Projektdatei (der erfahrene Benutzer gelangt hierhin direkt aus dem Startmenü über „Neues Projekt“). Nach Eingabe des Projektnamens erscheint der Abfragedialog zum Vorgehensmodell (Abbildung 17), hier ist „Programmierung“ auszuwählen. Aus dem dann folgenden Vorschlag „Diagrammvorlagen“ (Abbildung 18) wird zunächst „keine Vorlagen“ angewählt.

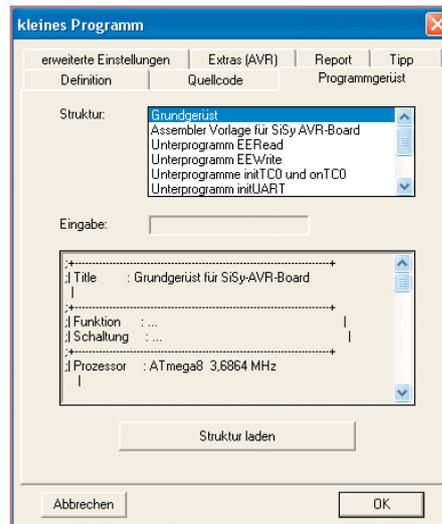
Jetzt erscheint das bereits bekannte SiSy-Editorfenster, und es ist aus der Objektbibliothek das Icon „kleines Programm“ per Drag & Drop in das Diagrammfenster zu ziehen.

Daraufhin öffnet sich ein Dialogfenster, in das unter „Definition“ zunächst noch einmal der Programmname einzutragen und anschließend unter „Sprache“ die Option „AVR-Assembler“ auszuwählen ist (Abbildung 19).



**Bild 20:** Auch der AVR-Typ und die Art des Programmiersystems lassen sich hier einstellen.

**Bild 22:** Der Editor mit dem Programmkopf unseres ersten Programms, unten die Objektbibliothek und das Diagrammfenster mit unserem Projekt



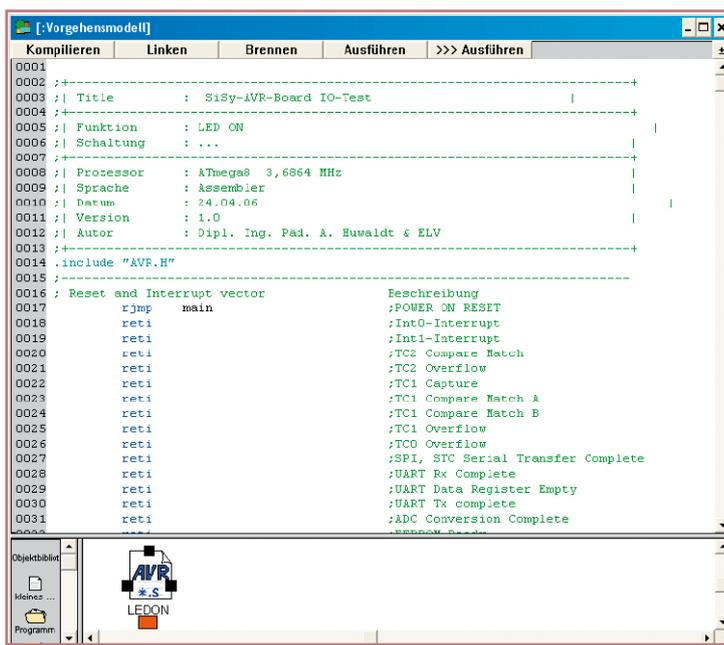
**Bild 21:** Das Grundgerüst des Programms wird geladen.

Unter „Extras (AVR)“ (Abbildung 20) wird sodann der eingestellte Controller-Typ (ATmega8), der Programmierer (sisy) und der verwendete I/O-Port (hier LPT1) kontrolliert bzw. eingestellt.

Über die Option „Programmgerüst“ lädt man nun sehr bequem das bereits mehrfach diskutierte Grundgerüst unseres Programms (Abbildung 21). Über „Struktur laden“ wird dieses Grundgerüst in den Editor geladen, es erscheint im Hintergrund. Jetzt kann man nach Bestätigung über „OK“ dazu übergehen, im Editor zu arbeiten oder, nach Wechsel auf „Quellcode“, diesen dort bearbeiten.

### Quellcode ergänzen

Nach der Bestätigung erscheinen der Programmname „LEDON“ unter dem Icon im Diagrammfenster und der Quellcode des Grundgerüsts im Editorfenster. Zur guten Dokumentation gehört zunächst das

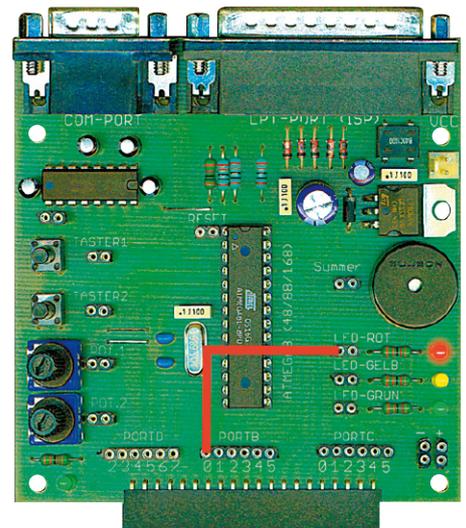


```

;-----
;| Title       : SiSy-AVR-Board IO-Test
;-----
;| Funktion    : LED ON
;| Schaltung   : ...
;-----
;| Prozessor   : ATmega8 3,6864 MHz
;| Sprache     : Assembler
;| Datum       : 24.04.06
;| Version     : 1.0
;| Autor       : Dipl. Ing. Päd. A. Huwaldt & ELV
;-----
.include "AVR.H"
;-----
; Reset and Interrupt vector      Beschreibung
rjmp  main                       ;POWER ON RESET
reti                             ;Int0-Interrupt
reti                             ;Int1-Interrupt
reti                             ;TC2 Compare Match
reti                             ;TC2 Overflow
reti                             ;TC1 Capture
reti                             ;TC1 Compare Match A
reti                             ;TC1 Compare Match B
reti                             ;TC1 Overflow
reti                             ;TC0 Overflow
reti                             ;SPI, STC Serial Transfer Complete
reti                             ;UART Rx Complete
reti                             ;UART Data Register Empty
reti                             ;UART Tx complete
reti                             ;ADC Conversion Complete
reti                             ;EEPROM Ready
reti                             ;Analog Comparator
reti                             ;TWI (I²C) Serial Interface
reti                             ;Store Program Memory Redy
;-----
; Start, Power ON, Reset
main:  ldi    r16, lo8(RAMEND)
        out   SPL, r16
        ldi    r16, hi8(RAMEND)
        out   SPH, r16
        sbi    DDRB, 0
;-----
mainloop: wdr
          ldi    r16, 0b00000001      ; LED ON
          out   PORTB, r16
          rjmp  mainloop

```

**Bild 23:** Der komplette Quelltext unseres Programms „LEDON“



**Bild 25:** Schnell verdrahtet – so wird PB0 mit der roten LED verbunden.

beziehen uns hier auf diese LPT-Version, bei der USB-Version ist die Vorgehensweise in der mitgelieferten Dokumentation beschrieben). Der LPT-Port des Rechners kann hier auch die erforderliche Betriebsspannung liefern, dies erkennt man am Aufleuchten der grünen Betriebs-LED.

Ist die Verbindung hergestellt, geht es ans „Brennen“ des eben hergestellten Hex-Files in den Flash-Speicher des AVR. Nach Anwahl der Schaltfläche „Brennen“ startet der Vorgang unter Protokollierung in einem Ausgabefenster (Abbildung 24). Erscheint die hier zu sehende Meldung, sind Übertragung und Verifizierung erfolgreich verlaufen.

### Geht's? Der erste Testlauf

Nun kommt der spannende Moment: Lläuft unser erstes Programm auf dem AVR?

Dazu trennt man zunächst das Programmierkabel vom myAVR-Board und verbindet mittels einer der mitgelieferten Patchleitungen den Buchsenleistenkontakt von Port B0 mit der Buchsenleiste einer der LEDs, in unserem Beispiel (Abbildung 25) der roten LED. Schließt man nun eine 9-V-Spannungsquelle an das myAVR-Board an, leuchtet die LED – unser Programm funktioniert!

Jetzt ist der Experimentierdrang geweckt! Bevor wir in der nächsten Folge u. a. zur Eingabeprogrammierung kommen, probieren Sie doch zunächst einmal aus, wie Sie andere Ports entsprechend als Ausgabeports programmieren oder gar mehrere LEDs gleichzeitig zum Leuchten bringen! Schon nach kurzer Zeit gehen einem die kleinen Programmialgorithmen in Fleisch und Blut über und man ist gespannt auf die nächsten Aufgaben ...

ELV

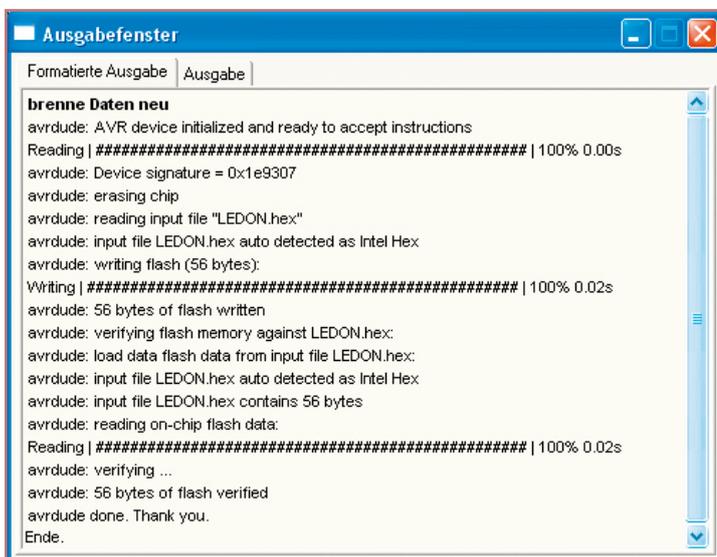
Eintragen des Projekttitels und weiterer projektbezogener Angaben in den Programmkopf (Abbildung 22).

Danach wird das Programm-Grundgerüst um die besprochenen Programmteile zur Initialisierung und zum Hauptprogramm ergänzt. Der Quellcode des Programms sieht dann aus wie in Abbildung 23 gezeigt. Sehr angenehm für den Einsteiger ist, dass jede Quellcodeeingabe von einem (abschaltbaren) Assistenzfenster begleitet wird, das alle wichtigen Parameter erläutert und z. B. auch Vorschläge für die Registerwahl macht (siehe auch Abbildung 8 im Teil 1).

### Kompilieren, Linken, Brennen

So komplettiert, wird der Quelltext nun mit dem Assembler kompiliert und gelinkt. Ergebnis ist ein im zuvor gewählten Projektverzeichnis abgelegtes File „LEDON.hex“, das nun noch auf den ATmega-Controller des myAVR-Boards zu übertragen ist. Jede Aktion wird, wenn sie fehlerfrei verlaufen ist, mit einer Ende-Meldung quittiert.

Jetzt kommt endlich das myAVR-Board ins Spiel. Es wird über das mitgelieferte Parallelportkabel (Programmierkabel) mit dem LPT1-Port des Rechners verbunden (wir



**Bild 24:** Im Ausgabefenster werden alle Vorgänge beim Brennen des AVR-Flash kontrolliert.



Verhindert das Überladen von einzelnen Lithiumzellen

# Lithium-Polymer (LiPo)- Akku-Balancer

**Der Vorteil von Lithium-Polymer-Akkus ist die besonders hohe Energiedichte bei gleichzeitig geringem Volumen und Gewicht. Ein Nachteil ist, dass diese Akkus sehr empfindlich gegen Überladung sind, so dass für eine lange Lebensdauer in Serie geschaltete Zellen nur mit entsprechenden Schutzschaltungen geladen werden sollten.**

## Allgemeines

Lithium-Akkus, insbesondere die modernen Lithium-Polymer-Zellen, haben bereits einen großen Teil des Marktes für portable Geräte erobert. Aber auch im Modellbaubereich setzt sich dieser Akku-Typ aufgrund

des Gewichts- und Größenvorteils immer mehr durch. Dabei darf man aber nicht vergessen, dass der Einsatz bei falscher Behandlung mit Gefahren verbunden ist. Die Ladevorschriften des Herstellers sind unbedingt zu beachten, und zum Laden dieses Akku-Typs dürfen nur dafür konzipierte Ladegeräte eingesetzt werden.

Während NiCd- und NiMH-Akkus sehr robust sind und eine falsche Behandlung nicht sofort übel nehmen, kommt es bereits bei einer geringfügigen Überladung von LiPo-Zellen zur Schädigung. Auch bei einer Tiefentladung werden diese Zellen schnell zerstört.

Möchte man selbst Akku-Packs konfektionieren, so ist unbedingt darauf zu achten, dass alle in Serie geschalteten Zellen die gleiche Spannung aufweisen und beim ersten Zusammenschalten den gleichen Ladezustand haben. Wird dies nicht beachtet, kommt es bereits beim ersten Ladevorgang zur irreversiblen Schädigung.

Bei fertig konfektionierten Akku-Packs kommen grundsätzlich entsprechend selektierte Zellen zum Einsatz. So lange die Packs neu sind, werden alle in Reihe geschaltete Zellen auf gleiches Span-

### Technische Daten: LiPo-Balancer LBA 1

|                    |  |
|--------------------|--|
| Balancer-Spannung: | 4,2 V ( $\pm 0,5\%$ )  |
| Balancer-Strom:    | 350 mA oder 1,1 A (je nach Bestückung)   |
| Stromaufnahme:     | <1 $\mu$ A bei $U = <3,2$ V<br><100 $\mu$ A bei $U = >3,5$ V   |
| Gewicht:           | 1,6 g<br>4,8 g mit Zusatz-Lastwiderstand   |
| Abmessungen:       | 23 x 16,5 mm (optionaler Lastwiderstand nicht bestückt)<br>30 x 16,5 mm (optionaler Lastwiderstand bestückt) |

nungsniveau geladen und alles ist (noch) in Ordnung. Im Laufe der Zeit kommt es aber zum Auseinanderdriften der Zellen, wofür verschiedene Ursachen verantwortlich sein können.

Egal, ob es sich um selbstkonfektionierte Akku-Packs handelt oder ob die Zellen bereits werkseitig zusammengeschaltet sind, kann das Auseinanderdriften ohne entsprechende Schutzschaltung nicht verhindert werden. Eine Ursache kann z. B. eine unterschiedliche Erwärmung der Zellen im Betrieb sein. Bei hohen Entladeströmen werden die mittleren Zellen eines Akku-Packs oft wärmer als die äußeren, was wiederum Abweichungen bei der zur Verfügung stehenden Kapazität zur Folge hat, und beim Ladevorgang werden diese Zellen den „Voll“-Zustand nicht gleichzeitig mit den äußeren Zellen erreichen.

Neben der Temperatur sind Kapazitätstoleranzen, die immer mehr oder weniger vorhanden sind, die entscheidende Einflussgröße für das Auseinanderdriften. Nach mehreren Lade-Entlade-Zyklen steigt der Spannungsunterschied zwischen den einzelnen Zellen immer weiter an. Im Extremfall kann die Überladung dazu führen, dass Zellen sich aufblähen und platzen oder dass es sogar zu einem Brand kommt.

Betrachten wir den Ladevorgang anhand eines 3-zelligen Akku-Packs, wobei wir in unserem Beispiel annehmen, dass die Zellen bereits auseinander gedriftet sind oder aus anderen Gründen unterschiedliche Ladezustände aufweisen.

Die Ladeschluss-Spannung von Lithium-Polymer-Zellen beträgt 4,2 V, wobei je nach Hersteller der maximal zulässige Wert mit 4,235 V bis 4,250 V angegeben wird. Bei drei in Serie geschalteten Zellen muss das Ladegerät also die Ladespannung auf 12,60 V zzgl. der vom Hersteller erlaubten Toleranz begrenzen.

Wir nehmen nun an, dass Zelle 1 eine Spannung von 4,07 V, Zelle 2 eine Spannung von 4,35 V und Zelle 3 eine Spannung von 4,08 V aufweist. Da die Gesamtspannung des Akku-Packs erst 12,5 V beträgt, wird mit vollem Strom weiter geladen, obwohl die mittlere Zelle bereits stark überladen wird. Dadurch kommt es bei dieser Zelle zu einem irreversiblen Kapazitätsverlust, was wiederum bedeutet, dass diese Zelle beim nächsten Ladezyklus noch früher die Ladeschluss-Spannung erreicht.

Wird zudem noch beim Entladevorgang versucht, die Entladeschluss-Spannung möglichst weit auszunutzen, kann es vorkommen, dass bei der bereits vorgeschädigten Zelle auch noch zusätzlich eine Tiefentladung erfolgt. Der vorzeitige Ausfall dieser Zelle ist kaum noch aufzuhalten.

Nur durch entsprechende Schutzschaltungen, so genannten Balancern, kann dieser Teufelskreis verhindert werden.

In der Consumer-Elektronik eingesetzte Lithium-Akku-Packs werden grundsätzlich mit Schutzschaltungen ausgestattet. Abbildung 1 zeigt dies am Beispiel eines Laptop-Akku-Packs.

Wenn es im Bereich des Modellbaus oder bei anderen Anwendungen mit selbstkonfektionierten LiPo-Akkupacks bereits nach weniger als 100 Ladezyklen zu Ausfällen kommt, liegt es meist an fehlenden Schutzschaltungen.

### ELV-Balancer-Schaltung

Die ELV-Balancer-Schaltung zeichnet sich durch hervorragende Leistungsmerkmale aus. Je nachdem, ob der Balancer immer fest mit der Zelle verbunden bleiben soll oder extern in Verbindung mit einem Ladegerät zum Einsatz kommt, stehen bei der ELV-Schaltung unterschiedliche Bestückungsvarianten zur Verfügung. Besonders, wenn die Schaltung ständig mit der Zelle verbunden bleiben soll, kommt es natürlich auf jedes Gramm Gewicht und entsprechend geringe Abmessungen an.

Der Balancer muss die Energie, die von der Zelle nicht mehr aufgenommen werden kann, in Wärme umsetzen. Nun ist es aber ein Naturgesetz, dass auf einer kleinen Fläche auch nur eine begrenzte Energiemenge in Wärme umgesetzt werden kann. Um diesen gegensätzlichen Forderungen gerecht zu werden, erlaubt die Platine eine sehr flexible Nutzung.

Mit bis zu 350 mA Balancer-Strom kann die Umsetzung in Wärme mit SMD-Widerständen erfolgen, während mit einem zusätzlichen Leistungswiderstand bis zu 1,1 A Balancer-Strom möglich sind. Der Leistungswiderstand wird auf einem Platinenabschnitt untergebracht, der einfach abgeschnitten werden kann, wenn dieser Widerstand nicht bestückt werden soll.

Im Betrieb ist unbedingt zu beachten, dass der Balancer im Bereich der Widerstände R 3 bis R 5 und im Bereich des Leistungswiderstandes R 6 recht heiß werden kann.

Insbesondere mit bestücktem Leistungswiderstand (R 6) muss unbedingt der Einbau in ein berührungssicheres, nicht brennbares Gehäuse erfolgen. Zur Befestigung mit einer M3-Schraube steht eine Montagebohrung neben dem Leistungswiderstand zur Verfügung. Aufgrund der möglichen Temperatur darf der

Balancer nicht direkt auf das (Kunststoff-) Gehäuse des Akkus geklebt werden.

Vorteilhaft ist auch, dass der ELV-Balancer völlig ohne Abgleich auskommt. Im Gegensatz dazu erfolgt der Abgleich bei einigen am Markt befindlichen Balancern mit Trimpotentiometern, wobei dann durchaus Zweifel an der Langzeitstabilität angebracht sind.

Eine weitere wichtige Forderung ist ein äußerst geringer Ruhestrom, da die Zelle schließlich nicht bei der Lagerung vom Balancer entladen oder sogar tiefentladen werden darf. Der Ruhestrom des ELV-Balancers beträgt bei Spannungen  $<3\text{ V}$  ca.  $1\ \mu\text{A}$  und bei Spannungen  $>3,5\text{ V}$  weniger als  $100\ \mu\text{A}$ . Im Vergleich zu vielen anderen Balancern ein extrem niedriger Wert.

### Funktionsweise

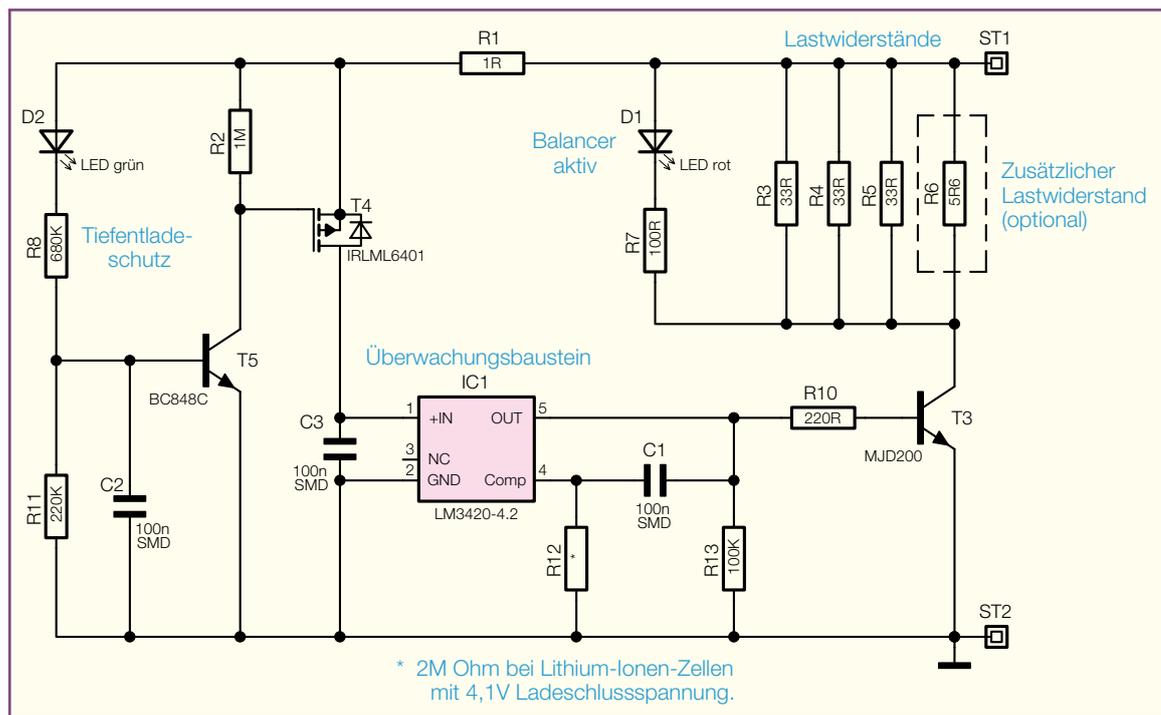
Wie wird nun mit den so genannten Balancern das Überladen von einzelnen Lithiumzellen verhindert? Die Funktionsweise ist recht einfach. Der Balancer ist im Grunde genommen nichts anderes als ein elektronischer Lastwiderstand, der bei Erreichen der Ladeschluss-Spannung parallel zur Zelle geschaltet wird und einen wesentlichen Teil des Ladestroms aufnimmt. Die Zellen eines Akku-Packs werden somit „in der Balance“ gehalten und dadurch die wichtigste Forderung beim Ladevorgang erfüllt. Die Lebensdauer von Lithiumzellen kann daher mit Balancern deutlich gesteigert werden.

Da jede Zelle bzw. jede parallel geschaltete Zellengruppe einen Balancer erhalten muss, kommt es bei fest am Akku angebrachten Balancern auf geringe Abmessungen und geringes Gewicht an. Schließlich möchte man nicht die Vorteile der LiPo-Zellen durch die Schutzschaltungen verlieren.

Wie aus den technischen Daten ersichtlich, betragen die Abmessungen des ELV-LiPo-Balancers in der fest mit der Zelle verbundenen Variante nur  $23 \times 16,5\text{ mm}$ ,



**Bild 1:**  
Lithium-Akku  
mit integrierter Elektronik



**Bild 2: Schaltung des LiPo-Balancers**

und das Gewicht ist mit 1,6 g nahezu vernachlässigbar.

Die eigentliche Funktionsweise ist einfach. Sobald die Ladeschluss-Spannung von 4,2 V erreicht ist, nimmt der Balancer seine Arbeit auf und signalisiert dies mit einer LED auf der Platine. Unterhalb der Ladeschluss-Spannung hat der Balancer im Grunde genommen nichts zu tun.

Ab 4,2 V Zellenspannung fließt der vom Balancer aufgenommene Ladestrom nicht mehr bzw. nicht mehr komplett in die Zelle.

Neben dem Schutz des Akku-Packs erlauben die Balancer auch eine Beurteilung der zugehörigen Zelle im Vergleich zu den anderen Zellen eines Packs.

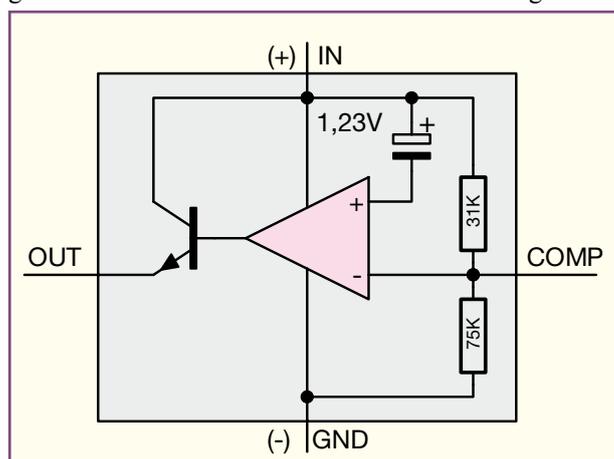
Da beim Ladevorgang die Zelle mit der geringsten Kapazität zuerst die Ladeschluss-Spannung erreicht, leuchtet die betreffende LED zuerst. Abgesehen vom ersten Ladevorgang eines neu konfektionierten Akku-Packs handelt es sich dabei um die schwächste Zelle im Pack. Bei gut selektierten Akku-Packs kommen die

Balancer nur kurz zum Einsatz.

Beim Ladevorgang ist zu beachten, dass die Ladeschluss-Spannung des Ladegerätes und der Einsatz der Balancer sehr eng zusammen liegen. Bei aktiv arbeitenden Balancern kann das Ladegerät natürlich nicht unterscheiden, ob der Strom vom Balancer oder vom Akku aufgenommen wird. Dadurch wird u. U. das Ladeende später erkannt.

## Schaltung

Die Schaltung des LiPo-Balancers ist in Abbildung 2 zu sehen. Zentrales Bauelement ist das IC LM3420A-4,2 von National Semiconductor, bei dem es sich im Wesentlichen um einen Spannungsüberwachungs-Baustein handelt. Das Besondere ist dabei die hohe Genauigkeit von 0,5 %. Der interne Aufbau dieses Bausteins ist in Abbildung 3 dargestellt, wobei neben der genauen Spannungsreferenz ein OP, ein Transistor und zwei Widerstände integriert sind.



Wie im Schaltbild zu sehen ist, hält sich der Schaltungsaufwand in Grenzen. Besonders wichtig ist eine sehr geringe Stromaufnahme, so dass im gelagerten Zustand die Zellen nicht durch den Balancer nennenswert belastet oder tiefent-

**Bild 3: Interner Aufbau des LM3420A-4,2 von National Semiconductors**

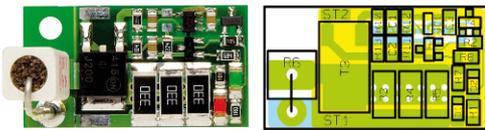
laden werden. Dafür sorgt die mit T 4, T 5 und externen Komponenten aufgebaute Schaltung, obwohl die Stromaufnahme von IC 1 nur ca. 80  $\mu$ A beträgt.

Solange die Zellenspannung unterhalb von ca. 3,2 bis 3,5 V liegt, befindet sich T 4 im Sperrzustand, wodurch IC 1 nicht mit Spannung versorgt wird und somit die Zelle auch nicht belastet. Erst bei einer Zellenspannung über ca. 3,5 V wird T 5 über D 2 und den Basis-Spannungsteiler R 8, R 11 durchgesteuert und dadurch gleichzeitig T 4 in den leitenden Zustand versetzt. Über den niederohmigen Schutzwiderstand R 1 gelangt die Zellenspannung dann direkt zum Überwachungsbaustein IC 1.

Bei Erreichen der Ladeschluss-Spannung von 4,2 V liefert IC 5 am Ausgang (Pin 5) eine Ausgangsspannung, die über R 10 auf die Basis des Entladetransistors T 3 gegeben wird. Sobald T 3 durchsteuert, belastet die Reihenschaltung, bestehend aus den Kollektor-Widerständen R 3 bis R 6 und der Kollektor-Emitterstrecke des Transistors, die Zelle. Die Umsetzung der Energie in Wärme erfolgt je nach Bestückung mit den SMD-Widerständen R 3 bis R 5 oder zusätzlich mit dem Leistungswiderstand R 6. Des Weiteren wird ein Teil der Energie über den Transistor T 3 (Kollektor-Emitterstrecke) in Wärme umgesetzt. Sobald der Balancer aktiv arbeitet, zeigt die über R 7 versorgte Leuchtdiode D 1 den Betrieb an. Mit dem optional zu bestückenden Widerstand R 12 kann die Schaltung für Lithium-Ionen-Akkus mit 4,1 V Ladeschluss-Spannung angepasst werden.

## Nachbau

Obwohl SMD-Komponenten für die



**Ansicht der fertig bestückten Platine des LiPo-Balancers mit zugehörigem Bestückungsplan**

Oberflächenmontage zum Einsatz kommen, ist der praktische Aufbau sehr einfach, da alle schwierig zu verarbeitenden Bauteile wie IC 1 und die Transistoren bereits werkseitig vorbestückt sind. Auch die LED D 1 zur Betriebsanzeige und die zur Stabilisierung dienende Leuchtdiode D 2 sind vorbestückt. Von Hand zu verarbeiten sind nur noch die SMD-Widerstände und die 3 SMD-Kondensatoren. Bei diesen Bauteilen wird zuerst ein Lötpad der Leiterplatte vorverzinnt, dann das Bauteil mit der Pinzette genau positioniert und am vorverzinnten Lötpad angelötet. Danach erfolgt das Verlöten des zweiten Bauteilanschlusses in der gleichen Weise.

Der optional einzusetzende Leistungswiderstand R 6 ist in stehender Position zu bestücken. Dazu sind zuerst 2 Löthül- sen stramm in die zugehörigen Platinenbohrungen zu pressen und an der Platinenunterseite sorgfältig zu verlöten. Die Löthülse in der Platinenmitte ist dann auf ca. 7 mm Länge oberhalb der Platine zu kürzen (während des Abschneidens am besten einen Draht einführen, damit es nicht zur Verformung kommt). Danach sind die Anschlüsse des Leistungswiderstandes in die Löthül- sen zu stecken und sorgfältig zu verlöten (Abbildung 4).

### Inbetriebnahme

Nachdem die Platine vollständig bestückt ist, sollte eine gründlich Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern er-

folgen. Die danach durchzuführende Kontrolle der Funktion ist einfach mit einem stabilisierten regelbaren Labornetzgerät möglich. Dazu wird die Strombegrenzung des Labornetzgerätes auf ca. 1,5 A und die Ausgangsspannung auf 3,0 V eingestellt. Der Balancer ist mit ST 1 am Pluspol und mit ST 2 am Minuspol des Netzgerätes anzuschließen. Die Stromaufnahme des Balancers darf jetzt nur ca. 1  $\mu$ A betragen. Langsam wird die Ausgangsspannung auf ca. 3,7 V hochgeregelt. Die LED D 1 darf noch nicht leuchten und die Stromaufnahme der Schaltung sollte jetzt 50  $\mu$ A bis 100  $\mu$ A betragen.

Die Ausgangsspannung wird weiter erhöht. Ab 4,2 V ( $\pm 0,5$  %) muss die Leuchtdiode D 1 leuchten und ein Laststrom zu messen sein, der bis auf ca. 350 mA steigt, wenn nur die Lastwiderstände R 3 bis R 5 bestückt sind. Wurde zusätzlich der Leistungswiderstand R 6 eingebaut, beträgt der Balancer-Strom ca. 1,1 A.

Ist der erste Funktionstest zufrieden stellend verlaufen, kann der Anschluss an die zu überwachende Zelle erfolgen. Dabei wird ST 1 mit dem Pluspol und ST 2 mit dem Minuspol der zugehörigen LiPo-Zelle verbunden. Da bereits Spannungsdifferenzen im mV-Bereich eine Rolle spielen, wird empfohlen, keine gemeinsamen längeren Anschlussleitungen für mehrere Balancer zu verwenden.

Zu beachten ist, dass die Balancer am Ende des Ladevorgangs recht heiß werden können. Dies trifft besonders dann zu, wenn die Zellen schon stark auseinander gedriftet sind und zusätzlich der Leistungswiderstand R 6 bestückt ist.

Insbesondere mit bestücktem Leistungswiderstand muss der Einbau unbedingt in ein Gehäuse erfolgen, welches den Anforderungen einer Brandschutzumhüllung entspricht. Da ohne Leistungswiderstand an der Platinenunterseite keine Anschluss-

## Stückliste: Lithium-Akku-Balancer LBA 1

### Widerstände:

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 1 $\Omega$ /SMD/0805.....       | R1    |
| 5,6 $\Omega$ /5 W.....          | R6    |
| 33 $\Omega$ /1 W/SMD/2512.....  | R3–R5 |
| 100 $\Omega$ /SMD/0805.....     | R7    |
| 220 $\Omega$ /SMD/0805.....     | R10   |
| 100 k $\Omega$ /SMD/0805.....   | R13   |
| 220 k $\Omega$ /SMD/0805.....   | R11   |
| 680 k $\Omega$ /SMD/0805.....   | R8    |
| 1 M $\Omega$ /SMD/0805.....     | R2    |
| 2 M $\Omega$ /1 %/SMD/0805..... | R12   |

### Kondensatoren:

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 100 nF/SMD/0805..... | C1–C3 |
|----------------------|-------|

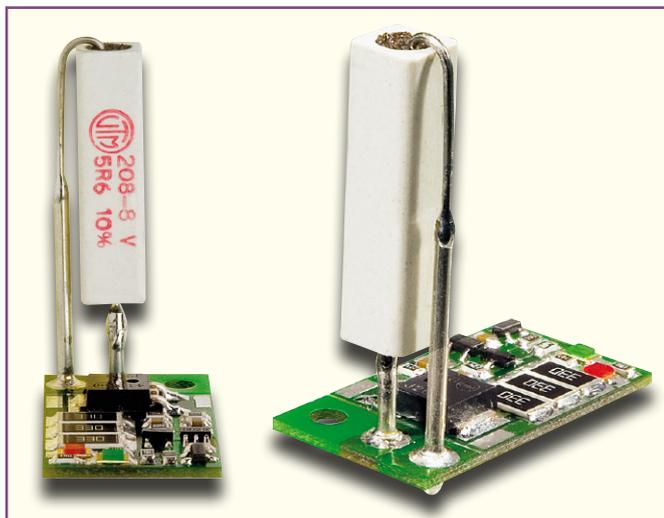
### Halbleiter:

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| LM3420A-4,2/SMD.....             | IC1 |
| MJD200/SMD.....                  | T3  |
| IRLML6401/SMD.....               | T4  |
| BC848C.....                      | T5  |
| LED, SMD, Rot, low current.....  | D1  |
| LED, SMD, Grün, low current..... | D2  |

### Sonstiges:

|  |     |
|--|-----|
| 2 Lötstifte, $\varnothing$ 1,5 x 20 mm.....                          | R6  |
| 10 cm flexible Leitung,<br>ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , Rot.....     | ST1 |
| 10 cm flexible Leitung,<br>ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , Schwarz..... | ST2 |

drähte oder Lötstellen vorhanden sind, können die Balancer auch mit einem temperaturstabilen Klebstoff direkt auf temperaturbeständige Oberflächen aufgeklebt werden (z. B. Metall). Abbildung 5 zeigt einen 2-zelligen Lithium-Polymer-Akku mit nachgerüsteten Balancern. Hier müssen zusätzlich noch alle Kabelverbindungen mit einem temperaturstabilen Klebstoff gesichert werden. **ELV**



**Bild 4: Montage des Leistungswiderstandes R 6**



**Bild 5: 2-zelliger Lithium-Polymer-Akku mit nachgerüsteten Balancern**



# Satellitenempfang

## Teil 11

**Die Verteilung von Satellitenprogrammen direkt in der 1. Sat-ZF (950–2150 MHz) über Multischaltersysteme ist mit Abstand am weitesten verbreitet. Für sternförmige Verteilungssysteme ist dies zweifellos die optimale Lösung, denn sie vereint in Verbindung mit der DiSEqC-Signalisierung für den Zugriff auf mehrere Satelliten eine nahezu unbegrenzte Bandbreite. Auch für die Nutzung ständig zunehmender Angebote wie „Streaming Media“ (IP-Datenströme) „on demand“ oder „live“ aus bisher kaum genutzten Orbitpositionen ist man mit dem sternförmigen koaxialen Verteilnetz und Multischalter(n) optimal gerüstet, wenn man mit den Koaxial-Kabeln gemeinsam Vernetzungskabel verlegt (Twisted Pair Overlay). Aber es gibt auch sinnvolle Alternativen für alte Baumnetze. Damit beschäftigt sich diese Folge.**

### Aus der Not eine Tugend machen

In vielen älteren Mehrfamilienhäusern sind noch koaxiale Verteilssysteme anzutreffen, die in Baumstruktur nur dafür ausgelegt sind, den traditionellen terrestrischen Frequenzbereich von 47 bis 860 MHz (Kanal 2–69, UKW) mit einigen wenigen Programmen zum Teilnehmer zu bringen. Der Umbau solcher Netze auf die zukunfts-sichere Sternstruktur mit dämpfungsarmen

und hoch geschirmten Koaxial-Kabeln verursacht in aller Regel hohe Kosten und große Unbequemlichkeiten für den Teilnehmer. Wenn überhaupt Leerrohre von Stockwerk zu Stockwerk existieren, sind sie doch stets zu dünn, um mehrere Kabel (wie es bei einer Sternstruktur nötig wäre) aufzunehmen – es muss also geschlitzt, verlegt, verputzt und neu tapeziert werden. Ein Horror für Hausbesitzer, Wohnungsmieter und -eigentümer. Dies ist die Stunde der zahlreichen Alternativen, um Programme

aus dem All über eine betagte häusliche Verteilstruktur zum Fernsehgerät zu bringen. Oft sind diese allerdings mit funktionalen Einschränkungen und geringerer Bild- und Tonqualität verbunden und das bei teilweise erheblichen Kosten.

Vor der Entscheidung für eine der nachfolgend beschriebenen Techniken muss man eine Grundsatzfrage beantworten: Soll der Satellitenempfang teilnehmerseitig mit einem herkömmlichen Fernsehapparat möglich sein oder kann zusätzlich ein Receiver eingesetzt werden. Das hat erhebliche Auswirkungen auf die Bandbreite, die das Verteilsystem verkraften muss.

### Von Sat zu PAL

Am bequemsten ist es für den Teilnehmer einer in die Jahre gekommenen terrestrischen Verteilanlage, wenn ihm die neuen analogen und/oder digitalen Satellitenprogramme in PAL gewandelt im Empfangsfrequenzbereich seines Fernsehapparates (VHF, UHF) an der Antennensteckdose angeboten werden (Abbildung 1). Er braucht dann keinen Beistellreceiver, sondern muss nur die neuen Frequenzen am TV-Gerät programmieren, und schon kann es losgehen. Für den Hausbesitzer ist es vorteilhaft, dass in der Regel keinerlei Eingriff in die bestehende Verteilanlage erforderlich ist, denn es wird ihr ja nicht mehr als bisher abverlangt. Eine Ausnahme können Verstärker bilden, die wegen der höheren Kanallast stärker intermodulationsgefährdet sind. Der Nachteil einer solchen Kanalaufbereitung liegt in deren Kosten bei der Anschaffung und im laufenden Betrieb (Stromverbrauch, Service!). Schließlich ist für jedes Programm ein Modul bestehend aus HF-Teil, Demodulator (analog oder digital) und PAL-Modulator erforderlich (Abbildung 2). Einsparungen ermöglichen Digitalmodule (Frontend), die den Transportstrom aller Programme auf einem Transponder bereitstellen, aus dem sich mehrere gleichartige Module bedienen, indem sie jeweils einen Programmstrom herauslösen und in ein analoges PAL-Programm transcodieren.

### Bequemlichkeit hat ihren Preis

Da ist an erster Stelle die relativ geringe Zahl verfügbarer Programme zu nennen. Der Fernsehfrequenzbereich ist bekanntlich in mehrere Bänder aufgeteilt und diese wiederum in eine gewisse Zahl von Kanälen. 3 Kanäle im Band I (Kanal 2 bis 4, 47–68 MHz), 8 Kanäle im unteren Sonderkanalbereich (Kanal S3 bis S10, 118–174 MHz), 8 Kanäle im Band III (Kanal 2 bis 12, 174–230 MHz), 10 Kanäle im oberen Sonderkanalbereich (S11 bis S20, 230–300 MHz), 17 Kanäle im

Band IV (Kanal 21 bis 37, 470–606 MHz) und 32 Kanäle im Band V (Kanal 38 bis 69, 606–862 MHz). Die theoretische Obergrenze liegt also bei 78 PAL-Programmen, was angesichts des in die Tausende gehenden Angebots vom Satelliten äußerst bescheiden ist.

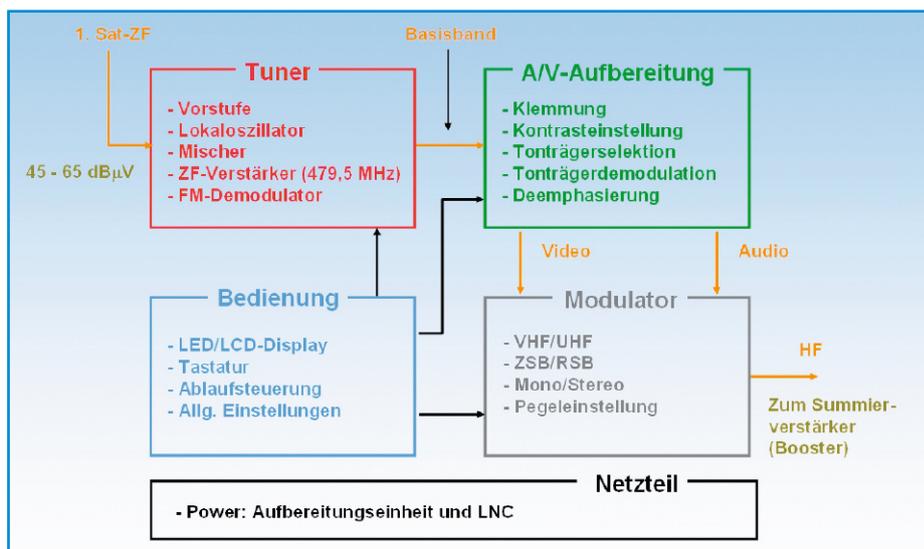
In der Praxis lässt sich der Fernsehfrequenzbereich auch nicht lückenlos ausnutzen, denn die in Programmaufbereitungen eingesetzten Modulatoren sind aus Kostengründen oft nicht für den Nachbarkanalbetrieb geeignet, weil ihr Spektrum zwei Seitenbänder um den Träger herum aufweist und nicht wie bei normalen Fernsehern üblich ein volles oberes und ein beschnittenes unteres (Abbildung 3). Bei solchen Zweiseitenbandmodulatoren belegt das untere Seitenband einen großen Teil des unteren Nachbarkanals. Es ist also mindestens ein „Schutzkanal“ zwischen zwei Nutzkanälen notwendig, um Bild- und Tonstörungen zu vermeiden. Restseitenbandmodulatoren filtern das untere Seitenband mit einem sog. Nyquistfilter bis auf einen Rest weg, daher ihr Name. Zudem fallen



**Bild 2: Eine typische kompakte Kanalaufbereitung für analoge und digitale Programme (Quelle WISI)**

bei der Umformung in ein PAL-Signal viele im Original-Satellitensignal enthaltene Zusatzinformationen unter den Tisch. So wird aus Stereo oder digitalem Surround-Sound oft schnöder Mono-Begleitton mit mäßigem Signal-Rausch-Abstand. Untertitel, Programminformationen, Steuersignale für den Videorecorder, Bildschirmtext und manches mehr gehen also prinzip- oder kostenbedingt verloren.

Noch ein Wort zu den Betriebskosten. Angenommen 20 Programme werden mit 20 Aufbereitungsmodulen mit je 10 Watt Leistungsaufnahme in das analoge PAL-Format umgesetzt. Dann werden jährlich 1.752 kWh Energie verbraucht, zu heutigen



**Bild 1: Die wesentlichen Baugruppen einer analogen Kanalaufbereitung**

Strompreisen von 25 Cent/kWh sind also 438 € jährlich an reinen Stromverbrauchs-kosten zu berappen. Hinzu kommen Wartungs- und Reparaturkosten, die mit solchen komplexen Empfangssystemen verbunden

## DVB-S auf Umwegen

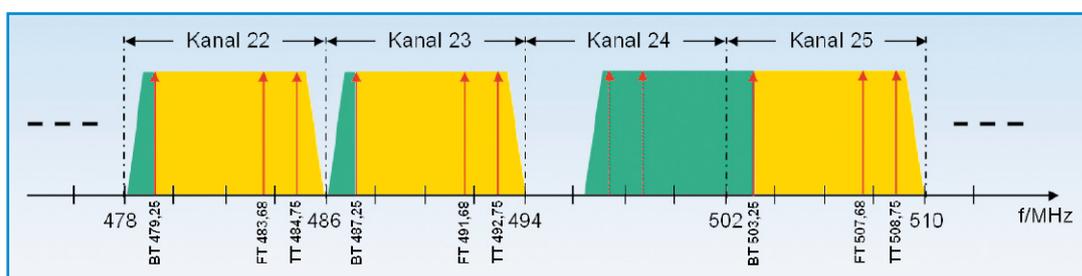
Die digitalen Satellitenprogramme werden bekanntlich im Bereich der 1. Sat-ZF (950–2150 MHz) vom LNB bereitgestellt. Damit liegen sie über den Bandbreiten vieler älterer terrestrischer Systeme, die bis 860 MHz oder gar nur 450 MHz reichen. Auch die einfache Umsetzung in den terrestrischen Bereich ist keine Lösung, denn der Empfangsbereich der DVB-S-Receiver beginnt bei 950 MHz. Eine Lösung könnte das Umsetzen auf eine niedrige Frequenz für den Transport über das Verteilsystem und ein Rückumsetzen an der Teilnehmerdose in die 1. Sat-ZF zur Nutzung durch einen herkömmlichen DVB-S-Receiver sein (Abbildung 4). Wenn man sich das Spektrum der 1. Sat-ZF gezielt mit den interessanten Transpondern aus verschiedenen Polarisations-ebenen und Low- oder High-Bändern aus einer oder mehreren Orbitalpositionen füllt (selektive Sat-ZF-Umsetzung), finden 24 Transponder im Bereich von 140 bis 860 MHz Platz. Bei 4 bis 5 Programmen auf einem Transponder stehen dem Teilnehmer so zwischen 100 und 120 Programme zur Verfügung. Nachteilig ist die Umsetzung vor der Einspeisung in das Verteilsystem (für alle Teilnehmer gemeinsam) und die Rückumsetzung bei jedem Teilnehmer. Es sind letztlich meistens die Kosten, die gegen solche Lösungen sprechen.

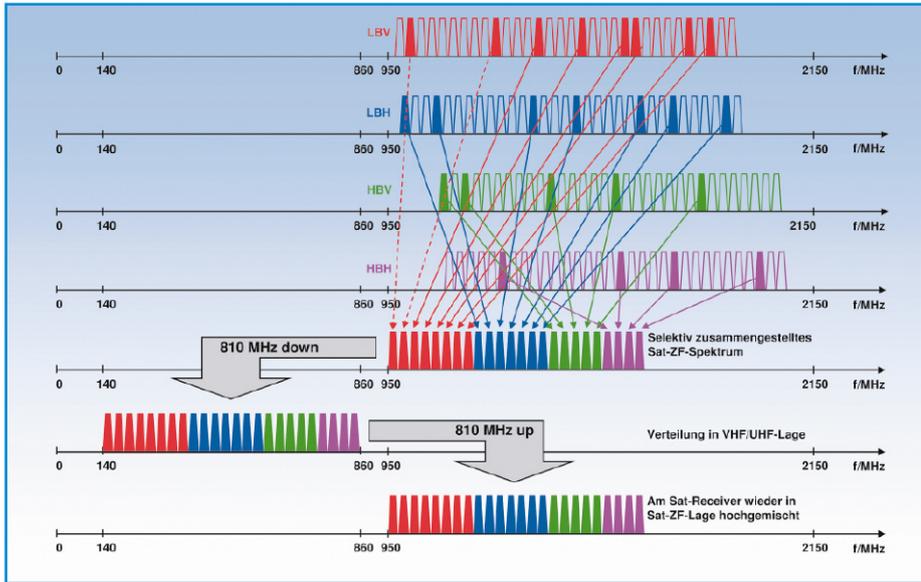
sind. Damit wird deutlich, dass Kanalaufbereitungen wirtschaftlich nur vertretbar sind, wenn eine größere Anzahl von Teilnehmern über sie versorgt wird.

## Transcodierungsvarianten

Wer seine aus Zeiten des ausschließlich terrestrischen Empfangs von analogen Programmen herrührende Antennenanlage auch ohne Umrüstung für die Verteilung digitaler Programme nutzen will, benötigt dafür Speziallösungen. Wir wollen sie kurz vorstellen, aber nicht verschweigen, dass einige dieser Exoten wenig praktische Bedeutung erlangt haben – teilweise zu Unrecht.

**Bild 3: Nur mit Restseitenband-Modulatoren ist die lückenlose Kanalbelegung möglich. (BT: Bildträger, FT: Farbhilfsträger, TT: Tonunterträger)**





**Bild 4: Der Transport einer Auswahl von Sat-Programmen im VHF-UHF-Frequenzbereich ist aufwändig.**

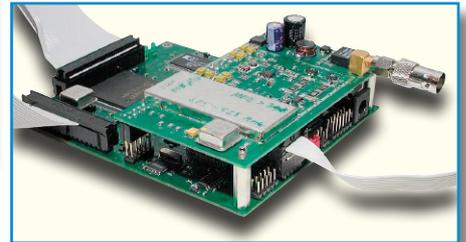
### DVB-S zu DVB-C

Nicht minder exotisch ist die Transcodierung von DVB-S-Kanälen in der 1. Sat-ZF zu DVB-C-Kanälen im terrestrischen Frequenzbereich. Damit ließen sich ohne teilnehmerseitigen Rückumsetzer handelsübliche Kabel-Set-Top-Boxen zum digitalen Empfang verwenden. Echt DVB-C-konforme Transmodulatoren müssen in den Transportstrom eingreifen und Anpassungen bei diversen Tabellen vornehmen. Diese Technik, die vornehmlich in den Kopfstellen von Kabelnetzbetreibern zum Einsatz kommt, ist bei Aufteilung der Kosten auf wenige Teilnehmer unwirtschaftlich.

belreceivers eingespeist und kann von dem Teilnehmer, der im Besitz der steuernden Fernbedienung ist, frei gewählt werden. Der betreffende Teilnehmer benötigt nur noch einen auf einen festen Eingangskanal (den Ausgangskanal des Modulators) eingestellten DVB-C-Receiver, um sein TV-Gerät oder Display anzusteuern. Schon vor Jahren wurde dieser Ansatz für analoge Sat-Programme verfolgt, erreichte aber wegen diverser technischer Probleme, u. a. im Zusammenhang mit der Fernsteuerung der teilnehmerzugeordneten Receiver, keine marktrelevante Bedeutung. Weil der „liebe Nachbar“ sich nur auf den Kanal des Opfers seiner Neugierde schalten musste, um dessen Fernsehverhalten überwachen

zu können, gab es zudem eine „Privacy“-Hemmschwelle.

Dieses Konzept lässt sich beliebig ausbauen. Gerade die Verbindung von Endgeräten wie DVD-Player, PCs als Media-Server und Streaming Media aus dem Internet oder vom Satelliten zu umfassenden Multimediasystemen ermöglicht hoch interessante Systemlösungen. Als Beispiel sei die modVES-Solution (modVES: Modulation-based Video-Entertainment-System) von Alexander Hoch genannt (<http://www.modves.de>). Dabei verteilt ein eigener lokaler Fernsehkanal (Analog-



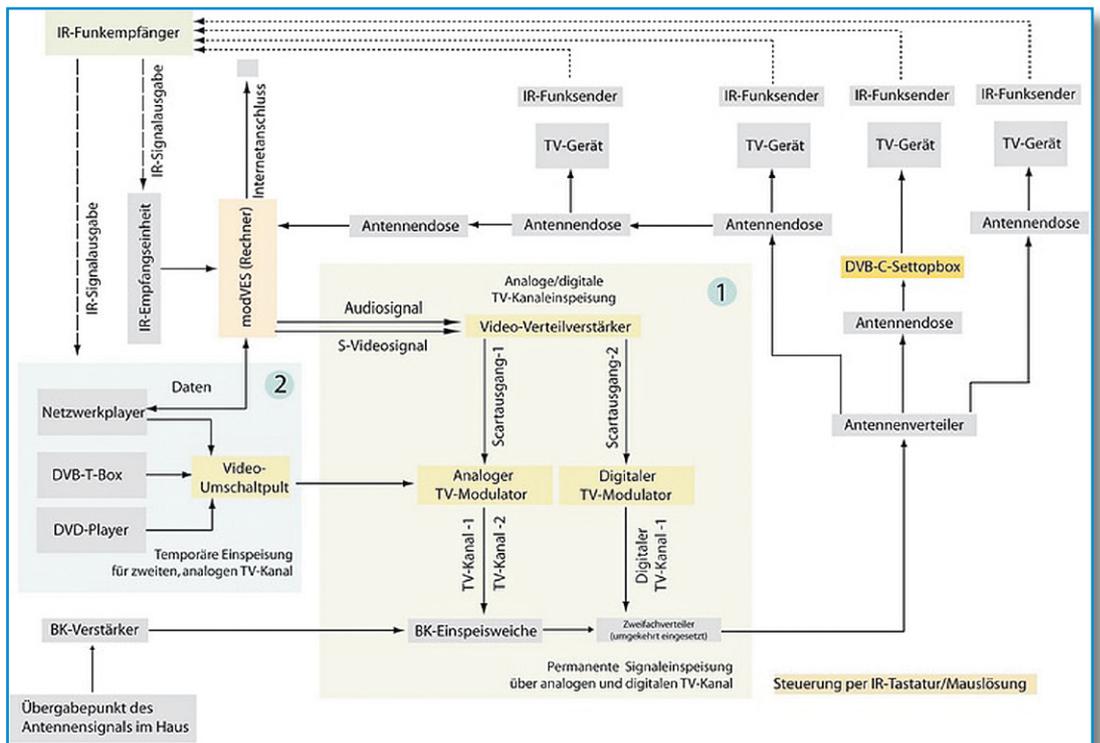
**Bild 5: Ein solcher Modulator setzt Programme aus digitalen Quellen ins DVB-C-Format um. (Quelle: A. Hoch)**

TV oder DVB-C) (Abbildung 5) analoges und digitales Video, Audio, TV, Radio über das Antennenverteilsystem von Zimmer zu Zimmer und vom PC zum Fernseh- und Radiogerät. Abbildung 6 zeigt die grundsätzliche Struktur einer modVES-Anlage. Wer sich näher für diese Technik interessiert, findet weiterführenden Lese-stoff unter <http://www.pcgo.de/common/news/einemeldung.php?id=39102> und [http://www.tomsnetworking.de/content/aktuelles/news\\_beitrag/news/870/18/](http://www.tomsnetworking.de/content/aktuelles/news_beitrag/news/870/18/).

Ein Manko des modVES besteht darin,

### Jedem das Seine

Einen ganz anderen Ansatz verfolgen Lösungen, bei denen ein (z. B. über Funk) fernbedienter DVB-S-Receiver unter dem Dach sein Ausgangssignal auf einen DVB-C-Modulator gibt. Dessen Ausgangssignal wird in die Verteilanlage im Frequenzbereich eines Ka-



**Bild 6: Innovative Verteillösungen auf der Grundlage von modVES (Quelle: A. Hoch)**

dass es bezüglich der Nutzinhalt unidirektional ist. Es ist nur für die Verteilung von getragenen Programmen im VHF-UHF-Bereich konzipiert.

### Data over cable!

Die Erweiterung um schnelle bidirektionale Datenübertragung mittels der an koaxiale Antennenverteilssysteme adaptierten HomePNA-Technik eröffnet völlig neue Perspektiven (<http://www.homepna.org/>). Nachdem vor knapp einem Jahr die HomePNA-3.0-Spezifikation von der International Telecommunication Union (ITU) verab-



**Bild 7: Mit solchen Geräten ist der Brückenschlag zwischen der Koax- und Twisted-Pair-Welt möglich. (Quelle: ReadyLinks)**

schiedet wurde, sind Datenverbindungen mit bis zu theoretischen 240 MBit/s und garantierter Dienstqualität (QoS: Quality of Service) über das Koaxnetz möglich. Für die Übergänge vom PC zum Koaxialnetz sind von einer Reihe von Herstellern kompatibel so genannte Ethernet-Bridges für Koaxleitungen verfügbar (Abbildung 7). Über ihren RJ45-Ethernetanschluss lassen sie sich völlig transparent in IP-Umgebungen integrieren. So bereitet z. B. IP TV (Fernsehen mit Datenströmen nach dem Internet-Protokoll) keinerlei Probleme: Ethernet-Bridge an die Antennensteckdose anschließen, IP-Set-Top-Box mit Bridge und Display verbinden – fertig. Und das Schönste daran: HomePNA

kommt den getragenen TV-Signalen im Koaxnetz gar nicht „ins Gehege“, weil es nur wenige Megahertz um einen 15-MHz-Träger herum beansprucht.

### Kreativität ist gefragt

Man kann sich eigentlich nur wundern, dass die Hersteller von herkömmlicher Antennenverteiltechnik noch keine Produkte mit integrierter HomePNA-Technologie auf den Markt gebracht haben. Sie ließe sich gleichermaßen intelligent sowohl in älteren Baum- als auch in modernen Sternnetzen einsetzen. Die Integration eines schnellen Datenkanals mit hoher Dienstqualität in eine koaxiale Antennenstruktur schafft vielfältige Synergien, die sich in ganz neuen Systemkonzepten und Geschäftsmodellen niederschlagen könnten. Der Kreativität der Industrie und der Wohnungswirtschaft sind sicher nur durch das Festhalten an traditionellen Technologien und Mangel an visionären Ideen Grenzen gesetzt. Nachdenken wäre angebracht! Die geringen Mehrkosten für die Integration von HomePNA-Funktionalität wären im Vergleich zu dem immens gestiegenen Mehrwert solcher Anlagen gut investiert – schließlich ist das ganze Triple Play aus TV, Daten und Internet an der Antennensteckdose verfügbar.

### Mit Brachialgewalt

Verteilungen für terrestrische Rundfunkprogramme (TV und Radio) sind eigentlich für die dabei übliche obere Frequenzgrenze von 860 MHz ausgelegt. Das heißt aber nicht zwangsweise, dass nicht auch höhere Frequenzen – insbesondere von den passiven Komponenten des Verteilsystems (Kabel, Verteiler, Abzweiger, Dosen) – übertragen

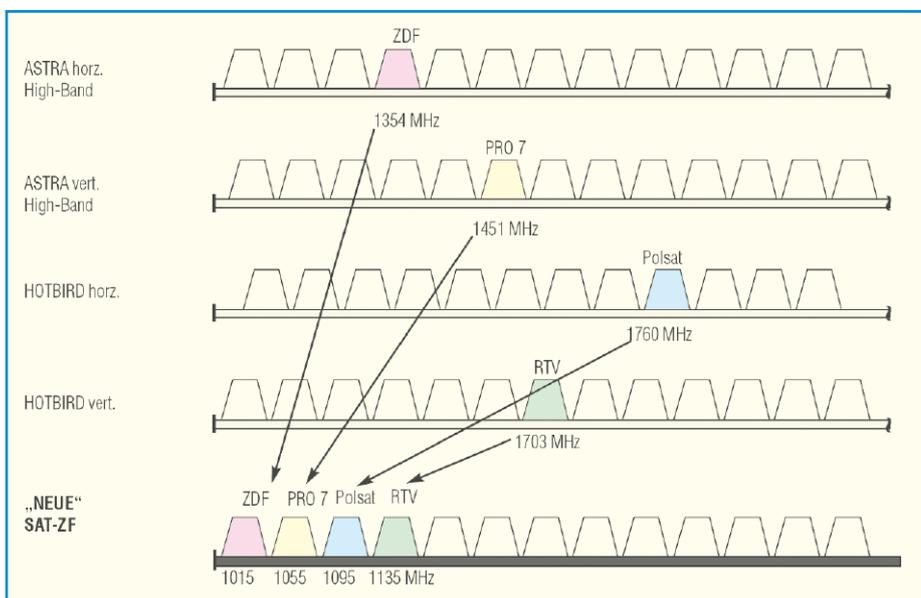
werden können. Als Notbehelf genügt es vielfach, die schwächsten Elemente in der Verteilung auszutauschen und das Signal mit ausreichend hohem Pegel speziell bei den hohen, stärker gedämpften Frequenzen in das Verteilsystem „hineinzupressen“. Damit kann man trotz höherer Dämpfung sowie schlechterer Anpassung und geringerer Schirmwirkung leben – Hauptsache die Wände brauchen nicht zum Neuerlegen von satellitentauglichem Kabel aufgerissen zu werden.

Dennoch leidet jede denkbare Lösung auf der Grundlage bestehender Baumverteilungen unter den eingeschränkten Bandbreitenverhältnissen. Entweder lassen sich wenige Transponder für viele Teilnehmer oder viele Transponder für wenige Teilnehmer bereitstellen.

### Selektive Transponderumsetzung in der 1. Sat-ZF

Wie bereits angedeutet, benötigt man für baumstrukturierte Verteilnetze, an denen viele Teilnehmer hängen (Einkabellösungen) alle zu empfangenden Programme in einem Frequenzband. In Multischalterlösungen hingegen kann jeder Teilnehmer „seinem“ Multischalterausgang über die niederfrequente Signalisierung (14/18 V, 0/22 kHz), Simple Tone Burst (DiSeqC) mitteilen, welches Frequenzband (Low/High) in welcher Polarisation (Vertikal/Horizontal) er zugespielt bekommen möchte. In Einkabellösungen kann jeder Sat-Receiver nur auf die Programme im verteilten Sat-ZF-Band zugreifen. Wenn man dieses mit den Transpondern füllt, auf denen die Highlights der Teilnehmer liegen, kann man eine recht zufrieden stellende Programmpalette mit bis zu 170 Einzelprogrammen zusammenstellen.

Am Beispiel der Einkabellösungen TSM1000/2000 von Polytron ([www.polytron.de](http://www.polytron.de)) lässt sich das Gesagte leicht illustrieren (Abbildung 8). Es werden vier Programme, je eins aus dem horizontalen und vertikalen Highband von ASTRA (19,2° Ost) und von EUTELSAT Hotbird (13° Ost) mit gänzlich unterschiedlichen Frequenzen wie Perlen auf der Schnur in einer „neuen Sat-ZF“ angeordnet. Das Beispiel lässt sich beliebig fortführen. Abbildung 9 zeigt das Innere einer PolySelect



**Bild 8: Zusammenstellen einer nach eigenem Geschmack gefüllten Sat-ZF (Quelle: Polytron)**

Compact TSM 1000 Aufbereitungseinheit für die wahlfreie Umsetzung von 10 Transpondern in neue Sat-ZF-Lagen. Bei Bedarf lassen sich mehrere TSM 1000 zusammenschalten, bis der Frequenzbereich von 1015 bis 2150 MHz im 40-MHz-Raster gefüllt ist, das entspricht  $(2150 - 1015) / 40 = 28$  Transpondern. An die Sat-Receiver der Teilnehmer werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Lediglich die Ausgabe der Steuersignale über die Antennenbuchse ist abzuschalten. Mit dieser Art der Programmaufbereitung verfügt eine praktisch unbegrenzte Teilnehmerzahl über eine begrenzte Programmanzahl.

### Selektive Transponderumsetzung auf zugewiesene Teilnehmerfrequenzen

Einen anderen Ansatz zur Verteilung von Sat-ZF-Signalen in Baumstrukturen verfolgt Kathrein mit seiner Einkabelmatrix UFO<sup>®</sup>micro-Einheit (Abbildung 10). Dabei wird das Sat-ZF-Band zwischen 1040 und 1480 MHz in 12 Abschnitte à 40 MHz aufgeteilt und jeder dieser Abschnitte einem von 12 Teilnehmern zugeordnet. Die Receiver fordern über einen UFO<sup>®</sup>micro-Befehlssatz (Erweiterung von DiSEqC 1.1) nun ein beliebiges Programm über den Eingangsmultischalter (Matrix) an, welches ihnen auf dem zugeteilten Frequenzband übermittelt wird. Die Zuweisung eines Frequenzbandes erfolgt aus Privacy-Gründen beim Einschalten eines Receivers zufällig. Eine UFO<sup>®</sup>micro-Einheit versorgt 4 Teilnehmer, der Vollausbau für 12 Teilnehmer ist also mit drei Einheiten erreicht.

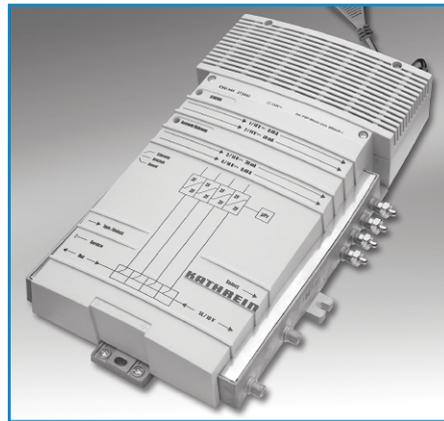
Für die Kommunikation mit der UFO<sup>®</sup>micro-Einheit sind natürlich nur Receiver geeignet, die den UFO<sup>®</sup>micro-Befehlssatz beherrschen (z. B. die meisten Kathrein-Receiver). Andere Receiver funktionieren nicht und stören die Anlage. Ältere Antennensteckdosen und Verteiler sind gegen UFO<sup>®</sup>micro-taugliche auszutauschen. Bei diesem Konzept stehen wenigen

Teilnehmern alle Programme zur Verfügung.

### Unicable™

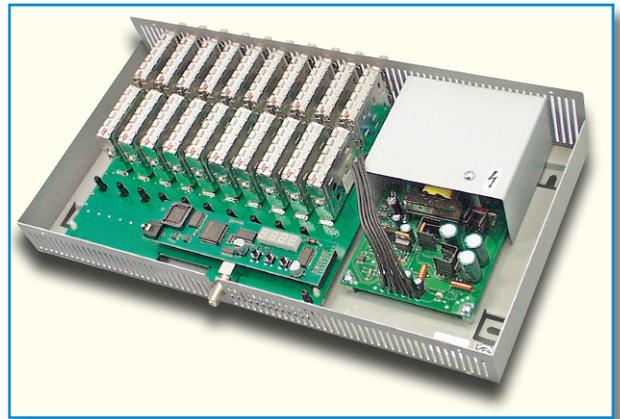
Unicable ist, wie der Name vermuten lässt, eine Empfangslösung zur Verteilung von Satellitenprogrammen über Einkabelsysteme, wie sie Baumstrukturen darstellen (Abbildung 11). Unicable™ hat große prinzipielle Ähnlichkeit mit dem eben beschriebenen UFO<sup>®</sup>micro. Es ist gewissermaßen eine miniaturisierte, in den LNB integrierte Variante der luxemburgischen FTA Communications Technologies (Abbildung 12).

Unicable™-LNBs setzen wie normale Quadro-LNBs die vier verschiedenen Fre-



**Bild 10: Alle Programme für bis zu 12 Teilnehmer über ein baumförmiges Verteilsystem dank der UFO<sup>®</sup>micro-Einkabelmatrix (Quelle: Kathrein)**

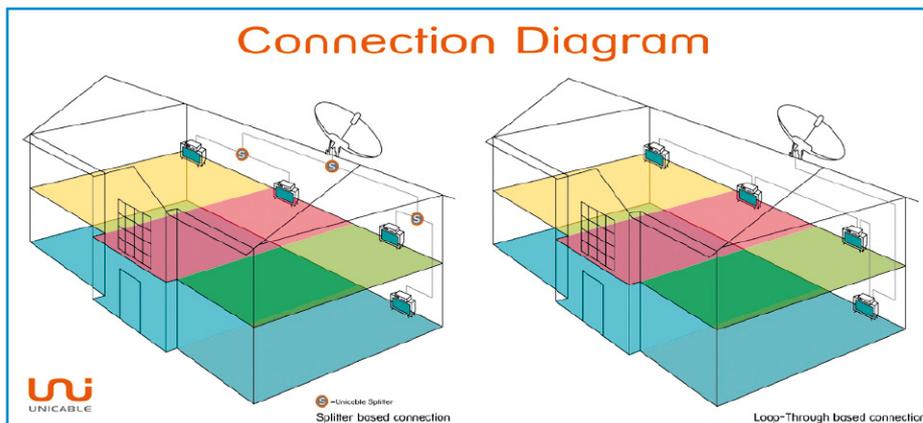
quenzbänder eines Satelliten (Low Band horizontal LBH, Low Band vertikal LBV, High Band horizontal HBH, High Band vertikal HBV) in die 1. Sat-ZF um. Die vier Spektren werden jetzt auf die Eingänge eines Multischalters gegeben und nach



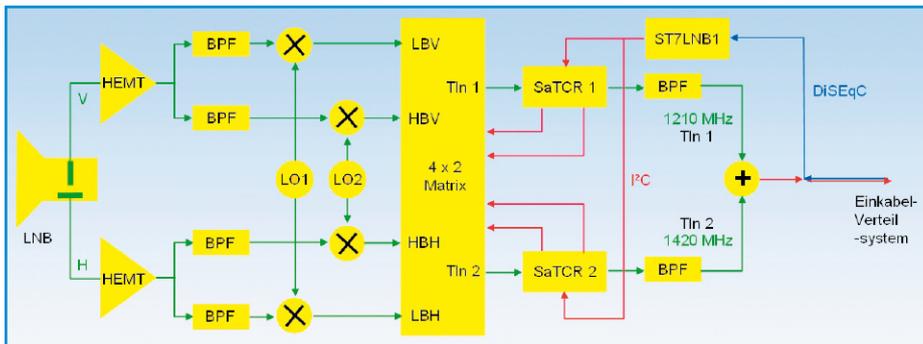
**Bild 9: Mit PolySelect-TSM 1000 lassen sich 10 Sat-ZF-Kanäle individuell in beliebige neue Lagen der 1. Sat-ZF verschieben. (Quelle: Polytron)**

Maßgabe der Steueranweisungen eines Mikrocontrollers auf die vier Ausgänge verteilt. Jedem der Ausgänge ist ein SCR-Chip (SCR: Satellite Channel Router) nachgeschaltet, der einen Kanal aus dem an seinem Eingang anliegenden Spektrum in eine bestimmte feste Sat-ZF-Lage bringt. Nach den Unicable™-Spezifikationen sind vier Frequenzbereiche (IF-Channels) vorgesehen, über die vier Receiver von ihnen angeforderte Satellitenkanäle zugewiesen bekommen: IF-Channel 1 (1680 MHz), IF-Channel 2 (1420 MHz), IF-Channel 3 (2040 MHz) und IF-Channel 4 (1210 MHz). Die Signalisierung erfolgt über die üblichen Gleichspannungen mit oder ohne 22-kHz-Überlagerung und Erweiterungen zum DiSEqC-1.0-Befehlssatz.

Unicable™ beruht auf den Channel-Router-Chips SaTCR-1 (SaT Channel Router) von ST microelectronics (<http://www.st.com/stonline/products/literature/bd/10465.pdf>) in Verbindung mit ST7LNB1, einem DiSEqC-Slave-Mikrocontroller zu deren Steuerung. ST sieht in seinen Spezifikationen SaTCR-LNBs mit 2 bis 8 Frequenzbereichen in der 1. Sat-ZF vor. Damit ein Receiver nicht vom Teilnehmer mit technischem Hintergrundwissen von Hand auf den eingesetzten SaTCR-LNB eingestellt werden muss, hat ST ein Verfahren zur selbsttätigen Erkennung des verwendeten SaTCR-LNB implementiert. Besonders pfiffig ist die Realisierung einer Methode zur bidirektionalen Kommunikation mit dem LNB, obwohl DiSEqC 1.0 wegen fehlenden Rückkanals dies nicht vorsieht. Man bedient sich dazu eines Signalisierungsträgers (RF tone), dessen Lage innerhalb des IF-Channels als logisch „TRUE“ (Wahr: auf Kanalmitte) oder „FALSE“ (Falsch: 24 MHz oberhalb Kanalmitte) interpretiert wird. Die Lage dieses „Antwortträgers“ wird detektiert, indem der Receiver bei abgeschaltetem Sat-Eingangssignal seinen IF-Channel durchscant. Ein vollständiger Scan über die ganze Band-



**Bild 11: Mit einem Unicable™-LNB können max. 4 Teilnehmer mit allen Sat-Programmen über ein Kabel versorgt werden. (Quelle: Inverto)**



**Bild 12: Mit SaTCR-1-Chips im LNB alle Programme für bis zu 8 Teilnehmer (Quelle: ST microelectronics)**

breite von 950 bis 2150 MHz gestattet es dem Tuner, so die Bandpassmittenfrequenzen (und damit die maximale Teilnehmerzahl) zu ermitteln und frequenzabhängige Dämpfungsverluste auszugleichen.

An den Mittenfrequenzen eines SaTCR-LNBs mit vier IF-Channels erkennt man, dass insbesondere Kanal 3 wegen seiner hohen Lage bei 2040 MHz manches ältere Verteilsystem überfordern dürfte. Ein dem LNB nachgeschalteter Verstärker mit entsprechender Leistung und Preemphase (Pegelanstieg in Richtung hoher Frequenzen) mit Rückweg für die DiSEqC-Signale kann erforderlich sein.

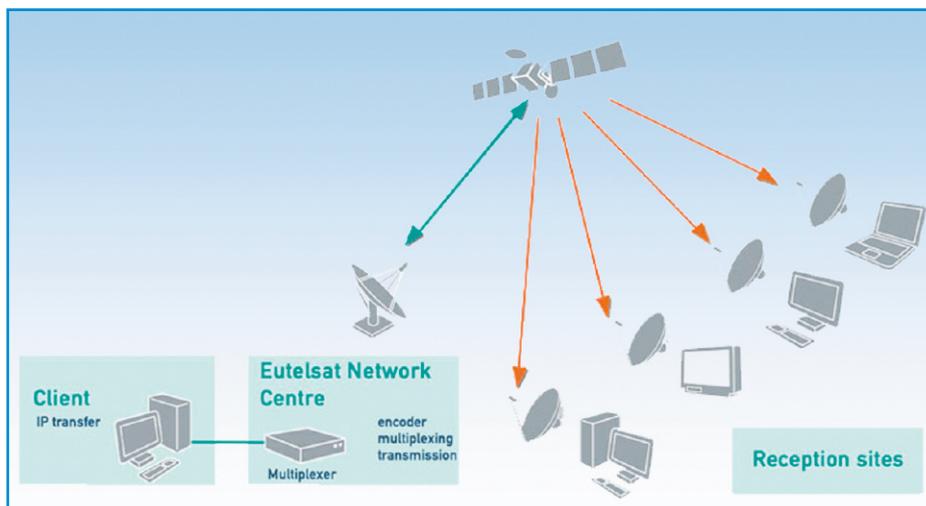
Für die Installation stellt Unicable™ zwei Anforderungen. Erstens müssen in älteren Anlagen unidirektionale Verteiler entfernt werden und bei Leitungslängen >35 m ist ein Verstärker zur Pegelanhebung erforderlich.

### Ansichtssache: IP oder TV oder IP-TV?

Man kann trefflich streiten, ob die Wiedergabe von „gestreamtem“ Programmmaterial nun Radio und Fernsehen ist oder ob es auf Grundlage des Internetprotokolls verteilte Daten sind. Von einem pragmatischen Standpunkt aus ist es Rundfunk, der sich an eine Vielzahl von Teilnehmern richtet – nur auf neuen Übertragungswegen und -formaten. Aber es ist auch mehr, weil über einen Rückkanal vom Teilnehmer individuelle Inhalte angefordert werden können (on Demand). Einen schönen Überblick vermittelt der Artikel „Multimedia Broadcasting Services“ unter <http://www.iec.org/online/tutorials/multimedia/topic02.html>.

IP-TV wird in Zukunft ein stark wachsendes Verbreitungssegment für Rundfunkinhalte aller Art sein. Satelliten eignen sich in Vorwärtsrichtung hervorragend zur

breitbandigen Verteilung von Multicast-IP-TV (Abbildung 13).



**Bild 13: Über Satellit sind IP-Transportinhalte aller Art verteilbar, mit Rückweg auch individuell angeforderte. (Quelle: EUTELSAT)**

Am einfachsten kann man die IP-Streams mit einer geeigneten DVB-S-Box abgreifen und wiedergeben oder über eine integrierte Ethernet-LAN-Schnittstelle in ein lokales Datennetz einspeisen. Ein ebenfalls in das Netz integrierter Multimediaserver stellt sie dann auf Anfrage jedem berechtigten Netzteilnehmer zur Verfügung. Oft ist dieses lokale Datennetz aber nicht vorhanden, was kein Hindernis zu sein braucht, wie man im nächsten Absatz sieht.

An anderer Stelle in diesem Artikel kam bereits eine Technik zur Sprache, mit der sich ein koaxiales Rundfunkverteilsystem als Transportmedium für IP-Daten nutzen lässt (Data over Cable mit HomePNA). Bei ihrem Einsatz ist es ohne zusätzlichen Kabelverlegeaufwand auf einfachste Art und Weise möglich, mit den hochfrequent getragenen analogen und digitalen Programmen gemeinsam Daten auf dem gleichen Medi-

um Koaxial-Kabel zu übertragen.

Das Kabelverteilsystem wird damit zugleich zum Hochgeschwindigkeits-Ethernet-Ersatz zur Realisierung des Triple Plays, bestehend aus IP TV (Fernsehen über das Datennetz, z. B. aus dem Internet), VoIP (Voice over IP: Telefonie über das Internet oder Intranet) und Networking (Vernetzung). Durch die Erweiterung um ein drahtloses WLAN-Netz wird der Nutzen abermals gesteigert, weil man nun im Nahbereich mit den entsprechenden Endgeräten mobil ist. Mit ein wenig Fantasie lassen sich attraktive Dienste technisch einfach und preisgünstig realisieren. Das sollte eigentlich ein Anreiz für alle an der Wertschöpfungskette Beteiligten sein.

### T-Online gibt Gas

Seit die Deutsche Telekom AG sich von ihren BK-Netzen getrennt hat, kann ihre Internet-Tochter T-Online mit Nachdruck an die Vermarktung IP-basierter Dienste gehen. Das Problem der konzerninternen Konkurrenz zum Kabel besteht ja nicht mehr. Zur Zeit heftig beworben wird das stark subventionierte T-Online-Vision-Paket. Darin stecken eine IP-Set-Top-Box (Abbildung 14) und ein WLAN-Router für drahtgebundenes und drahtloses TV-Entertainment auf dem Fernsehbildschirm (Spielfilme on Demand, Programmzeitung, Spiele und Kommunikation), Surfen im Internet und Telefonieren über das Internet. Wer dazu noch einen schnellen DSL-Anschluss mit 6 MBit/s erhält, der kann schon einen Blick in die Zukunft wagen. **ELV**



**Bild 14: Sieht wie ein DVB-Receiver aus, ist aber eine IP-Set-Top-Box. (Quelle: T-Online)**

## Durch welche Leitung fließt der Strom?



# Stromdetektor SDT 100

**Mit Hilfe des Stromdetektors SDT 100 kann eine elektrische Leitung oder ein elektrisches Kabel sehr schnell und einfach berührungslos auf vorhandenen Wechselstromfluss untersucht werden. Das Gerät ist dazu lediglich an die Leitung heranzuführen. Fließt ein Strom, wird dies durch eine LED-Anzeige signalisiert. Zusätzlich liefert die LED-Anzeige eine Information darüber, ob es sich um einen hohen oder einen geringen Strom handelt.**

### Stromdetektion ganz einfach

Auch wenn es in den meisten Haushalten keinen Elektrofachmann gibt, hat man in der Regel trotzdem ein Elektro-Prüfgerät im Haus – den Phasenprüfer. Dieser ist zumeist wie ein Schraubendreher ausgeführt und lässt sich einsetzen, um per Berührung mit der Schraubklinge Steckdosenkontakte, Sicherungen usw. auf das Vorhandensein der Netzspannung zu überprüfen.

Der Stromdetektor SDT 100 hat eine sehr ähnliche Funktion, allerdings wird mit ihm nicht auf das Vorhandensein von Spannung, sondern berührungslos auf fließenden Strom geprüft. Dieses berührungslose

Verfahren ist nicht nur sicher, es ist insbesondere dann hilfreich, wenn die Leitung nicht frei zugänglich ist (sich z. B. unter Putz befindet) bzw. nicht bekannt ist, wo sich Anfang und Ende der Leitung befinden. Verschwindet eine Leitung beispielsweise irgendwo in der Wand oder in einer Schalter-/Steckdose, kann durch das Heranführen der Messspule des SDT 100 bestimmt werden, ob ein Strom durch die untersuchte Leitung fließt. Die Höhe des Stroms wird als zusätzliche qualitative Information über eine LED-Kette ausgegeben.

Mit Hilfe des SDT 100 kann somit in vielen Fällen das Öffnen von Dosen und Verteilern vermieden werden, da das Gerät Auskunft über einen Stromfluss gibt. Damit

ist der Stromdetektor auch ein wertvolles Hilfsmittel bei Renovierungen, um den Verlauf von Leitungen unter Putz nachvollziehen und so z. B. Beschädigungen beim Setzen von Bohrlöchern vermeiden zu können. Einfach entweder das Licht einschalten oder eine Last an die Steckdose anschließen, und schon kann der Verlauf der Leitung mit dem SDT 100 nachvollzogen werden.

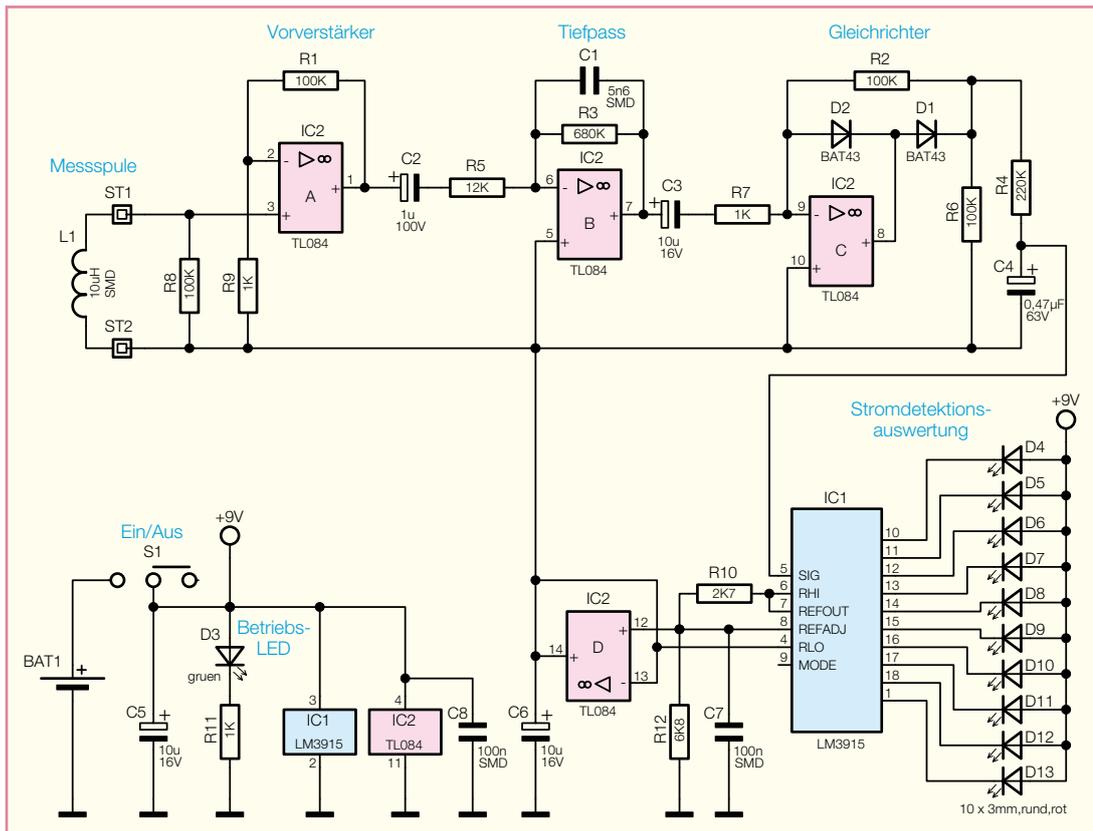
Unter Putz ist die Suchtiefe der zu verfolgenden Leitung abhängig von der Höhe des fließenden Stroms – je höher der Strom, desto tiefer kann der SDT 100 detektieren.

### Funktionsweise und Bedienung

Um den Stromfluss in einer Leitung bestimmen zu können, wird beim SDT 100 die physikalische Eigenschaft genutzt, dass sich um jeden stromdurchflossenen Leiter ein magnetisches Feld ausbildet. Dieses Feld kann anschaulich durch sich konzentrisch um den Leiter ausbildende Feldlinien dargestellt werden. Je höher

| Technische Daten: Stromdetektor SDT 100 |  |
|---|--|
| Stromdetektion bei 10 A:                | ab ca. 50 mm<br>(ohne Medium zwischen Leitung und Messspule) |
| Spannungsversorgung:                    | 9-V-Blockbatterie  |
| Stromaufnahme:                          | 20 mA  |
| Abm. (B x H x T):                       | 42 x 137 x 22 mm   |

**Bild 1:**  
**Schaltbild**  
**des SDT 100**



der durch einen Leiter fließende Strom ist, desto stärker ist auch das magnetische Feld um diesen Leiter. Mit dem SDT 100 können ausschließlich Wechselströme erfasst werden.

Die Bedienung des Gerätes ist einfach: Um den Stromdetektor in Betrieb zu nehmen, ist dieser über den Schiebeschalter einzuschalten. Nach dem Einschalten leuchtet die grüne Betriebs-LED und die 10-stellige, rote LED-Skala wird von oben nach unten durchlaufen.

Die Messung des magnetischen Wechsel-feldes wird beim SDT 100 mit Hilfe einer kleinen Messspule, die sich in der Spitze des Gehäuses befindet, vorgenommen. Durch das Heranführen der Messspule an einen stromdurchflossenen Leiter wird in der Spule eine Spannung induziert. Über die Auswertung der Höhe der induzierten Spannung kann anschließend die Höhe des Stroms ermittelt werden.

Auf Grund des vorliegenden Funktions-prinzips muss in der unter- bzw. gesuchten Leitung natürlich ein Strom fließen, also eine Last angeschlossen sein.

### Schaltung

Die Schaltung des SDT 100 ist in Abbildung 1 dargestellt. Mit dem Schiebeschalter S 1 kann das Geräte ein- und ausgeschaltet werden. Als Spannungsquelle wird eine 9-V-Blockbatterie eingesetzt. Die grüne LED D 3 leuchtet auf, sobald der Schiebeschalter geschlossen wird, und signalisiert somit die Betriebsbereitschaft.

Das magnetische Wechselfeld wird mit der Messspule L 1 und einem Messverstärker detektiert, der im einzelnen aus einem Vorverstärker, einem Tiefpass und einem Gleichrichter besteht.

Der Vorverstärker ist mit Hilfe des Operationsverstärkers IC 2 A realisiert. Die Wechselfrequenz, die durch Induktion in der Spule entsteht, wird durch diesen um den Faktor 101 ( $1 + R/9$ ) verstärkt. Anschließend gelangt die verstärkte Spannung über den Koppelkondensator C 2 auf den mit IC 2 B gebildeten Tiefpass. Dieser Tiefpass dient zur Linearisierung, da bei gleich bleibender Feldstärke in der Spule L 1 die induzierte Spannung mit zunehmender Frequenz ansteigt. Diese Frequenzabhängigkeit wird vom Tiefpass kompensiert. Die Grenzfrequenz wird durch C 1 und R 3 bestimmt und liegt bei ca. 260 Hz.

Über den Koppelkondensator C 3 gelangt das verstärkte Messsignal auf einen Gleichrichter, der mit Hilfe des Operationsverstärkers IC 2 C und der Zusatzbeschaltung, bestehend aus den Schottkydioden D 1 und D 2 und den Widerständen R 2, R 6 und R 7, aufgebaut ist.

Hinter dem Gleichrichter erfolgt durch einen weiteren Tiefpass, der mittels R 4 und C 4 realisiert wurde, eine arithmetische Mittelwertbildung des Messsignals. Dieses Signal wird über den LED-Treiberschaltkreis IC 1 auf einer 10-teiligen LED-Skala angezeigt. Die Spannung an Pin 5 von IC 1 wird ausgewertet und entsprechend der Spannungshöhe eine oder mehrere LEDs angesteuert. Dabei wird die Ansteuerung

logarithmisch zum Spannungspegel vorgenommen, wodurch ein möglichst großer Anzeigebereich erzielt werden kann.

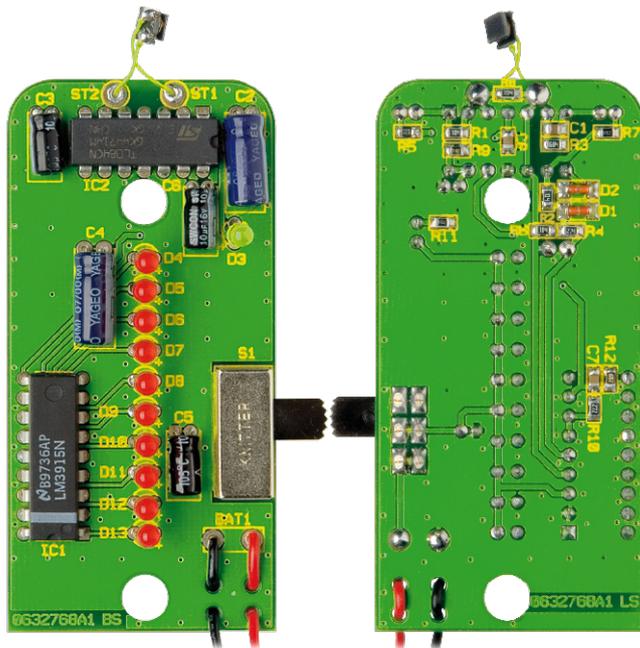
IC 1 besitzt eine interne Spannungsreferenz von 1,25 V, die zwischen den Pins „REFOUT“ und „REFADJ“ zur Verfügung steht. Mit Hilfe des Spannungsteilers R 10 und R 12 stellt sich an Pin 8 (REFADJ) eine Spannung von 3,15 V gegen Masse ein. Diese Spannung gelangt auf den Spannungsfolger IC 2 D und dient der Schaltung so als Referenzpegel.

### Nachbau

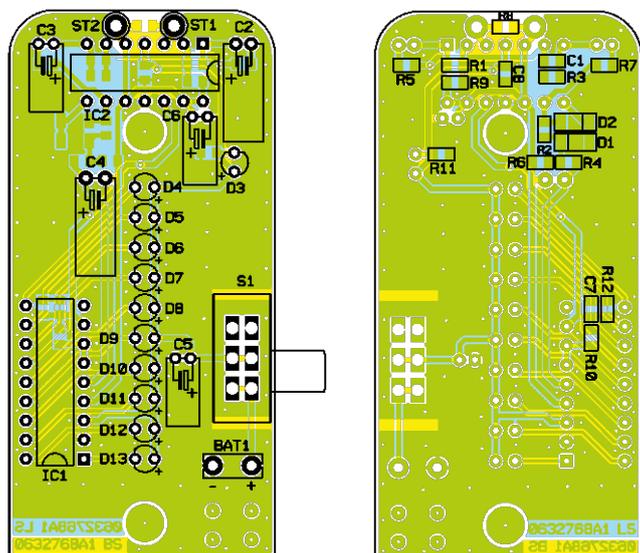
Der Nachbau des SDT 100 ist mit Hilfe der Stückliste, des Bestückungsplans und der Platinenfotos durchzuführen. Da die SMD-Bauteile auf der Lötseite der Platine bereits bestückt sind, sind nur noch die bedrahteten Bauteile zu bestücken.

Hier ist zunächst mit dem Einsetzen der ICs zu beginnen, wobei unbedingt auf die richtige Einbaulage anhand der Gehäusekerben und der Markierungen im Bestückungsdruck bzw. Bestückungsplan zu achten ist. Sind beide ICs richtig positioniert, sind ihre Pins auf der Lötseite sorgfältig zu verlöten. Es folgt der Einbau der Elektrolytkondensatoren, wobei auch hier wieder auf die Einbaulage bzw. auf die Polung zu achten ist. Sämtliche Elkos sind liegend zu bestücken, deshalb sind zunächst deren Anschlussdrähte um 90° abzuwinkeln.

Die LEDs sind so einzubauen, dass diese nach dem Einbau ins Gehäuse passend in den entsprechend vorgesehenen Bohrungen



Ansicht der fertig bestückten Platine des Stromdetektors SDT 100 mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite



liegen. Deshalb muss der Abstand von der LED-Spitze bis zur Platine jeweils ca. 21 mm betragen. Die passende Höhe kann auch ohne Messen gefunden werden, indem man die Platine mit einer lose eingesetzten LED im Gehäuse platziert, die LED in ihre Gehäusebohrung führt und sie anschließend verlötet. So kann man nach und nach alle LEDs exakt positionieren und verlöten.

Es folgt der Einbau des Schiebeschalters, hierzu ist dieser mit seinen Anschlüssen einfach auf der Bestückungsseite in die vorgesehenen Bohrungen einzusetzen und auf der Rückseite zu verlöten.

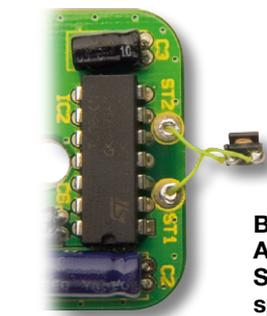


Bild 2: Der Anschluss der SMD-Detektor-spule

Die SMD-Spule ist mit den beiliegenden dünnen Leitungen an die Löt pads ST 1 und ST 2 anzulöten. Dazu sind zunächst jeweils zwei kurze Leitungen von je etwa 10 mm Länge vorzubereiten. Anfang und Ende sind jeweils abzuschleifen und dann mit Löt pad und Spule zu verbinden (siehe Abbildung 2).

Als Letztes werden die Batterieclip-Leitungen an die BAT-1-Pads angelötet. Um eine Zugschaltung zu erhalten, werden die Leitungen des Batterieclips von der Bestückungsseite der Platine her durch die Bohrungen am untersten Rand geführt, anschließend von der Unterseite wieder zur Vorderseite, dann in die Anschlussbohrungen geführt und verlötet. Schließlich ist die gesamte Bestückung der Platine (auch die SMD-Bauteile) auf Bestückungsfehler, fehlende oder fehlerhafte Lötstellen und Lötbrücken zu kontrollieren. Ist der Batterieclip an eine 9-V-Blockbatterie angeschlossen, kann eine erste Inbetriebnahme erfolgen. Funktioniert die Schaltung (grüne LED leuchtet, LED-

**Stückliste:**  
**Stromdetektor SDT 100**

**Widerstände:**

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| 1 k $\Omega$ /SMD/0805 .....   | R7, R9, R11    |
| 2,7 k $\Omega$ /SMD/0805 ..... | R10            |
| 6,8 k $\Omega$ /SMD/0805 ..... | R12            |
| 12 k $\Omega$ /SMD/0805 .....  | R5             |
| 100 k $\Omega$ /SMD/0805 ..... | R1, R2, R6, R8 |
| 220 k $\Omega$ /SMD/0805 ..... | R4             |
| 680 k $\Omega$ /SMD/0805 ..... | R3             |

**Kondensatoren:**

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 5,6 nF/SMD/0805 .....   | C1         |
| 100 nF/SMD/0805 .....   | C7, C8     |
| 0,47 $\mu$ F/63 V ..... | C4         |
| 1 $\mu$ F/100 V .....   | C2         |
| 10 $\mu$ F/16 V .....   | C3, C5, C6 |

**Halbleiter:**

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| LM3915 .....          | IC1    |
| TL084 .....           | IC2    |
| BAT43/SMD .....       | D1, D2 |
| LED, 3 mm, Grün ..... | D3     |
| LED, 3 mm, Rot .....  | D4-D13 |

**Sonstiges:**

|   |      |
|---|------|
| SMD-Induktivität, 10 $\mu$ H .....                      | L1   |
| Schiebeschalter, 2 x um,<br>winkelprint .....           | S1   |
| 9-V-Batterieclip .....                                  | BAT1 |
| 1 Tastkopfgehäuse, komplett,<br>bearbeitet und bedruckt |      |
| 5 cm Wire-Wrap-Leitung, Grün                            |      |

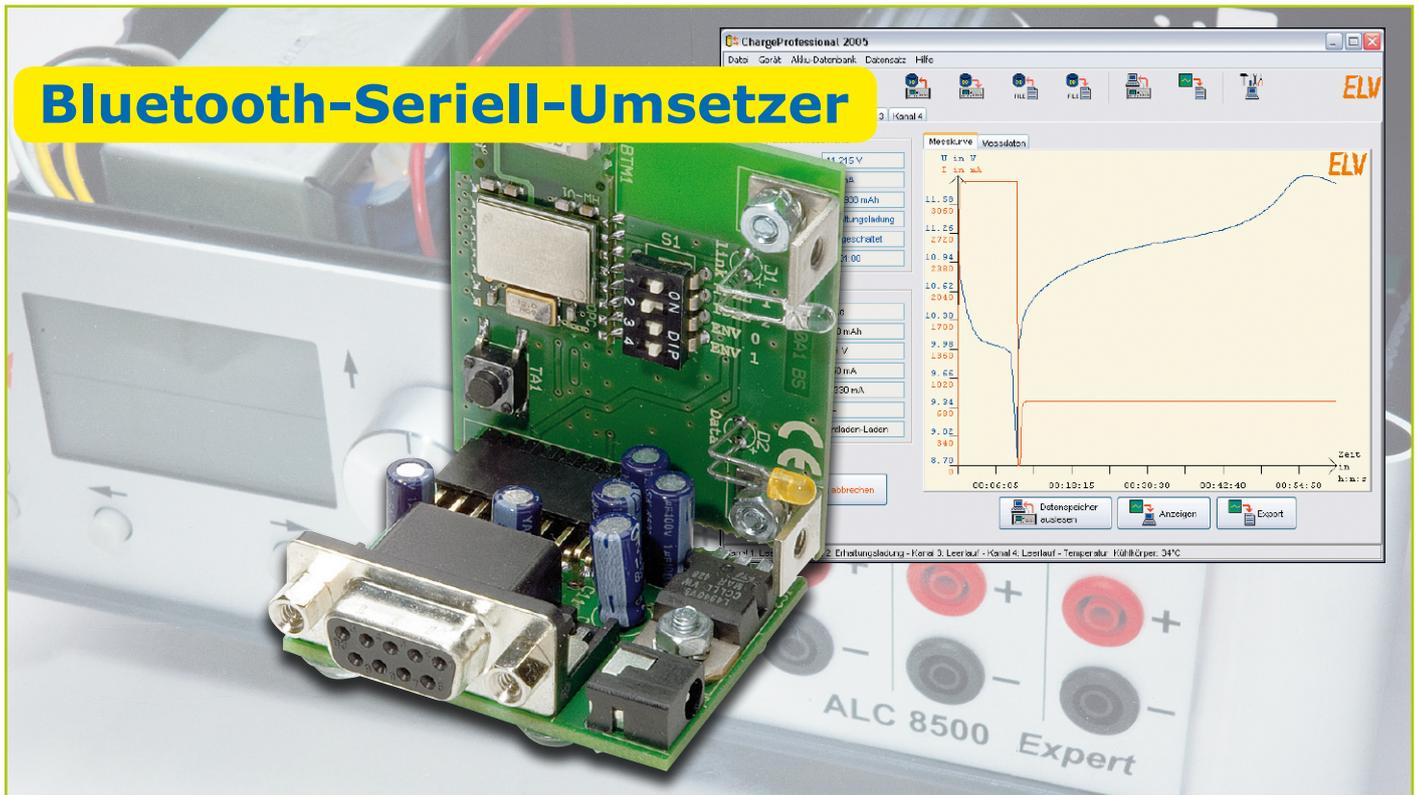


Bild 3: Die Lage aller Komponenten im Gehäuse

Skala wird beim Einschalten von oben nach unten durchlaufen), kann abschließend der Einbau in das SDT-100-Gehäuse erfolgen. Dazu ist die Platine in den Gehäusedeckel zu legen und die Batterie sowie die Spule, wie in Abbildung 3 zu sehen, im Gehäuse zu positionieren. Sind Platine, Batterie und Spule an ihrem Platz, kann der Deckel geschlossen und das Gehäuse verschraubt werden.

ELV

# Bluetooth-Seriell-Umsetzer



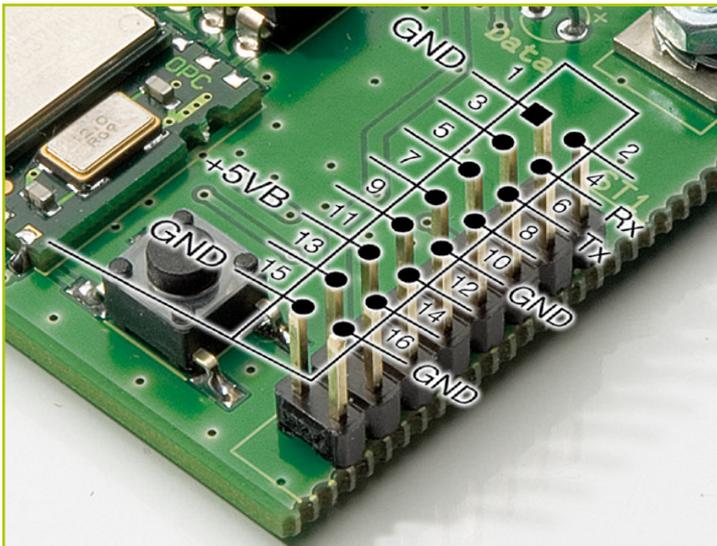
**Der BSU 100 setzt eine serielle Datenverbindung auf eine Bluetooth-Funkstrecke um. Sowohl Mikrocontroller mit 5-V-TTL-Pegel als auch Geräte mit RS232-Schnittstelle finden Anschluss. Eine Programmiersoftware für das Bluetooth-Modul sorgt für universellen Einsatz, zum Betrieb ist nur noch ein handelsüblicher Bluetooth-Dongle erforderlich.**

## Allgemeines

Immer mehr technische Geräte haben mittlerweile eine Schnittstelle, damit sie über den heimischen Computer fernsteuerbar sind. Auch hat der eine oder andere vielleicht schon selbst eine kleine Mikrocontroller-schaltung gebastelt, die über eine serielle Schnittstelle Anschluss an den Computer sucht. Nicht immer steht der Rechner in unmittelbarer Reichweite oder einige Geräte sollen wechselseitig am Computer sowie am Notebook funktionieren. Auch genießen Kabelverbindungen von einer Wetterstation im Wohnzimmer zum Computer entlang der Wände nicht unbedingt einen hohen WAF (= Women Acceptance Factor). Die Lösung dieser Probleme liegt auf der Hand: Die seriellen Daten sollen nicht per Kabel, sondern per Funk übertragen werden. Hier bietet sich Bluetooth als Übertragungsstandard direkt an, da einerseits der Empfänger am PC – ein handelsüblicher Bluetooth-Dongle – zumeist vorhanden ist und Bluetooth nicht nur eine störsicherere Übertragung bietet, sondern auch gleich noch die gesamte Verbindung verschlüsseln kann.

Dank fertiger Komponenten müssen nur noch die Parameter der seriellen Schnitt-

| Technische Daten:                  |  |
|------------------------------------|--|
| <b>BSU 100</b>                     |  |
| Bluetooth-Klasse:                  | Class-2-Modul, Reichweite ca. 10 Meter                                       |
| Bluetooth-Profil:                  | SDP, GAP, SPP  |
| Empfangsempfindlichkeit Bluetooth: | typ. -82 dBm   |
| Sendeleistung Bluetooth:           | typ. 2 dBm   |
| Max. Übertragungsrate:             | 921,6 k Baud   |
| Ausgangspegel:                     | TTL  |
| Anschlüsse:                        | - Mikrocontroller-Schnittstelle<br>- Stiftleiste, 2-reihig, 2,54-mm-Raster   |
| Spannungsversorgung:               | über Stiftleiste: +5 V <sub>DC</sub> ± 0,2 V, 100 mA (max.)                  |
| Abmessungen:                       | 48,2 x 46 x 15 mm  |
| <b>Programmieradapter</b>          |  |
| Max. Übertragungsrate:             | 115,2 k Baud   |
| Ausgangspegel:                     | RS232  |
| Eingangspegel:                     | TTL  |
| Anschlüsse:                        | - Buchsenleiste, 2-reihig, 2,54-mm-Raster<br>- Sub-D-Buchsenleiste, 9-polig  |
| Spannungsversorgung:               | über DC-Buchse: + 6 V <sub>DC</sub> bis + 17 V <sub>DC</sub> , 150 mA (max.) |



**Bild 1:**  
Belegung der  
µC-Schnittstelle

stelle für den BSU 100 mit einer mitgelieferten Programmiersoftware eingegeben werden – zwei besonders häufige Einstellungen sind auch direkt per DIP-Schalter anwählbar. Am Computer sucht man über die zum Bluetooth-Dongle gehörige Treibersoftware das BSU 100, gibt eine PIN (über Programmiersoftware einstellbar) ein, und schon steht die Verbindung. In der jeweiligen Anwendungssoftware am PC braucht nur noch der virtuelle serielle Port der Bluetooth-Verbindung eingetragen zu werden, und die Verbindung wird automatisch aufgebaut. Dabei verhält sich das BSU 100 für die dahinter liegende Schaltung völlig transparent.

Eine Vielzahl von ELV-Geräten mit USB-Schnittstelle verwendet das UO 100 (optisch getrenntes USB-Modul). Der BSU 100 hat dieselben Platinenmaße und Befestigungswinkel wie das UO 100 und auch die gleiche Belegung der Stiftleis-

| Tabelle 1: Belegung der DIP-Schalter |       |                        |                                 |
|--------------------------------------|-------|------------------------|---------------------------------|
| ISEL1                                | ISEL2 | Baudrate UART          | Parameter UART                  |
| 0                                    | 0     | aus Flash              | aus Flash                       |
| 0                                    | 1     | 115,2 Baud             | aus Flash                       |
| 1                                    | 0     | 9.600 Baud             | 1 Stopp, 1 Start, keine Parität |
| 1                                    | 1     | 921,6 k Baud           | aus Flash                       |
| ENV0                                 | ENV1  | Bedeutung              |                                 |
| 0                                    | 1     | ISP-Modus              |                                 |
| 1                                    | 1     | normaler Betriebsmodus |                                 |

te. Daher kann der BSU 100 besonders einfach in einige Geräte, wie z. B. das ALC 8500 Expert oder das PPS 7330, integriert werden. Nebenher bietet der BSU 100 auch eine vollständige galvanische Trennung zwischen PC und der Anwendung, in welcher der BSU 100 integriert ist.

Damit sind die folgenden Betriebs-

arten für den BSU 100 möglich:

- Umsetzen einer 5-V-TTL-Pegel-seriellen Schnittstelle auf das Bluetooth-Protokoll
- Ersetzen eines UO-100-Moduls
- Umsetzen einer RS232-Schnittstelle auf das Bluetooth-Protokoll

Im ersten und zweiten Einsatzfall wird der TTL-nach-RS232-Wandler nicht dauerhaft benötigt, sondern nur zum Programmieren des Moduls und kann danach auch in eigenen Schaltungen verwendet werden. Als Gegenstück am PC kommt ein handelsüblicher Bluetooth-Dongle zum Einsatz, welcher nicht im Lieferumfang des Bausatzes enthalten ist.

Die Reichweite des Moduls ist abhängig von der Einbaulage im Gerät, der Ausrichtung des Moduls und der Gegenstelle.

Normalerweise können 10 bis 20 Meter überbrückt werden, jedoch verringern dicke Wände oder metallische Gegenstände die Reichweite.

### Einsatz, Anwendung und Bedienung

Durch den kompakten Aufbau dank fertiger Module gestaltet sich der Einsatz des Bluetooth-Moduls besonders einfach:

#### Datenleitungen

An der Mikrocontroller-Schnittstelle (Stiftleiste ST 1) stehen dabei die beiden Datensignale RX und TX in TTL-Pegel an. Die Wandlung dieser Pegel auf 3,3-V-Pegel des Bluetooth-Moduls übernimmt eine kleine Schaltung, welche ebenfalls auf der Platine untergebracht ist. In der Abbildung 1 ist die Belegung der Stiftleiste dargestellt. Falls die Anwendung über die RS232-Schnittstelle kommuniziert, wird die Adapterplatine – wie in Abbildung 2 gezeigt – auf das BSU 100 aufgesteckt.

Hinweis: Die beiden Module sind nicht verpolsicher ausgeführt, daher unbedingt Abbildung 2 für den korrekten Aufbau beachten.

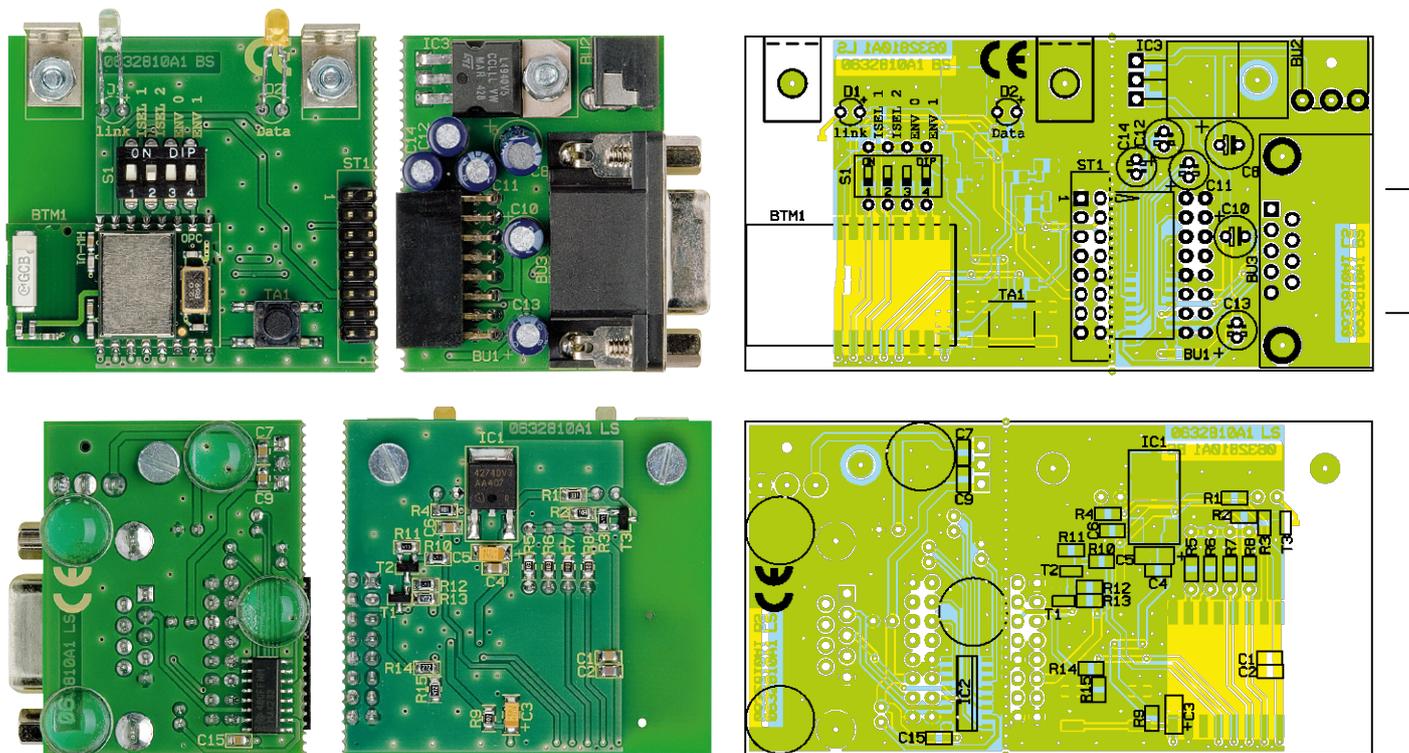
#### Spannungsversorgung

An der Stiftleiste ST 1 des BSU 100 ist



**Bild 2: Anwendung als RS232-Bluetooth-Wandler bzw. Aufbau zum Programmieren des Moduls**





Ansicht der fertig bestückten Platine des BSU 100 mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite

müssen vorher noch die DIP-Schalter ISEL1=0 und ISEL2=0 gesetzt werden, damit die Baudrate auch wirklich aus dem Flash gelesen wird.

**Schaltung**

Trotz des großen Funktionsumfangs fällt die Schaltung – wie in Abbildung 3 gezeigt – vergleichsweise einfach aus. Die wesentlichen Funktionen übernimmt voll-

ständig das Bluetooth-Modul. Zusätzlich stellt die Schaltung eine geeignete 3,3-V-Spannungsversorgung bereit und wandelt die Pegel von 3,3-V- auf 5-V-TTL-Pegel um. Der zweite Schaltungsteil wandelt die Pegel nochmals in standardgemäße RS232-Pegel um.

An Pin 15 des Bluetooth-Moduls liegt ein Ausgang an, der D 2 direkt über einen Vorwiderstand ansteuert. Diese LED (orange) zeigt den Bluetooth-seitigen Datenfluss an.

Über Pin 13 des Bluetooth-Moduls wird über den Transistor T 3 die LED D 1 (blau) angesteuert, welche eine aktive Verbindung (Link) anzeigt.

Die Eingänge des Moduls ENV0, ENV1, ISEL1 und ISEL2 werden direkt auf einen vierstelligen DIP-Schalter geführt. Im Schaltzustand ON sind die entsprechenden Eingänge direkt mit der Betriebsspannung (3,3 V) verbunden, im OFF-Zustand über einen Widerstand mit Masse.

Die Reset-Schaltung ist über R 9 und C 3 klassisch ausgeführt. Über den Taster TA 1 kann zusätzlich ein Reset ausgeführt werden, falls an den DIP-Schaltern Änderungen vorgenommen wurden, da neue Einstellungen erst nach einem Reset wirksam werden.

Das IC 1 stellt aus der Versorgungsspannung von +5 V die erforderlichen 3,3 V für das Bluetooth-Modul her und die Kondensatoren C 4 bis C 6 mindern die Schwingungsneigung von IC 1 und sorgen dafür, dass keine Störungen ausgestrahlt werden.

Da an der Stiftleiste ST 1 TTL-konforme Pegel anliegen müssen, wird der Ausgang TX an Pin 5 über die Transistoren T 1 und T 2 und über die Widerstände R 10 bis R 13 von 3,3 V auf 5 V angehoben. Eingangsseitig setzt der Spannungsteiler über R 14 und R 15 die 5 V für den RX-Eingang an Pin 4 von 5 V auf 3,3 V herab.

Die Schaltung des Programmieradapters enthält eine Buchsenleiste, welche spiegelbildlich zur Stiftleiste beschaltet ist, und einen MAX232 zur Wandlung der TTL-Pegel nach RS232-Pegel. Die Kon-

| <b>Stückliste: Bluetooth-Seriell-Umsetzer BSU 100</b> |   |
|---|---|
| <b>Widerstände:</b>                                   | LED, 3 mm, Blau, super hell .....D1       |
| 100 Ω/SMD/0805 .....R4                                | LED, 3 mm, Orange.....D2                  |
| 330 Ω/SMD/0805 .....R1                                | <b>Sonstiges:</b>                         |
| 1 kΩ/SMD/0805 .....R9                                 | Buchsenleiste, 2 x 8-polig,               |
| 2,7 kΩ/SMD/0805 .....R14                              | winkelprint.....BU1                       |
| 4,7 kΩ/SMD/0805 .....R13, R15                         | DC-Buchse, print.....BU2                  |
| 10 kΩ/SMD/0805 .....R2, R5–R8                         | Sub-D-Buchsenleiste, 9-polig,             |
| 47 kΩ/SMD/0805 .....R3, R10–R12                       | print.....BU3                             |
| <b>Kondensatoren:</b>                                 | Stiftleiste, 2 x 8-polig, gerade,         |
| 100 pF/SMD/0805 .....C2                               | print.....ST1                             |
| 10 nF/SMD/0805 .....C1                                | Mini-DIP-Schalter, 4-polig, liegend... S1 |
| 100 nF/SMD/0805 .....C4, C6, C7,                      | Mini-Drucktaster, 1 x ein,                |
| C9, C15   | 5 mm Tastknopflänge.....TA1               |
| 1 µF/100 V.....C11–C14                                | Bluetooth-Modul BlueNiceCom 3,            |
| 10 µF/6,3 V/tantal/SMD.....C3, C5                     | komplett.....BTM1                         |
| 10 µF/25 V.....C10                                    | 2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 6 mm        |
| 100 µF/25 V.....C8                                    | 1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm         |
| <b>Halbleiter:</b>                                    | 3 Muttern, M3                             |
| TLE4274DV33/SMD.....IC1                               | 3 Fächerscheiben, M3                      |
| MAX232D/SMD.....IC2                                   | 2 Befestigungswinkel, vernickelt          |
| L4940V5.....IC3                                       | 4 Gehäusefüße, selbstklebend,             |
| BC848C.....T1–T3                                      | transparent                               |
|   | 1 CD Software BSU 100                     |

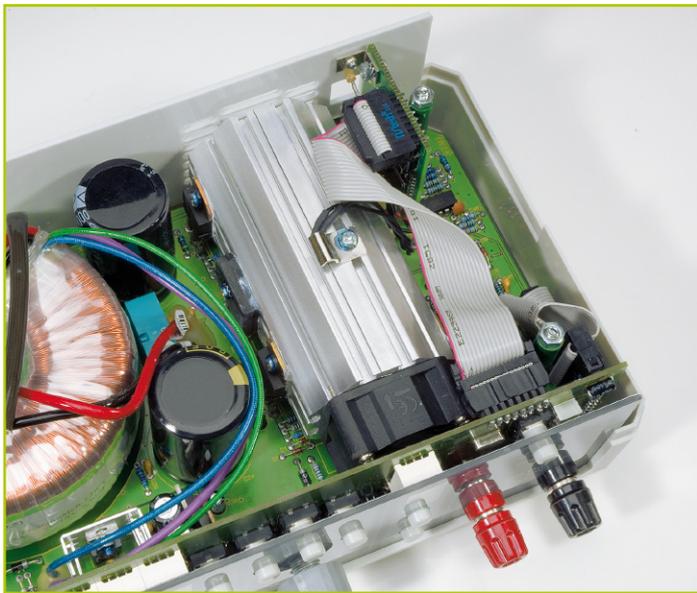
densatoren C 11 bis C 14 werden dabei vom MAX232 als Ladungspumpe benötigt. Zusätzlich ist noch ein Spannungsregler und eine Klinkenbuchse enthalten, daher wird nur eine einfache Kleinspannung im Bereich von 6 V<sub>DC</sub> bis 17 V<sub>DC</sub> als externe Versorgung benötigt.

## Nachbau

Aufgrund der Kompatibilität zum UO 100 findet die gesamte Schaltung auf einer 48,2 x 44,2 mm messenden Platine Platz. Der Nachbau der Schaltung stellt zwar einen kleinen Anspruch an die Lötfertigkeiten, allerdings sind alle SMD-Bauteile bereits vorbestückt.

Beim Aufbau ist nach der Stückliste, dem Bestückungsplan und den dargestellten Platinenfotos zu verfahren. Die richtige Polung ist beim Einbau der Elektrolytkondensatoren zu beachten, ebenso bei den LEDs. Diese sind vor der Montage so abzuwinkeln, dass sie in evtl. bereits vorhandene Bohrungen einer Dekorplatte passen. Hierzu sind die LEDs zunächst in einem Abstand von 10 mm zur Diodenkörperspitze um 90° abzuwinkeln. Zwischen der Platinenoberseite und der Diodenkörpermitte beträgt der Abstand nach dem Einbau ca. 5,5 mm.

Als Letztes wird das Bluetooth-Modul „huckepack“ auf den BSU 100 aufgelötet. Zur besseren Orientierung sind dabei zwei Bohrungen sowohl im Bluetooth-Modul als auch auf der Platine vorhanden, die vorher übereinander gelegt werden müssen. Vor dem Einlöten des Moduls sollte die Schaltung einmal kurz überprüft werden. Beachten Sie bei eigenen Anwendungen, dass von der Bluetooth-Antenne ein Abstand von mindestens 7 mm zu weiteren Bauteilen eingehalten wird. (Die Bluetooth-Antenne ist auf dem Bluetooth-Modul am unteren Platinenrand integriert.)



**Bild 5: Einbau des BSU 100 in das PPS 7330**

**Bild 4: Einbau des BSU 100 in das ALC 8500 Expert**



Zur Befestigung des Moduls sind zwei Metallwinkel vorhanden, die zunächst auf der Bestückungsseite positioniert werden. Danach werden sie mit zwei Schrauben M3 x 6 mm und den zugehörigen Fächerscheiben und Muttern an der Platinenunterseite fixiert. Zu beachten ist vor dem Festziehen, dass die Winkel bündig mit dem Platinenrand abschließen.

## Inbetriebnahme und Einbau

Einen ersten Funktionstest kann man mit dem Programm „Hyperterminal“ durchführen. Nachdem der Programmieradapter angeschlossen ist, bringen Sie die DIP-Schalter auf die Stellung „Programmierung“ (siehe Abschnitt: DIP-Schalter) und verbinden den Programmieradapter mit einer seriellen Schnittstelle des Rechners. Starten Sie jetzt eine Hyperterminalsitzung des entsprechenden seriellen Ports mit den Einstellungen: 9600 Baud, 1 Startbit, 1 Stoppbit, keine Parität, keine Hardware-

Flusssteuerung. Suchen Sie das BSU 100 mit der zum Bluetooth-Dongle mitgelieferten Treibersoftware und bauen eine paarweise Verbindung auf. Die werkseitig vorgegebene PIN ist 0000. Verbinden Sie einen virtuellen seriellen Port mit dem BSU 100. Öffnen Sie auch auf diesem seriellen Port eine Hyperterminalsitzung und stellen ggf. vorher noch die gleichen Verbindungsparameter in der anderen Sitzung ein. Jetzt werden die in einem Fenster getippten Buchstaben im jeweils anderen Fenster angezeigt. Der Funktionstest ist damit abgeschlossen.

Der Austausch eines Moduls UO 100 gegen einen BSU 100 gestaltet sich recht einfach, weil die beiden Module vom mechanischen Einbau her identisch sind. Vor dem Einbau muss das Bluetooth-Modul noch mit den entsprechenden Schnittstellen-Parametern konfiguriert werden. Falls Sie diese Werte nicht kennen, hilft vielleicht eine Untersuchung der Einstellungen mit geeigneten Programmen. Der Gerätemanager zeigt zumeist nicht die aktuelle Konfiguration an!

In den Abbildungen 4 und 5 ist jeweils das BSU 100 gegen ein UO 100 getauscht in den Geräten ALC 8500 Expert und PPS 7330. Die Verbindungsparameter sind hier wie folgt einzustellen:

ALC 8500 Expert: 38.400 Baud, 1 Startbit, 8 Datenbits, 1 Stoppbit, gerade (even) Parität.

PPS 7330: 9600 Baud, 1 Startbit, 8 Datenbits, 1 Stoppbit, gerade (even) Parität.

Damit schlägt der BSU 100 eine Brücke zwischen der seriellen Schnittstelle und Bluetooth und bietet sich als Nachrüst- oder Aufrüstbausatz an.

Besondere Kenntnisse auf der Bluetooth-Ebene sind hierbei nicht erforderlich, da diese aufgrund der fertigen Komponenten und einer durchdachten Firmware nicht benötigt werden.

## Schwerpunkt-Projekte

### Alarmwähler AW 50

In Verbindung mit der KeyMatic® CAC Funk-Zugangskontrolle meldet der Funk-Alarmwähler AW 50 jeden Manipulationsversuch. Er ruft bis zu 3 vorprogrammierbare Telefonnummern an und meldet den Manipulationsversuch mit einer zuvor aufgenommenen Nachricht. So kann man sich informieren lassen, wenn an der Haustür jemand sein Unwesen treibt.



### Funk-Dimmer für elektronische Vorschaltgeräte FS20 DI10, Teil 2



Der Dimmer FS20 DI10 zum direkten Ansteuern von dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten mit einer 1–10-V-Schnittstelle wurde in diesem „ELVjournal“ vorgestellt. Im zweiten Teil stellen wir die Schaltung vor, beschreiben den Nachbau und die Inbetriebnahme der Schaltung.

### ALC 5000 Mobile

Mit dem ALC 5000 Mobile stellen wir ein neues Top-Ladegerät für den mobilen Einsatz vor, das aufgrund der Programmvierfalt und seiner Leistungsmerkmale (mit einem entsprechenden Netzgerät) auch für den stationären Einsatz gut geeignet ist. Natürlich werden alle wichtigen Akku-Technologien wie NiCd, NiMH, Lithium-Ionen, Lithium-Polymer, Blei-Säure und Blei-Gel unterstützt.

Das neue Ladegerät ist in einem hochwertigen Metallgehäuse untergebracht und stellt Ladeströme bis zu 10 A zur Verfügung. Dank Flash-Speichertechnologie ist die Firmware des Gerätes update- und upgradefähig. Neben einer USB-Schnittstelle zur Verbindung mit einem PC stehen ein integrierter Datenlogger, eine Ri-Messfunktion und ein Blei-Akku-Aktivator zur Verfügung.

### Funk-Bewegungsmelder FS20 PIRI-2, Teil 2

Die einfache Installation und die vielfältigen Konfigurations- und Einstellmöglichkeiten des

neuen ELV-Innenraum-Bewegungsmelders FS20 PIRI-2 beschreibt der 2. Teil des Artikels.

### Lux-Sensor HS485 LX1

Mit diesem die Beleuchtungsstärke erfassenden Sensor wird die Angebotspalette des HS485-Systems erweitert. Abhängig von bis zu vier einstellbaren Schaltschwellen kann der HS485 LX1 verschiedene Aktoren des HS485-Systems über den Bus schalten und kann so z. B. als Dämmerungsschalter für die Außenbeleuchtung eingesetzt werden.

Die Parameter wie Schaltschwelle, Schaltungsrichtung, Schalthysterese, Schaltverzögerung und anzusteuern Aktoren lassen sich bequem für 4 verschiedene Kanäle mit einer Konfigurationssoftware und dem PC-Interface HS485 PCI einstellen, alternativ ist dies auch ohne PC für einen Kanal möglich.

### DC-Leistungsmesser EM 1000-DCM

Der DC-Leistungsmesser EM 1000-DCM realisiert auf einfache Weise Leistungsaufzeichnungen im Gleichspannungsbereich. Das Gerät ist speziell für die Anwendung in einer Solaranlage entwickelt worden und ermöglicht somit die direkte Erfassung von Strom und Spannung sowie der daraus resultierenden Leistung der Solaranlage. Die erfassten Werte können entweder am Gerät, das mit einem Display ausgestattet ist, abgelesen werden oder aber mit Hilfe einer der Komponenten des Energiemonitor-Systems EM 1000 erfasst werden.

### Universal-Sound-Recorder FS20 USR1

Mit diesem vielseitig einsetzbaren Gerät können beliebige Sounds über bis zu zwei externe Lautsprecher abgespielt werden. Die Ausgangsleistung beträgt 2 x 4 Watt! Mit den vielseitigen Einstellmöglichkeiten, wie pro Lautsprecher und Auslösesignal getrennt einstellbare Lautstärke, zufällige Auswahl eines oder mehrerer Sounds, zufällige Lautstärkeänderung und unterschiedliche Pausenzeiten, bleiben kaum weitere Wünsche offen.

Die Gesamtspieldauer beträgt ca. 25 Sekunden. Über das integrierte Mikrofon können auch eigene Sounds aufgenommen und zugeordnet werden.

Die Ansteuerung kann durch FS20-Sender, externe Taster oder Spannungen von 3–15 V erfolgen. Die Programmierung ist sowohl direkt am Gerät oder, einfacher, über die mitgelieferte Software möglich.

## Info-Serien

### So funktioniert's:

#### Große Bilder = große Qualität?

Die Preise für hochauflösende (TV-)Bildschirme sind im Sinkflug. Wer jetzt zugreift, ist jedoch oft enttäuscht. Das Fernsehen mit körnigen Bildern, ausgefransten Rändern und ungleichförmigen Bewegungsabläufen erfüllt nicht die Erwartungen, die der Verkäufer mit kristallklarem und detailreichem Demonstrationmaterial in seinen Verkaufsräumen weckte. Das Problem liegt darin, dass für die neuen Formate nur wenig geeignetes Programmmaterial zur Verfügung steht. Unser Artikel beleuchtet die Hintergründe dieses Problems und bewahrt so vor teuren Fehlentscheidungen.

#### Oszilloskope

Jedes Signal hat einen zeitlichen Verlauf: elektrische Spannungen, physikalische Messwerte,

stochastische Vorgänge usw. Diesen sichtbar zu machen, ist die Domäne des Oszilloskops. Aber es gibt noch eine zweite Art der Betrachtung – die analytische Bestimmung der Frequenzkomponenten des Zeitsignals (spektrale Zerlegung) und deren Darstellung auf dem Bildschirm eines Spektralanalysators. Um tiefere Einsichten in die Signaleigenschaften zu bekommen, hat jede der in unserem Artikel diskutierten Betrachtungsweisen ihre spezifischen Stärken.

#### Verstärkertechnik in der Audiowelt, Teil 5

Beim Kauf eines Verstärkers wird man sehr schnell mit dessen technischen Daten konfrontiert. Was ist für mich wichtig? Was bedeutet Klirrfaktor oder Slewrate? Interessiert mich das überhaupt? Im nächsten Artikel wollen wir den Sinn und Unsinn der technischen Daten von Verstärkern genauer betrachten.

## PC-Technik

### Bluetooth-Anwendungen selbst gemacht

Wir beschreiben, wie einfach der Kurzstreckenfunk Bluetooth in eigene Anwendungen integriert werden kann.

Schwerpunkt ist dabei die Programmierung der Hardware. Hierzu sind einige Grundkenntnisse der Programmiersprache JAVA erforderlich.

Nach der Diskussion der Grundlagen wird hier praktisch erläutert, wie ein Computer über ein Mobiltelefon fernbedient wird.

### Mikrocontroller-Einstieg mit myAVR, Teil 3

Im dritten Teil dieser Serie bringen wir unserem myAVR-Board bei, Eingangssignale zu verarbeiten und diese mit entsprechenden Ausgaben zu verbinden, und beginnen, uns mit der Interruptsteuerung des AVR zu befassen.

## Mini-Schaltungen

### LiPo-Monitor

Der mit einem LC-Display ausgestattete, nur 31 x 23 mm kompakte LiPo-Monitor LAM 5 zeigt den Energieinhalt von Lithium-Akkus in 5%-Schritten an. Dadurch ist man ständig über den aktuellen Ladezustand informiert und unnötige, die Lebensdauer verkürzende Ladevorgänge können vermieden werden.

Die Schaltung ist sowohl für Einzelzellen als auch für bis zu 5 in Reihe geschaltete Zellen konfigurierbar.

### Telefonhörer-Verstärker

Durch Einschalten dieses Verstärkers in die Zuleitung zum Telefonhörer kann das NF-Signal im Hörer in einem Bereich von 3 bis 12 dB verstärkt werden.

Eine Automatik sorgt dafür, dass die Schaltung beim Abnehmen des Hörers eingeschaltet und nach Beendigung des Gesprächs wieder ausgeschaltet wird.



### Step-up-Wandler für High-Power-LEDs

Der mit zwei 1,5-V-Batterien bzw. mit einer Eingangsspannung von 1,8 V bis 3 V arbeitende, extrem kompakte Step-up-Wandler versorgt eine High-Power-LED mit einem konstanten, zwischen 0 und 350 mA einstellbaren Betriebsstrom.



### Echo-Schaltung

Durch Einsatz eines digitalen Audioprozessors können Echo-Effekte in sehr hoher Qualität erzeugt werden.

Das batteriebetriebene Gerät besitzt einen Mikrofoneingang sowie eine automatische Verstärkungsregelung (ALC), die eine optimale Aussteuerung erlaubt bzw. ein Übersteuern verhindert.