



# **Technische Dokumentation**

**für die Elektronikbaugruppe**

**LED adressierbar LAD**

**Version 1.0**

Dateiname: BA26-LAD.ZIP Ausgabe 01.08.2018

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Beschreibung der Baugruppe -----</b>	<b>3</b>
1.1 Allgemeines-----	3
1.2 Schaltungsbeschreibung -----	3
<b>2 Software und Programmierung -----</b>	<b>7</b>
<b>3 Ausführung -----</b>	<b>8</b>
3.1 Leiterplatte -----	8
3.2 Literaturverzeichnis -----	9
3.3 Dateienverzeichnis -----	9
3.4 Elektronische Bauelemente-----	9
3.5 Hinweise zu den Nutzungsrechten-----	10
<b>4 Technische Hinweise -----</b>	<b>11</b>
4.1.1 Ausdrucken der Dateien -----	11
4.1.2 Gehäuse und Frontplattenbeschriftungen-----	11
4.1.3 Bauelementeauswahl-----	11
4.1.4 Leiterplatten (SMD-Bestückung)-----	11

# 1 Beschreibung der Baugruppe

## 1.1 Allgemeines

**Seit der Verfügbarkeit von LEDs, die das gesamte Farbspektrum immer besser abdecken können, sind ausgefallenen Ideen zu Lichteffekten kaum Grenzen gesetzt. Ob es um eine spektakuläre Raumgestaltung oder einer farbenprächtigen Hintergrundbeleuchtung geht - Licht hat seine eigene Faszination.**

Wo Licht ist, gibt es meist auch Schatten. Hierbei ist allerdings nicht der unbeleuchtete Raum hinter einem Gegenstand gemeint, sondern der Aufwand, um eine RGB-LED in all ihren Farb- und Helligkeitsnuancen erstrahlen zu lassen.

Auf welche Art man trotz eines begrenzten Einbauraumes - wie er zum Beispiel bei der Kerze einer elektrischen Weihnachtsbaumbeleuchtung vorliegt - seine Ideen umsetzen kann, soll mit diesem Projekt vorgestellt werden.

Wenn es sich um die Steuerung weniger LEDs handelt, ist ein abgesetzter Einbau der LEDs verdrahtungstechnisch vertretbar.

Eine auf diese Art und Weise aufgebaute Weihnachtsbaumbeleuchtung führt allerdings schnell zu einem Wirrwarr bei den Anschlussleitungen.

Die Frage stand im Raum, ob es ein relativ einfach umzusetzendes Konzept gibt, dieses Chaos zu umgehen. Da es sich bei den LEDs um Bauteile mit hoher Energieeffizienz handelt, ist es möglich, eine Busstruktur mit einer Leitung geringen Querschnitts zu realisieren.

Leider sind die derzeitigen Möglichkeiten, diese Struktur funktechnisch aufzubauen, noch sehr begrenzt. Praktikabler erschien da schon der Einsatz des I<sup>2</sup>C-Busses (4-adrige Leitung), wofür Hardwaretreiber und –repeater verfügbar sind.

Auf den Grund, warum diese Busstruktur bei einigen Herstellern als TWI-Bus bezeichnet wird, soll hier nicht näher eingegangen werden. Technisch sind der TWI- und I<sup>2</sup>C-Bus identisch.

Allerdings ist dieser Bus seiner Spezifikation nach nicht dafür ausgelegt, größere Entfernungen abzudecken. Recherchen und eigene Testaufbauten brachten jedoch die Erkenntnis, dass Strukturen mit einem Treiberschaltkreis bei Leitungslängen bis zu 15 m für den vorgesehenen Zweck zuverlässig arbeiten.

Bei weit gegenüber dem Standardwert verringertem Bustakt werden noch größere Entfernungen angegeben, die aber für einen Baumschmuck im Wohnbereich keine Rolle spielen dürften.

## 1.2 Schaltungsbeschreibung

Die Anzahl der aufzubauenden Leiterplatten (durchkontaktiert) ist von der Ausführung der Busstruktur abhängig. Die Mindestkonfiguration besteht aus je einer Leiterplatte für den „Master“, den „Slave“, einem „T-Verteiler“ und dem „Busabschluss“, für den eine aktive Version favorisiert wurde.

Die Anzahl der Slave-Baugruppen kann in bestimmten Grenzen individuell festgelegt werden, ebenso die Art und Weise, wie die einzelnen Slave-Baugruppen an den Bus gekoppelt werden (T-Verteiler). Hier habe ich mich ebenfalls für eine Leiterplatte entschieden, auf der USB-Steckverbindungen zum Einsatz kommen können. Später dazu noch andere Vorschläge.

Für die hier vorgestellten Baugruppen wurde für die Softwareentwicklung BASCOM eingesetzt. Die unter diesem SDK einsetzbaren Bibliotheken sind allerdings nicht mit allen verfügbaren Mikrokontrollern der AVR-Serie einsetzbar. Weicht man daher von den in diesem Beispiel eingesetzten Typen ab oder möchte man lesend auf die Slaves zugreifen, ist zunächst zu testen, ob sich die vorgesehenen Funktionen realisieren lassen.

### Baugruppe „Master“

Für diese Baugruppe wurde ein ATmega16 vorgesehen, der keine Besonderheiten bei der Beschaltung aufweist.

Aus der Betriebsspannung (5 V) wird die Versorgungsspannung für ein optional anschließbares DCF-Modul (Zeitsteuerung) gewonnen, was mit 3,3 V betrieben werden muss.

Optional kann die Baugruppe an 12 V über den dafür vorgesehenen Eingang betrieben werden. Die Monta-

ge eines Kühlkörpers für den Festspannungsregler (A201) ist je nach Strombedarf der Gesamtschaltung empfehlenswert. Je nach Ausführung ist auf die korrekte Position des Jumpers (X202) zu achten.

Die Taktfrequenz ist mit einem Quarz auf 4 MHz festgelegt.

Die Anzeige und Bedienung erfolgt im Zusammenwirken eines zweizeiligen LCDs (Kontrast- und Helligkeitssteuerung implementiert) mit drei Tasten, einem Drehimpulsgeber mit Tasterfunktion, einer RGB-LED sowie einem Signaltonger.

Sollte man bei der Programmierung an die Speichergrenzen des MCs stoßen, ist er durch einen pinkompatiblen ATmega32 ersetzbar.

Ebenfalls ist es möglich, eine Micro SD Speicherkarte einzusetzen, um Speicherplatz im MC freizugeben. Das betrifft zwar nicht den eigentlichen Programmcode, aber z. B. Datenfelder, die für die Steuersequenzen der Slaves vorgesehen sind.

An den dafür vorgesehenen Steckverbinder (A1) ist ein preiswert zu beziehender Adapter anschließbar, der die komplette Pegelwandlung übernimmt. Die Speicherkarte wird dazu in den Adapter gesteckt und ist über die Hardwaresignale (SPI) oder softwaremäßig (Soft-SPI) ansprechbar. Bei der programmtechnischen Umsetzung sind die verwendeten Kanäle des MCs zu beachten.

Bei einer kleinen Entfernung zwischen dem „Master“ und einem „Slave“ kann auf den I<sup>2</sup>C-Treiber (IC103) verzichtet werden, für alle anderen Einsatzfälle ist er unbedingt vorzusehen.

Testaufbauten mit USB-Leitungen (1 m, gesteckt) arbeiteten bis zu 24 m (12 Slaves) fehlerfrei; bei der Verwendung von LiYCY 4x0,25 mm<sup>2</sup> (0,5 m) waren es 16 m (33 Slaves). Daraus ist erkennbar, dass neben der gewählten Busfrequenz der Kabeltyp (kapazitive Belastung) einen wesentlichen Einfluss auf die mögliche Ausdehnung des Bussystems hat.

Die Leiterplatte ist dafür ausgelegt, Slaves am getriebenen I<sup>2</sup>C-Bus über einen LP-Buchsenleiste (X112) oder einen USB-Steckverbinder anzuschließen. Der ungetriebene Busanschluss ist nur über eine USB-Steckverbindung möglich.

Weitergehende Informationen zum Funktionsumfang des Beispielcodes (DCF-Empfang, manuelle Zeiteinstellung, Ermittlung der Slave-Adressen, Helligkeits- und Kontrasteinstellung des LCD, manuelle Programmfortschaltung, Automatikbetrieb, Betrieb mit der Speicherkarte) lassen sich aus dem kommentierten Quelltext der Software entnehmen und individuell anpassen.

### **Baugruppe „Slave“**

Da der zur Verfügung stehende Platz für den Einbau einer Leiterplatte in einer Weihnachtsbaumkerze sehr gering ist, kommen Bauelemente in SMD-Technik zum Einsatz.

Es war daher nicht möglich, die erforderliche Busadresse eines Slaves z. B. per DIP-Schalter einstellbar zu gestalten. Diese muss vor dem Compilieren für jeden Slave im Quellcode festgelegt werden.

Über die Software ist die Baugruppe als Datenempfänger in der Busstruktur ansprechbar. Die vom Master gesendeten Befehle werden entsprechend ihrer Art ausgewertet. Hier kommen neben „direkten“ auch „indirekte“ Befehle zum Einsatz.

Bei einem „direkten Befehl“ wirkt sich dieser direkt auf die über einen Treiber angeschlossene RGB-LED aus. Ein „indirekter Befehl“ bewirkt den Aufruf einer internen Routine. Auf diese Art und Weise wird z. B. die Funktion „Flackerlicht“ realisiert. Dieses Verfahren reduziert wesentlich die Datenmenge, die bei einer ausschließlich „direkten“ Steuerung erforderlich wäre.

Auf der bestückten Leiterplatte ist über den Leiterplattensteckverbinder 2X03 die Programmierung des AVR möglich; die Stromversorgung muss dabei auf eine geeignete Art und Weise realisiert werden (z. B. über die 4-adrige Busleitung, deren Signalleitungen (SCL/SDA) abgeklemmt sind).

Für den späteren Einbau hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die programmierte Slaveadresse darauf zu notieren.

Um mit einer 4-adrigen Busleitung auszukommen, wird die RGB-LED an die 5V-Stromversorgung angeschlossen.

Der Einsatz des Treibers (IC1) ermöglicht innerhalb seiner Spezifikation auch den Anschluss an eine separate Spannungsversorgung. Die Dimensionierung der Vorwiderstände (R2-R4) ist dabei anzupassen.

An entsprechender Stelle kann auf der Leiterplatte die Durchkontaktierung entfernt und über eine weitere Ader die separate Stromversorgung angeschlossen werden.

### **Baugruppe „Busabschluss“**

Auf die Theorie, die einen Busabschluss erforderlich macht, soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Für die Realisierung wurde auf eine Schaltung eines aktiven Busabschlusses zurückgegriffen, die im Themengebiet „Using the I2C protocol - Active Termination of I2C“ in der BASCOM-Hilfdatei vorgestellt wird.

### **Baugruppe „T-Verteiler“**

Bei einer festen Verdrahtung aller Busteilnehmer wird man sich wahrscheinlich für eine „T-Verteilung“ direkt an den Slave-Leiterplatten entscheiden. Hier hat es sich ebenfalls als vorteilhaft erwiesen, mit Leiterplattensteckverbindern zu arbeiten.

Für die Realisierung einer Weihnachtsbaumbeleuchtung ist dies aber aus mehreren Gründen unhandlich (Lagerung, Reparatur).

Der „T-Verteiler“ ist so ausgelegt, dass er mehrere Aufbauvarianten unterstützt. Für den Anschluss der einzelnen Kerzen kann eine einfache oder doppelte USB-Buchse zur Anwendung kommen. Baut man die Busstruktur mit konfektionierten USB-Leitungen auf, erhält er ein- und ausgangsseitig ebenfalls eine der preiswert verfügbaren USB-Buchsen. Andernfalls können zur Zugentlastung direkt angelöteter Leitungen Kabelbinder eingesetzt werden.

Dieser Aufbau ermöglicht es, die Beleuchtung platzsparend bis zum nächsten Aufbau aufbewahren zu können, da die einzelnen Weihnachtsbaumkerzen steckbar ausgeführt sind.

### **Modifizierung einer elektrischen Weihnachtsbaumbeleuchtung**

Mittlerweile ist eine große Anzahl elektrischer Ausführungen am Markt verfügbar. Wenn man die vorgestellte Platine für die Slaves verwenden möchte, muss man darauf achten, dass ein entsprechendes Bauvolumen vorhanden ist.

Hervorragend geeignet sind die Elemente einer per Fernbedienung schaltbaren Beleuchtung, bei der jede Kerze eine Batterie (AA) aufnimmt. Außerhalb der Weihnachtszeit können diese über Online-Händler recht preiswert, z. B. als B-Ware deklariert, bezogen werden.



Bild 1 - Kerze vor und nach der Demontage

Hier wird der Aufbau einer Kerze gezeigt. Wenn man den unteren Batteriekontakt sowie die kleine Leiterplatte im Kopfbereich entfernt hat, kann man in den Kerzenschaft die Bohrung für die Anschlussleitung anbringen. Nachdem dieses konfektioniert und mit einer Zugentlastung versehen ist, erfolgt der Zusammenbau mit der neuen Leiterplatte, die sich danach anstelle der Batterie befindet. Je nach Kerzentyp muss auf den Einbauabstand der LED geachtet werden, damit diese sich im durchscheinenden Kerzenkopf befindet.



## Bild 2 - Kerze mit Anschlussstecker und Leiterplatte

Verwendet man nur eine einzelne RGB-LED, fällt es nicht weiter auf, wenn es Abweichungen bei den Helligkeitswerten der Grundfarben gibt. Da diese bei den Mischfarben zu unterschiedlichen Farbtönen führt, ist es zu empfehlen, RGB-LEDs mit nahezu einheitlichen Helligkeitswerten für einen Baumschmuck einzusetzen. Möglich, aber mit mehr Aufwand verbunden ist es, die Vorwiderstände zu variieren oder die Anpassung per Software in den Slave-Baugruppen vorzunehmen.

Soll die Beleuchtung im Außenbereich eingesetzt werden, muss darauf geachtet werden, dass die Kerzen dafür ausgelegt sind sowie die Leitungseinführung und die T-Verteiler wasser- und staubdicht ausgeführt werden.

## 2 Software und Programmierung

Die Datenblätter der eingesetzten Mikrocontroller, ATmega16 (Master) und ATtiny85 (Slave) des Herstellers Microchip Technology (früher Atmel), können über die Homepage des Herstellers [3] bezogen werden.

Für die Softwareentwicklung wurde die Basic-Entwicklungs-umgebung BASCOM [4] eingesetzt, über die man beim Einsatz der eingebundenen Brenner neben der Einstellung der Fuse- und Lock-Bits auch das EEPROM lesen/beschreiben und natürlich auch den Programmcode übertragen kann.

Für jemanden, dem mehr die Assemblerprogrammierung liegt, soll als ein möglicher Einstieg die Homepage von J. Grzesina [5] genannt werden, der dem I<sup>2</sup>C-Bus eine Seite mit Beispielcode gewidmet hat.

Beim Beispielprogramm wird über einen Drehimpulsgeber der jeweilige Modus ausgewählt. Je nach Auswahl kann die angezeigte Funktion per Tastenbetätigung ausgelöst oder abgebrochen werden. Dieses Konzept ermöglicht es, unkompliziert die Bedienung durch individuelle Modi zu ergänzen.

Insbesondere die Masterbaugruppe bietet sich an, sie als Steuereinheit mit Aufgaben im Modellbau oder bei der Hausüberwachung zu betrauen.

Das Verzeichnis „Software“ beinhaltet neben dem Quellcode, der um die verschiedensten Funktionen erweitert und neu compiliert werden kann, die compilierten Hex- bzw. Binär-Datei des Beispielprogramms. Der Quelltext ist umfangreich kommentiert. Dennoch gibt es sicherlich, solange wie man sich einarbeitet, allerhand Fragen, die sich sicherlich über eine kurze Anfrage an den Autor schnell beantworten lassen.

## 3 Ausführung

### 3.1 Leiterplatte

Die Leiterplatten wurden mit einer Version des Layoutprogramms „Target“ vom Hersteller Ing.Büro FRIEDRICH [1] entwickelt, die der Leiterplattenhersteller PCB-POOL [2] kostenfrei zur Nutzung zur Verfügung stellt.

Um Platz zu sparen, ist die Ausführung zweiseitig und durchkontaktiert.

Der IC für den Bustreiber ist nur in SMD-Bauform verfügbar und aus Platzgründen sind daneben die Elemente der Slave-Baugruppe in dieser Bauart ausgeführt.

Allerdings kann man die Leiterplatte nur von diesem Hersteller beziehen, wenn man diese Target-Version einsetzt.



## 3.2 Literaturverzeichnis

### Leiterplatte

- [1] Layout-Software TARGET 3001!  
<https://ibfriedrich.com/de/index.html>
- [2] Leiterplatten (Prototypen) von BETA-Layout  
<https://de.beta-layout.com/leiterplatten/>

### Datenblätter

- [3] Datenblätter Mikrocontroller AVR (Fa. Microchip Technology)  
<http://www.microchip.com/design-centers/8-bit>

### Software-Entwicklungsumgebung

- [4] BASCOM für AVR (Fa. MCS Electronics)  
<http://www.mcselec.com>

### Programmierung in Assembler

- [5] Homepage J. Grzesina, AVR und der I2C-Bus - das TWI-Projekt  
<http://www.grzesina.de/avr/i2c/i2c.html>

## 3.3 Dateienverzeichnis

Für das Arbeiten mit der Dokumentation können der kostenfreie Adobe- oder Foxit-Reader verwendet werden, da alle Dateien im \*.pdf Format veröffentlicht sind.

Für das Öffnen der Target-Datei (T3001-Format) kann die kostenfrei angebotene Version vom Leiterplattenhersteller Beta-LAYOUT (<https://de.beta-layout.com/leiterplatten/technik/downloads/>) eingesetzt werden.

### Dateien der Dokumentation

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 01. LAD (001 Kurzinformation).pdf | Vorstellung der Elektronikbaugruppe       |
| 02. LAD (002 Dokumentation).pdf   | Dokumentation (geöffnet)                  |
| 03. LAD (10x Stromlaufplan).pdf   | Stromlaufpläne der Baugruppen             |
| 04. LAD (V x).T3001               | Leiterplatten (kpl.); x: aktuelle Version |

### Hinweis

Folgende Listen/Pläne (Auszug) können bei Bedarf aus der beiliegenden Target-Datei generiert werden:

- Stromlaufplan
- Bestückungsplan
- Löt- und Bestückungsseite der Leiterplatte
- 3D-Ansicht der bestückten Leiterplatte

### Programmbeispiel (Quelltext)

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 10. LAD_Master (V x).bas | Quellcode (BASCOM); x: aktuelle Version |
| 11. LAD_Slave (V x).bas  | Quellcode (BASCOM); x: aktuelle Version |

### Hinweis

Der Quellcode kann mit dem SDK eingelesen, kompiliert und in den MC übertragen werden.  
 Die Angaben zu den Fuse- und Lock-Bits sind zu beachten.

## 3.4 Elektronische Bauelemente

Für Elektronikamateure, die in Ihrer Nähe keinen Fachhandel für elektronische Bauteile haben oder denen die Bestellung, zum Beispiel beim Elektronikversand Reichelt (<http://www.reichelt.de/>) für ein oder zwei Fehlteilen zu aufwendig sein sollte, kann ich (nur innerhalb von Deutschland) eventuell Hilfe bei der Beschaffung anbieten.

Das Angebot an Leiterplatten ist abhängig von der Nachfrage und der jeweiligen Baugruppe. Die Leiterplatten sind ein- oder zweiseitig, gebohrt und beschichtet; zweiseitige seit mehreren Jahren durchkontaktiert. Lötstopplack (optional) und Beschriftungsaufdruck sind kostenneutral bestellbar.

### 3.5 Hinweise zu den Nutzungsrechten

Die Bauanleitungen (einschließlich eventueller Software) darf unter den folgenden Bedingungen frei kopiert oder weitergegeben werden:

- es darf kein Preis für die Dokumentation (\*.zip) erhoben werden, außer einer angemessenen Kopiergebühr
- für einen kommerziellen Vertrieb der Baugruppen ist das Einverständnis des Autors erforderlich
- die Verwendung von Teilen der Dokumentation in eigenen Publikationen ist erlaubt, sofern ein eindeutiger Hinweis auf die Quelle erfolgt
- eine eventuell der Baugruppe beigelegte Software kann als Shareware konzipiert sein; dann ist sie zeitlich nicht limitiert, besitzt jedoch nur in der registrierten Version ihren vollen Funktionsumfang

Die Registrierung der Software ermöglicht Ihnen, Hinweise über die neueste (eventuell fehlerbehebene) Version zu erhalten.

Trotz aller Bemühungen, fehlerfrei zu programmieren, zeigt der Einsatz der Programme, dass die Software mit der „Version 1.0“ selten fehlerfrei funktioniert.

Hardwarefehler sind auf Grund der Anfertigung von Mustergeräten weitestgehend ausgeschlossen; Maßabweichungen bei der Bestückung können durch verschiedene Bauformen der Bauelemente auftreten.

Sollten Sie meinen, einen Fehler gefunden zu haben, senden Sie mir bitte per Email folgendes zu:

- eine kurze, aber präzise Beschreibung für die Reproduzierbarkeit des Fehlers
- eine Beschreibung der eingesetzten Hard- und Software

Einige Programme laufen unter Visual Basic (VB) der Versionen 4/5. Die jeweilige \*.exe funktioniert daher nur unter Windows, wenn VB oder ein zusätzliches Softwarepaket mit den erforderlichen Dateien installiert ist.

Anwender, die darüber nicht verfügen, können sich eine Übersicht über die Funktionalität des Programms verschaffen. Das zusammengestellte Material beschreibt in Kurzform die Funktionalität der Software.

Da die entsprechenden Installationsroutinen für Anwender ohne VB recht groß sind (ca. 1 ... 5 MB), macht eine Verteilung über Online-Dienste kaum einen Sinn. In diesem Fall sollte per Email unter Angabe des Elektronikmoduls ein Informationsblatt angefordert werden.

In der Zukunft entstehende PC-Programme werden mit der Programmiersprache PROFAN entwickelt. Möglich sind auch Excel-Dateien mit Makrounterstützung.

Für Baugruppen, in denen Mikrocontroller (AVR der Fa. Microchip Technology) eingesetzt werden, dient als SDK BASCOM (Basicdialekt). BASCOM ist bis zu einer Programmgröße von 4 kByte ohne Einschränkungen verwendbar und unserer Meinung nach recht schnell zu beherrschen.

Die Realisierung spezielle Funktionen, wie z. B. der Einsatz eines MCs als Slave-Baugruppe am TWI-Bus, erfordern ggf. zusätzliche, vom Anbieter BASCOM kostenpflichtig angebotene Bibliotheken.

## 4 Technische Hinweise

### 4.1.1 Ausdrucken der Dateien

Der Ausdruck der Dateien sollte keine Probleme bereiten. Für sich wiederholende Druckaufträge bietet sich die Scripterstellung in Target an.

Im Gegensatz zu den Frontplattenbeschriftungen, die im Maßstab 1:1 vorliegen, sind die Leiterplattenzeichnungen der ersten Module im Maßstab 2:1 erstellt, was bei der Fertigung beachtet werden muß.

Für die Leiterplattenentwicklung jüngerer Datums wurde die vom Leiterplattenhersteller Beta-LAYOUT (<https://de.beta-layout.com/leiterplatten/technik/downloads/>) angebotene kostenfreie TARGET-Version eingesetzt.

### 4.1.2 Gehäuse und Frontplattenbeschriftungen

Sofern bei einer Baugruppe ein größeres Gehäuse verwendet wurde, handelt es sich um ein Kunststoff-Halbschalen-Gehäuse, was zum Beispiel über den CONRAD-Elektronikversand bezogen werden kann.

Diese Gehäuseform hat den Vorteil, daß mit geringem Aufwand eine ansprechende Frontplatte gestaltet werden kann. Die den jeweiligen Baugruppen beigelegten Datei „\* (Frontplatte).pdf“ beinhaltet jeweils einen Vorschlag. Sie können auf entsprechenden Papier (nicht zu dickes verwenden) ausgedruckt und unter Verwendung eines Klebestiftes auf die Frontplatte geklebt werden. Nach dem Trocknen kann noch eine selbstklebende Transparentfolie aufgeklebt werden. Mit einer Rasierklinge lassen sich jetzt überstehende Papier- und Folienreste schnell entfernen. Entsprechend den Konturen kann nun gekörnt und vorhandene Ausschnitte mit einer Laubsäge angefertigt werden. Nach Montage der Bedienelemente und der Verdrahtung mit der Leiterplatte kann die Montage des Gehäuses durchgeführt werden.

Stecker- oder Hutschienegehäuse können vom gleichen Anbieter, Reichelt-Elektronik oder direkt vom Hersteller (BOPLA) bezogen werden.

### 4.1.3 Bauelementeauswahl

Bauelemente ohne besonderen Hinweis sind als Vorschläge zu verstehen. An diesen Stellen können natürlich Typen verschiedener Hersteller zum Einsatz kommen, sofern sich ihre elektrischen Parameter gleichen.

Weitergehende Erläuterungen und Hinweise zum Aufbau elektronischer Schaltungen werden als bekannt vorausgesetzt bzw. können aus entsprechenden Literaturquellen bezogen werden.

### 4.1.4 Leiterplatten (SMD-Bestückung)

Bei der Erstellung des Layouts der Leiterplatten wurde auf eine einfache Leitungsführung geachtet.

Allerdings sind nicht mehr alle Bauelemente in einem DIL-Gehäuse verfügbar, so dass häufiger die SMD-Technik zum Einsatz kommt.

Die Bestückung gestaltet sich dann zwar etwas komplizierte, es kann aber Platz gespart werden, was geringere Kosten bei der Leiterplattenherstellung bedeutet.

Es ist bei der Leiterplattenbestellung ebenfalls möglich, die Leiterplatte kostenneutral mit Lötstopplack in Auftrag zu geben; der Bestückungsauftrag ist seit einiger Zeit inklusiv.

Einerseits gibt es leider einige Bauelemente, die nicht in einem DIL-Gehäuse angeboten werden. Auf der anderen Seite können die Kosten für eine Leiterplatte bei SMD-Bestückung merklich reduziert werden.

Die Bestückung der Leiterplatte gestaltet sich daher komplizierter. Im Internet findet man zum Thema mehrere Anregungen und Tipps.

Beispielsweise wurde zur Bestückung mit dem FTDI232RL die LötKolbenspitze durch einen angespitzten 1,5 mm<sup>2</sup> Kupferdraht ersetzt. Die Leistung des LötKolbens mit 30 Watt ermöglicht ein gutes Fließen des Lötzinns. Eine Lupe, ausreichende Beleuchtung und eine ruhige Hand sind weitere Voraussetzungen für die Montage des ICs.

Anfragen, egal zu welcher Problematik, beantworten wir gerne per Email.

Viel Spaß beim Aufbau und dem Einsatz der Baugruppe wünscht Ihnen das

Amatronik Entwicklungsteam