

# Lichttechnische Größen richtig messen – Beleuchtungsmessgerät ULM 500

Nach der ausführlichen theoretischen Betrachtung der fachlichen Grundlagen zur Beleuchtungs-Messtechnik und der Vorstellung der Möglichkeiten unseres universell einsetzbaren Beleuchtungsmessgerätes ULM 500 kommen wir abschließend zur Schaltungstechnik, zum Aufbau und der zugehörigen Konfigurations- und Auswertungssoftware.

## Schaltung

Die in Abbildung 1 dargestellte Schaltung gliedert sich in vier Bereiche: Spannungsversorgung, USB-Schnittstelle, Sensor-A/D-Wandler und Mikroprozessorsteuerung inkl. Datenspeicher.

Die Spannungsversorgung der Schaltung besteht aus zwei Teilen, die zum einen den Digital-Teil der Schaltung und zum anderen den Analog-Teil, also den Sensor, versorgen. Beim Einschalten des Gerätes wird der Digital-Teil über die Taste „On/Off“ eingeschaltet. Beim Betätigen der Taste wird über den Anschluss „ON“ Transistor T 3 durchgesteuert. Alternativ kann dies auch über das Anschließen an einen aktiven USB-Anschluss erfolgen, dann wird über den Anschluss „USB\_ON“ T 5 angesteuert und steuert T 3 durch, so dass die Spannungsregler IC 12 und IC 13 mit Spannung versorgt werden.

Nach einer kurzen Einschaltverzögerung, die unbeabsichtigtes Einschalten des Gerätes verhindern soll, steuert der Mikrocontroller über den Anschluss „P\_ON“ die Transistoren T 5 und T 3 durch. Um die Batterie zu schonen, wird der Sensor nur mit Spannung versorgt, wenn auch gemessen wird. Hierzu steuert der Mikrocontroller über den Anschluss „A\_ON“ die Transistoren T 7 und T 6 an, so dass der Spannungsregler IC 11 sowie der Spannungs-Inverter IC 14, der die negative Betriebsspannung für den Sensor erzeugt, mit Spannung ver-

sorgt werden. Zusätzlich wird mit „A\_ON“ auch der Transistor T 4 angesteuert, der dann T 3 noch weiter durchsteuert, so dass der Digital-Teil der Schaltung im aktiven Zustand mehr Strom „ziehen“ kann (A/D-Wandler, Speicher und Mikrocontroller aktiv).

Sensoren werden an die Western-Modular-Buchse BU 2 angeschlossen. Neben der Versorgungsspannung liegen hier zwei Steuerleitungen, mit denen vom Mikrocontroller über die Leitungen „CON1“ und „CON2“ der Verstärkungsfaktor des im Sensor integrierten Verstärkers umgeschaltet werden kann. Die Anschlüsse 3 und 4 des Sensors können alternativ mit dem Multiplexer IC 7 von den Anschlüssen „CON1“ und „CON2“ auf den I<sup>2</sup>C-Bus umgeschaltet werden, um die Möglichkeit offen zu halten, auch digitale Sensoren über den I<sup>2</sup>C-Bus auslesen zu können.

Die analogen Sensoren liefern als Ausgangssignal eine Spannung im Bereich von 0 bis 2 V, die proportional zur gemessenen Größe ist. Diese Spannung liegt an Pin 1 der Buchse BU 2 und wird von dort dem 16-Bit-Analog-Digital-Wandler IC 6 zugeführt. Über den I<sup>2</sup>C Bus (SCL und SDA) werden die digitalisierten Werte vom Mikrocontroller gelesen. Der Mikrocontroller rechnet die Werte entsprechend des ausgewählten Sensors und seiner Parameter und bringt sie dann zur Anzeige und speichert sie im Datenspeicher, sofern diese Funktion aktiviert ist.

Die Displayansteuerung erfolgt vom Mikrocontroller über

den Display-Treiber IC 2, dieser kann über die Chip-Select-Leitung (CSD) aktiviert und dann über die SPI-Schnittstelle über die Leitungen SI, SO und SCK beschrieben werden. Der Displaycontroller ist mit einem Uhrenquarz (Q 1) beschaltet und erzeugt einen stabilen Takt an Pin „WAKE“. Dieser Anschluss führt auf einen Interrupt-Eingang des Mikrocontrollers, so dass dieser eine stabile Zeitinformation hat und auch wäh-

rend der Messpausen im Datenlogger-Modus von dem externen Takt aus dem Energiesparmodus geweckt werden kann. Der Flash-Speicherbaustein IC 3 mit 1 Mbit Speicherumfang wird ebenfalls über die SPI-Schnittstelle vom Controller angesprochen, dieser aktiviert den Speicherbaustein über dessen Chip-Select-Anschluss. Der Controller teilt den Speicher in verschiedene Bereiche auf, so dass Daten der Sensoren,

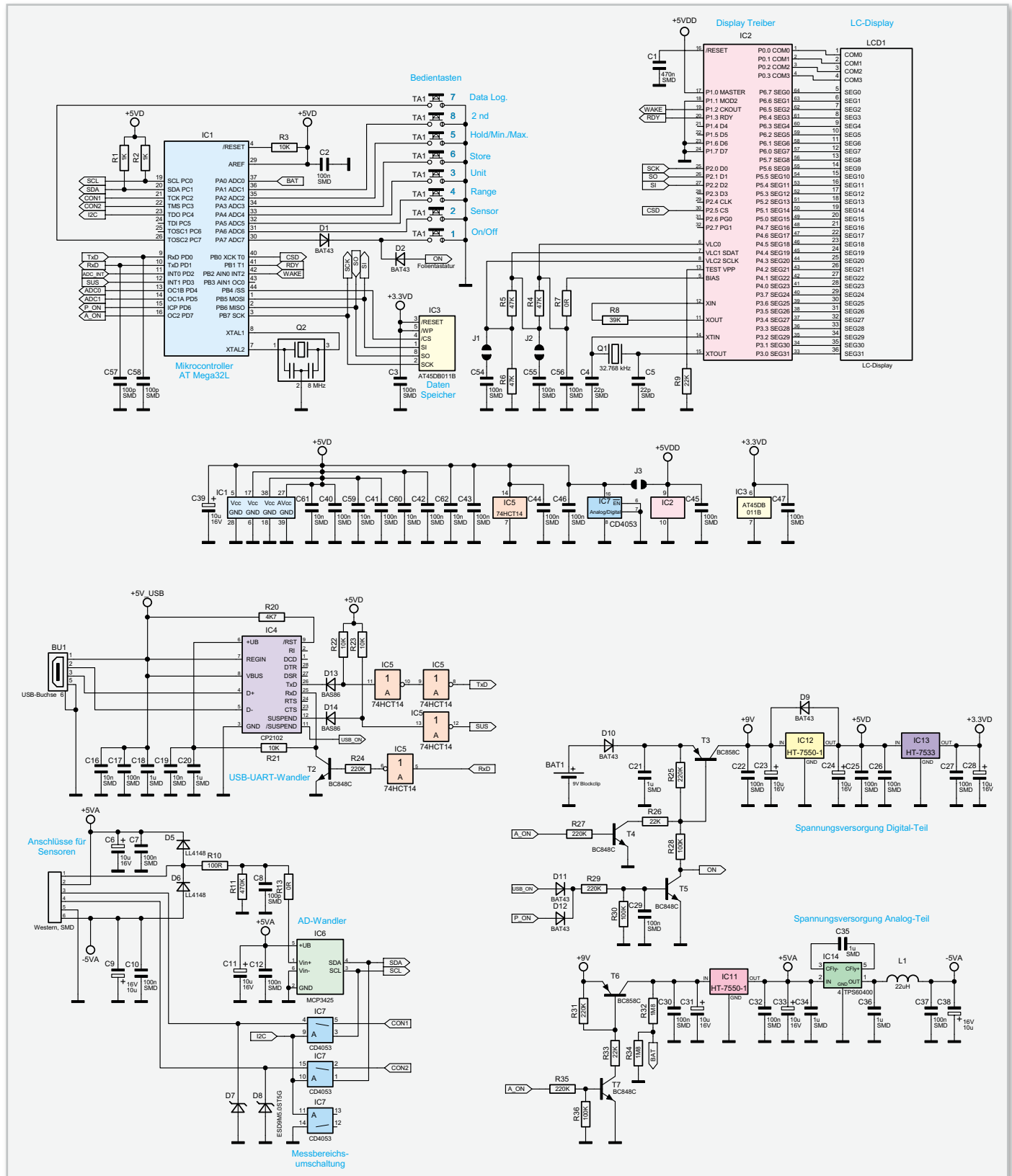


Bild 1: Die Schaltung des ULM 500, unterteilt in Spannungsversorgung, USB-Schnittstelle, Sensor-Schnittstelle und Prozessorteil mit Datenspeicher und Displayansteuerung

Messparameter und die Messwerte definiert im Flash-Speicher abgelegt werden können.

Die Batteriespannung wird vom Mikrocontroller überwacht. Direkt nach dem Einschalten des Gerätes und danach im Minutentakt misst dieser die Batteriespannung. Die Messung erfolgt bei eingeschalteter Spannung für den Analog-Teil. Über den Spannungsteiler R 32/R 34 wird die Spannung vom Mikrocontroller über den internen A/D-Wandler gemessen. Unterschreitet die Betriebsspannung einen Wert von 6 V, erscheint ein Batterie-Symbol im Display.

Die Kommunikation mit dem PC, um Daten auszulesen und das Gerät zu konfigurieren, erfolgt über den USB-Anschluss BU 1. IC 4 wandelt dabei die Signale von USB auf der PC-Seite zu UART auf der Mikrocontroller-Seite um. Über den Suspend-Ausgang von IC 4 wird dem Mikrocontroller signalisiert, dass eine aktive USB-Verbindung vorhanden ist. Wenn keine Datenaufzeichnung läuft, wechselt das Gerät in den USB-Modus, so dass es Befehle vom PC empfangen kann. Die Gatter von IC 5, die Dioden D 13 und D 14 mit den Pull-up-Widerständen R 22 und R 23 sowie der Transistor T 2

dienen hierbei zur Entkopplung, so dass im Batteriebetrieb der USB-Teil keine Spannung erhält.

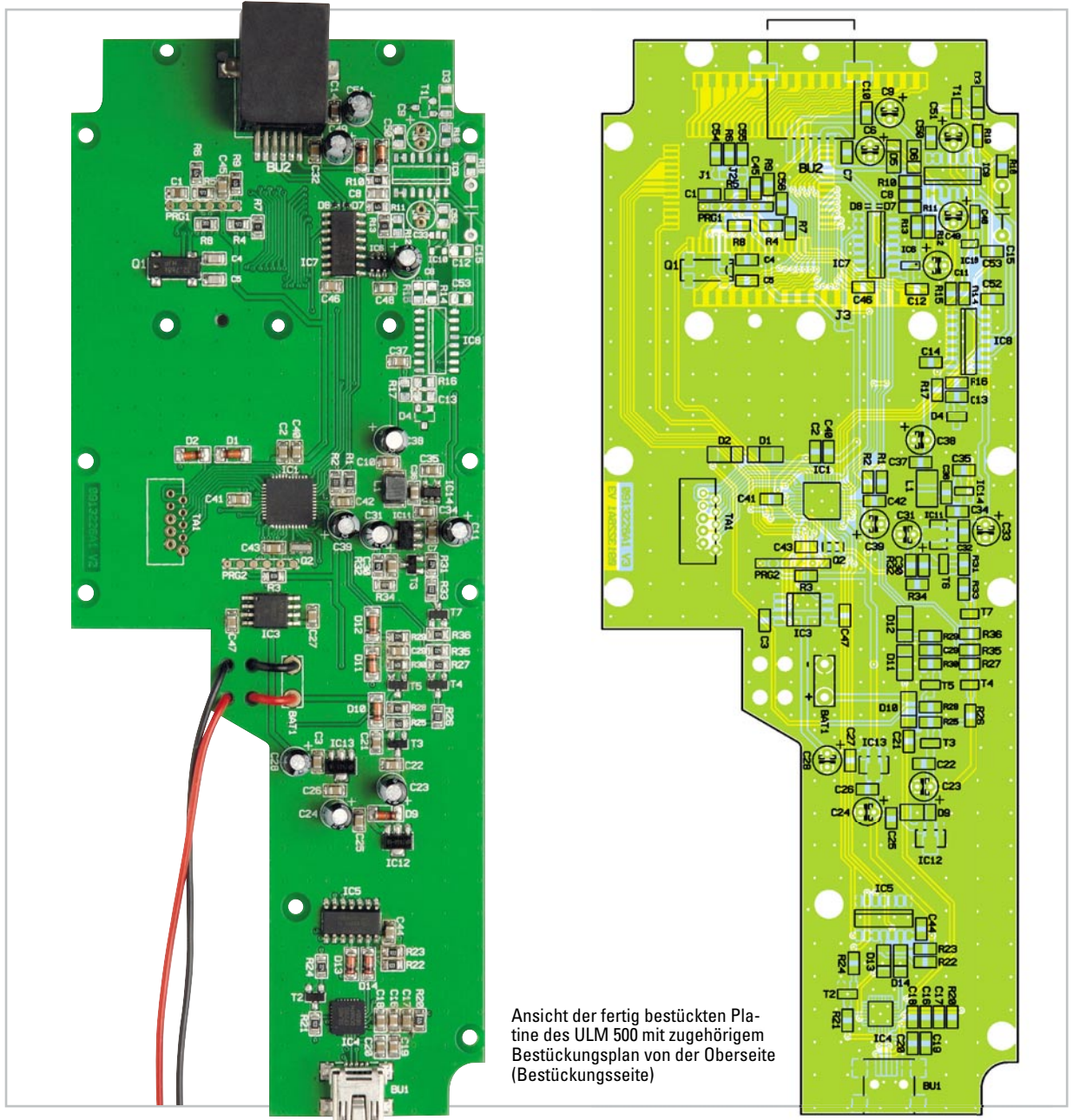
## Nachbau

Auf der Basisplatine sind die SMD-Komponenten bereits vorbestückt, so dass sich die Bestückung auf wenige bedrahtete Bauteile beschränkt.

### Bestückung

Die Bestückung beginnt mit dem polrichtigen Einsetzen und Verlöten der Elektrolyt-Kondensatoren. Deren Minuspol ist am Gehäuse gekennzeichnet.

Anschließend erfolgt die Montage der Buchse TA 1 für die Folientastatur. Hierbei ist sicherzustellen, dass diese plan auf der Platine aufliegt, bevor alle Anschlüsse der Buchse sorgfältig verlötet werden. Im nächsten Schritt sind die Leitungen des Batterieclips, bevor man sie in den entsprechenden Lötäugen einlötet, zum Zwecke der Zugentlastung durch



Ansicht der fertig bestückten Platine des ULM 500 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Oberseite (Bestückungsseite)

die zugehörigen Bohrungen unterhalb der Anschlusspunkte zu fädeln. Das Platinenfoto zeigt hier die genaue Kabelführung, ggf. sind die Leitungen zu kürzen.

Damit sind die Lötarbeiten bereits abgeschlossen und es folgen die Montage von Display und Tastatur sowie der Gehäuseeinbau.

## Display

Zum Einbau des Displays ist zunächst die Schutzfolie vom Displayglas zu entfernen. Anschließend ist das Display in den transparenten Displayträger zu legen, wobei sich die linke Displayseite mit dem Anguss (Nase) an der Seite des Displayträgers mit der entsprechenden Aussparung befinden muss. Als Nächstes ist der Displayrahmen von rechts unter den Displayträger zu schieben. Hierbei muss sich das Rastelement für die Endposition (wie in Abbildung 2 gezeigt) unbedingt auf der rechten Seite befinden. In die so vorbereitete Einheit sind nun die beiden Leitgummis einzulegen. Das Ganze wird dann mit fünf selbstschneidenden Schrauben der Größe 2,0 x 6 mm auf der Basisplatine verschraubt.

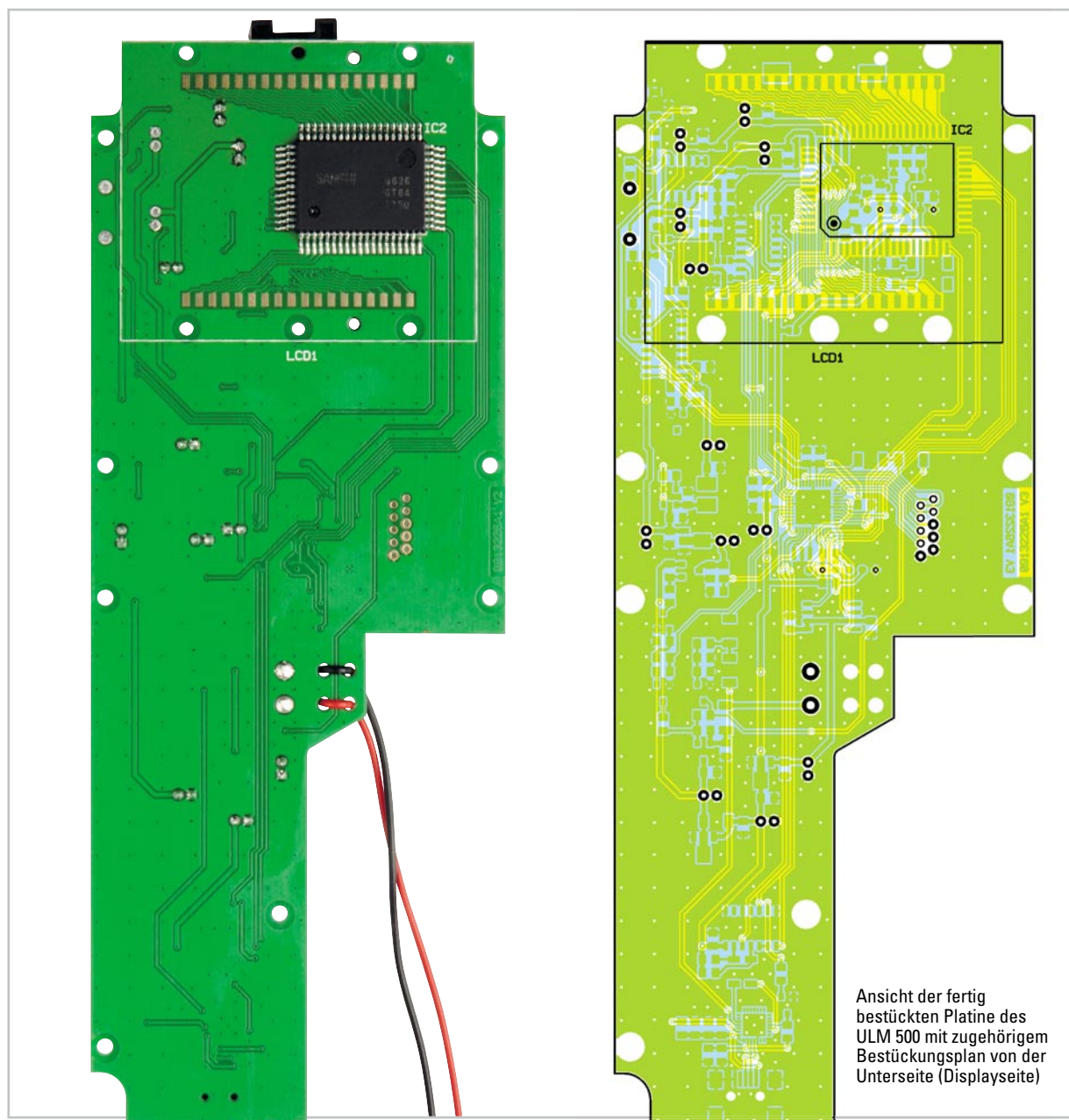


Bild 2: Detailansicht zur Montage des Displays

## Tastatur und Gehäuseeinbau

In die Folientastatur ist vor dem sorgfältigen Einkleben in die obere Halbschale die Tastaturbeschriftung einzuschieben. Anschließend erfolgt das Entfernen der Schutzfolien von beiden Seiten. Beim Aufkleben der Tastatur muss zugleich das Anschlusskabel durch den Schlitz unter dem Tastaturfeld in das Gehäuseinnere gefädelt werden.

Im nächsten Arbeitsschritt wird das Ende der Flachbandleitung in das mit TA 1 bezeichnete Gegenstück auf der Ba-



Ansicht der fertig bestückten Platine des ULM 500 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Unterseite (Displayseite)

## Stückliste: ULM 500

**Widerstände:**

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| 0 $\Omega$ /SMD/0805     | R7, R13                      |
| 100 $\Omega$ /SMD/0805   | R10                          |
| 1 k $\Omega$ /SMD/0805   | R1, R2                       |
| 4,7 k $\Omega$ /SMD/0805 | R20                          |
| 10 k $\Omega$ /SMD/0805  | R3, R21–R23                  |
| 22 k $\Omega$ /SMD/0805  | R9, R26, R33                 |
| 39 k $\Omega$ /SMD/0805  | R8                           |
| 47 k $\Omega$ /SMD/0805  | R4–R6                        |
| 100 k $\Omega$ /SMD/0805 | R28, R30, R36                |
| 220 k $\Omega$ /SMD/0805 | R24, R25, R27, R29, R31, R35 |
| 470 k $\Omega$ /SMD/0805 | R11                          |
| 1,8 M $\Omega$ /SMD/0805 | R32, R34                     |

**Kondensatoren:**

|                    |   |
|--------------------|---|
| 22 pF/SMD/0805     | C4, C5  |
| 100 pF/SMD/0805    | C8, C57, C58  |
| 10 nF/SMD/0805     | C16, C19, C59–C62   |
| 100 nF/SMD/0805    | C2, C3, C7, C10, C12, C17, C22, C25–C27, C29, C30, C32, C37, C40–C47, C54–C56 |
| 470 nF/SMD/0805    | C1  |
| 1 $\mu$ F/SMD/0805 | C18, C20, C21, C34–C36  |
| 10 $\mu$ F/16 V    | C6, C9, C11, C23, C24, C28, C31, C33, C38, C39                                |

**Halbleiter:**

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| ELV08822/SMD/Hauptcontroller         | IC1            |
| ELV08823/SMD/Displaycontroller       | IC2            |
| AT45DB011D-SH/SMD                    | IC3            |
| ELV08824/SMD/USB-Controller (CP2102) | IC4            |
| 74HCT14/SMD                          | IC5            |
| MCP3425A0T-E/CHSMD                   | IC6            |
| CD4053/SMD                           | IC7            |
| HT7550/SMD                           | IC11, IC12     |
| HT7533/SMD                           | IC13           |
| TPS60400/SMD                         | IC14           |
| BC848C                               | T2, T4, T5, T7 |
| BC858C                               | T3, T6         |
| BAT43/SMD                            | D1, D2, D9–D12 |
| LL4148                               | D5, D6         |
| ESD9M5.0ST5G/SMD                     | D7, D8         |
| BAS86/SMD                            | D13, D14       |
| LC-Display                           | LCD1           |

**Sonstiges:**

|  |      |
|--|------|
| Quarz, 32,768 kHz, SMD, 6 pF, 20 ppm                   | Q1   |
| Keramikschwinger, 8 MHz, SMD                           | Q2   |
| SMD-Induktivität, 22 $\mu$ H, 250 mA                   | L1   |
| USB-B-Buchse, mini, 5-polig, winkelprint, liegend, SMD | BU1  |
| Modulare-Einbaubuchse, 6-polig, kurze Bauform, SMD     | BU2  |
| Buchse für Folientastatur, 10-polig                    | TA1  |
| Folientastatur, 8 Tasten, selbstklebend                | TA1  |
| 9-V-Batterieclip                                       | BAT1 |
| 2 Leitgummis   | LCD1 |
| 1 Folientastatur-Inlay, bedruckt                       |      |
| 1 Gehäuse, komplett, bearbeitet und bedruckt           |      |
| 1 USB-Kabel (Typ A auf Typ B mini), 2 m, Schwarz       |      |
| 1 CD Software ULM500                                   |      |

sisplatine gesteckt und die Platine dann gemeinsam mit der aufgesetzten oberen und unteren Stirnplatte in das Gehäuse eingelegt. Zum Festschrauben der Platine dienen acht selbstschneidende Schrauben der Größe 2,2 x 5 mm. Der Aufbau des Gerätes wird durch das Aufsetzen der unteren Halbschale und Verschrauben mit vier selbstschneidenden Schrauben 2,5 x 8 mm abgeschlossen. Hierbei ist gleichzeitig der Batterieclip in das Batteriefach zu führen.

Nach Einlegen und Anschließen der Batterie ist das Gerät einsatzbereit und wir wollen nun einen Blick auf die zugehörige Konfigurations- und Auswertesoftware werfen.

**Software**

Nach Anschluss des ULM 500 an einen USB-Port des PCs erfolgt zunächst die Treiberinstallation des mitgelieferten USB-Gerätetreibers wie unter dem jeweiligen Betriebssystem gewohnt.

Nach Installation und Start der Software, die auf allen USB-fähigen Windows-Versionen inklusive MS Windows 7, auf das wir uns hier beziehen, läuft, erscheinen die zur Verfügung stehenden Optionen als Reiter-Menü. Diese wollen wir in der Folge einzeln betrachten.

Zu beachten ist, dass bei aktivem Datenlogger-Betrieb keine USB-Verbindung vom ULM 500 zum PC hergestellt wird. Für eine Verbindung ist der Datenlogger-Betrieb zuerst zu beenden.

**Menü „Info“**

Hier (Abbildung 3) erscheinen Informationen über Hersteller, Software-Stand des PC-Programms und Firmware-Stand des ULM 500. Über den Button „Firmware-Version auslesen“ kann jederzeit die Firmware-Version des jeweils angeschlossenen ULM 500 ausgelesen werden, nützlich z. B. bei Einsatz mehrerer ULM 500.

**Menü „Speicherbänke“**

Über dieses Menü (Abbildung 4) erfolgt das Auslesen und ggf. Löschen der Speicherbänke des Datenloggers im ULM 500. Die Tabelle links dient als Übersicht über alle Speicherbänke, hier wird die Anzahl der genutzten Datensätze pro Speicherbank dargestellt und hier erfolgt die Auswahl einzelner Speicherbänke zum Auslesen oder Löschen. Über die Buttons „Speicherbank auslesen“ bzw. „Alle Speicherbänke auslesen“ werden die ausgewählte bzw. alle Speicherbänke ausgelesen und automatisch als Excel-kom-



Bild 3: Das „Info“-Menü des ULM 500



Bild 4: Menü „Speicherbänke“

patible Datei abgespeichert, die von verschiedenen Tabellenkalkulationsprogrammen weiterverarbeitet werden kann. Wenn man in der Tabelle eine Speicherbank auswählt, erfolgt die Anzeige der Hauptinformationen dieser Datensätze bzw. der Speicherbank im unteren rechten Bereich. Schließlich ist es hier noch möglich, den Inhalt einzelner oder aller Speicherbänke vom PC aus zu löschen.

### Menü „Sensoreinstellungen“

In diesem Bereich (Abbildung 5) werden die Einstellungen der einzelnen Sensoren angezeigt und sind zum Teil individuell einstellbar. Die Auswahl des Sensors erfolgt über die Combo-Box „Sensornummer“, hierdurch werden die Informationen des Sensors geladen, ebenso erfolgt dies für den gewählten Sensor durch den Button „Sensoreinstellungen auslesen“.

Der Sensortyp und somit die Lichtarten (Bezeichner der Kalibrierwerte) werden über die zweite Combo-Box ausgewählt. Sowohl der „Sensornamen“ als auch die Kalibrierwerte schreibt man hier direkt in die Textboxen ein. Der eingestellte Offset-Wert ist durch Anklicken der Checkbox „auf 0 setzen“ auf null rücksetzbar, siehe dazu auch das Kapitel „Sensoren und allgemeine Bedienung“ im vorangegangenen Teil der Serie.

Eine Besonderheit des ULM 500 ist die Möglichkeit, dem Gerät per Software Bereiche für sowohl die manuelle Angabe als auch für die automatische Messbereichswahl zu zuweisen. Dort werden diese für den Datensatz mit gespeichert. So sind gezielt bestimmte, praxiserfahrene Bereiche einstellbar. Diese Zuweisung erfolgt über den Einstellbereich „Messbereiche“: Via Combo-Box weist man die Anzahl der Messbereiche zu, und in den Textboxen sind dann die jeweils

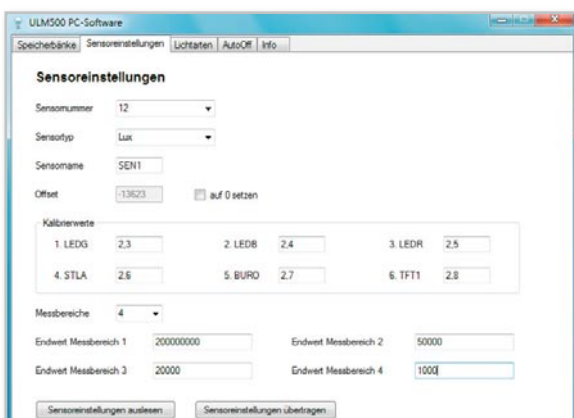


Bild 5: Menü „Sensoreinstellungen“



Bild 6: Menü „Lichtarten“

gewünschten Endwerte der einzelnen Messbereiche einzutragen. Sind alle Einstellungen abgeschlossen, so überträgt man diese über den Button „Sensoreinstellungen übertragen“ an das ULM 500.

### Menü „Lichtarten“

Hier erfolgt die Festlegung zu den Bezeichnern der Lichtarten im ULM 500 (Abbildung 6). Über die Combo-Box „Sensortyp“ wird zunächst die Sensorart gewählt, zu der die Lichtarten editiert bzw. angezeigt werden sollen. In die einzelnen Textboxen trägt man die 4 Zeichen der Lichtart ein, die später im Display des ULM 500 erscheinen. Auch hierzu ist das Nachlesen des Kapitels „Sensoren und allgemeine Bedienung“ im vorangegangenen Teil der Serie zu empfehlen. Über die beiden Buttons unten erfolgt das Auslesen der Lichtarten-Bezeichner aus dem Gerät bzw. das Übertragen der editierten Daten an dieses.

### Menü „AutoOff“

Ab Werk schaltet das ULM 500 sich nach 5 Minuten ohne Bedienung automatisch aus. Diese Abschaltzeit ist über das „AutoOff“-Menü (Abbildung 7) individuell festlegbar. In der Combo-Box legt man hierzu die gewünschte Zeit bis zum automatischen Abschalten fest und überträgt diese Einstellung anschließend über den Button „Einstellung übertragen“ zum ULM 500. Der Button „Einstellung auslesen“ ermöglicht die Kontrolle der im ULM 500 abgelegten Abschaltzeit.

Mit der hier vorgestellten Software ist, wie man sieht, eine sehr komfortable und an das eigene Nutzungsverhalten bzw. die Mess-Anforderungen angepasste Konfiguration des ULM 500 möglich, was, neben den verfügbaren Sensoren, einen weiten Einsatzbereich des universellen Beleuchtungsmessgerätes eröffnet.

Auch die Auswertung der durch den Datenlogger erfassten Daten eröffnet durch das universelle Datenformat alle Möglichkeiten einer professionellen Weiterverarbeitung. **ELV**



Bild 7: Menü „AutoOff“