



# Energy Analyzer EA 8000

## Teil 3

Mit dem Inkrafttreten der EuP-Richtlinie (Energy-using Products) bestehen verpflichtende Vorgaben zum Vertrieb energiebetriebener Produkte und zur umweltgerechten Produktgestaltung. Zur Produkt-Überprüfung steht mit dem EA 8000 nun eine preiswerte Messtechnik zur Verfügung, die Leistungen  $< 1 \text{ W}$ , unabhängig von der Form der Stromaufnahme, mit hoher Genauigkeit messen kann. Herkömmliche Energiemessgeräte sind für diese Aufgabe in der Regel nicht geeignet, da es insbesondere auf eine hohe Genauigkeit im Bereich kleiner Leistungen ankommt.

### Nachbau

Nachdem im „ELVjournal“ 3/2010 die Funktionen und die komplette Schaltung vorgestellt wurden, kommen wir nun zum praktischen Aufbau. Außergewöhnliche Leistungsmerkmale sind nicht zwangsläufig mit einem extrem hohen Schaltungsaufwand verbunden. Der Energy Analyzer EA 8000 erweckt zunächst den Eindruck eines sehr aufwendigen und komplizierten Nachbaus. In Wirklichkeit ist der praktische Aufbau aufgrund der übersichtlichen Konstruktion unkompliziert und verhältnismäßig schnell erledigt. Ein weiterer Grund für den recht einfachen Nachbau liegt in der SMD-Vorbestückung der Leiterplatten, und SMD-Komponenten machen einen Großteil der Elektronik des EA 8000 aus. Die Verarbeitung von SMD-Bauteilen von Hand ist generell schwierig und die Gefahr von Kurzschlüssen, insbesondere an ICs und komplexen Bauteilen, wäre recht groß.

Im EA 8000 sind nur noch wenige von Hand zu bestückende, konventionelle bedrahtete Bauelemente vorhanden. Dabei handelt es sich in erster Linie um Anschlussklemmen und Leistungskomponenten wie z. B. Relais.

Sämtliche Bauelemente des EA 8000 sind auf 2 Leiterplatten untergebracht, wobei es sich um eine Basisplatine mit allen wesentlichen Baugruppen und eine Frontplatine mit dem LC-Display und den Bedientastern handelt.

#### Achtung, wichtiger Hinweis!

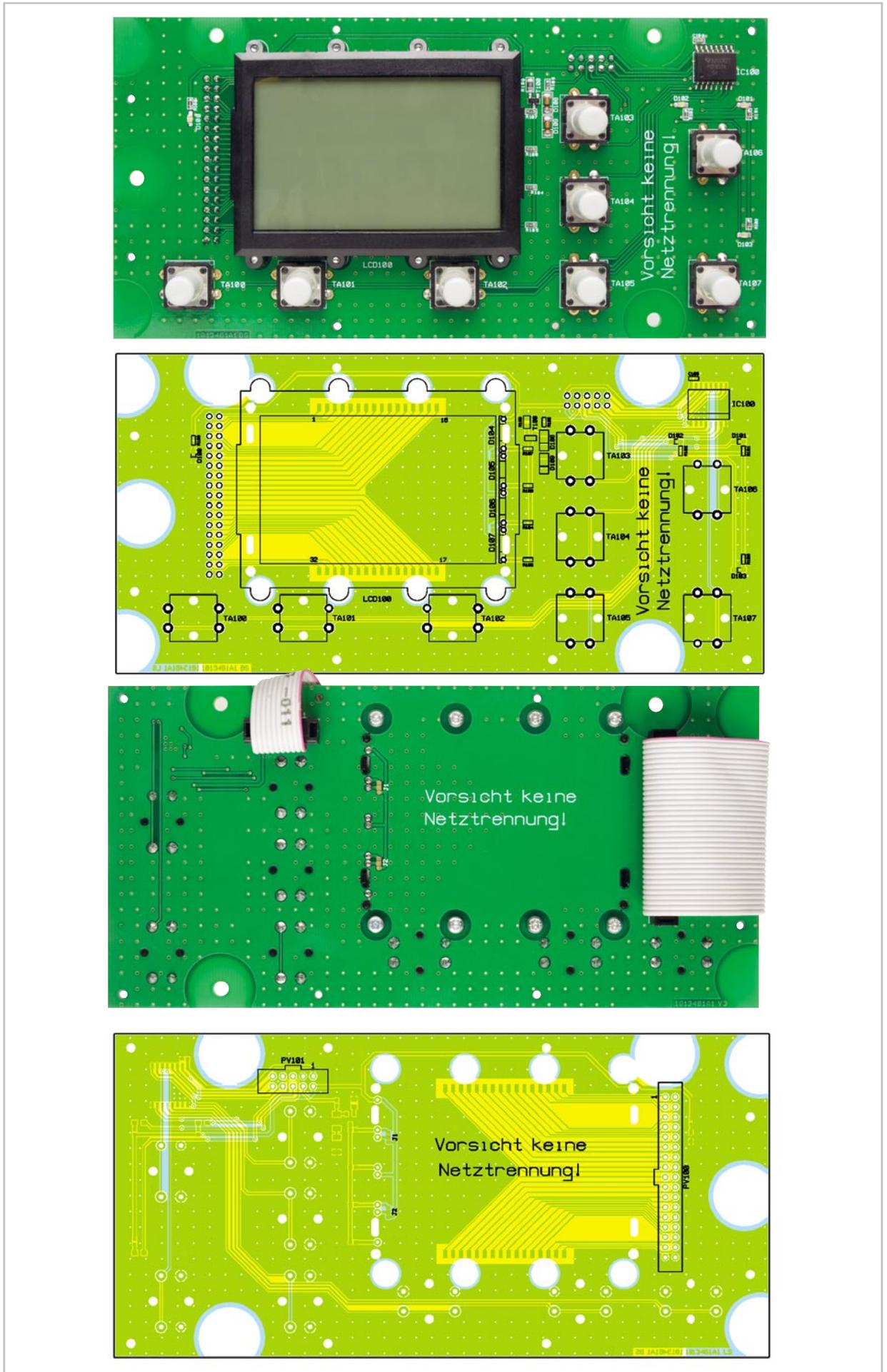
Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die geltenden Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind dabei unbedingt zu beachten.

**Innerhalb des Gerätes besteht grundsätzlich keine Netztrennung, d. h. an allen Komponenten kann auch noch die Netzspannung anliegen, wenn das Gerät über den rückseitigen Ein-/Ausschalter abgeschaltet ist. Der rückseitige Ein-/Ausschalter dient nicht zur Netztrennung. Das Arbeiten am geöffneten Gehäuse und der Anschluss ans Netz ist grundsätzlich nicht zulässig!**

#### Aufbau der Frontplatine

Wir beginnen die Aufbauarbeiten mit der Bestückung der Frontplatine, die in erster Linie zur Aufnahme der Bedien- und Anzeigeelemente dient. Neben dem Display und den Bedientasten sind auf dieser Platine nur wenige Komponenten vorhanden.

Die Bestückung beginnen wir mit den 8 Bedientasten, die vor dem Verlöten an der Platinenrückseite plan aufliegen müs-



Fertig aufgebaute Frontplatte des EA 8000 mit zugehörigen Bestückungsplänen (oben Platinenfrontseite, unten Platinenrückseite)

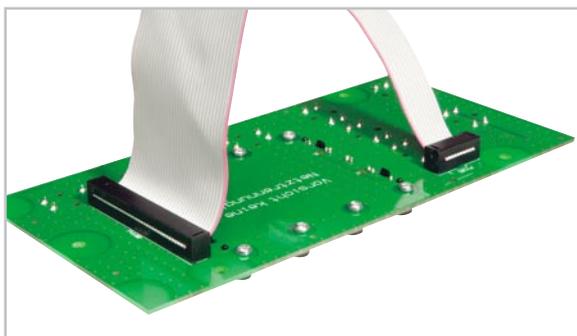


Bild 5: Einbau der werkseitig vorkonfektionierten Flachbandkabel

sen. Vorsicht, beim Lötén dürfen keine Kurzschlüsse zur umgebenden Massefläche entstehen.

Ein 34-poliges und ein 10-poliges Flachbandkabel dienen zur Verbindung von Front- und Basisplatine. Diese werkseitig vorkonfektionierten Kabel sind im nächsten Aufbauschritt zu verarbeiten. Entsprechend Abbildung 5 sind die Leiterplattenverbinder dieser beiden Flachbandkabel von der Rückseite der Frontplatine einzusetzen und sorgfältig an der Frontseite zu verlóten. Dabei ist zu beachten, dass die Leiterplattenverbinder plan auf der Platinenoberfläche aufliegen müssen, und die Einbaurichtung muss der Abbildung entsprechen. Die Flachbandkabel-Steckverbinder dieser Leitungen werden später mit den zugehörigen Stiftleisten der Basisplatine verbunden. Auf die Bedientaster werden 8 Tastkappen aufgedrückt.

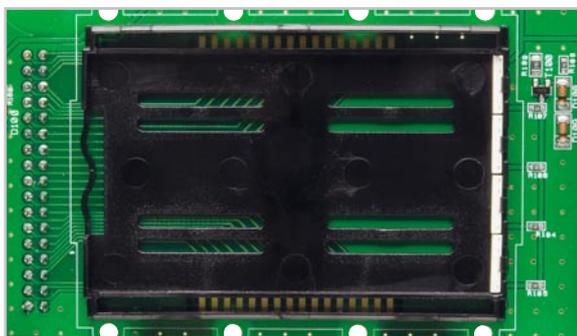


Bild 6: Display-Halterahmen mit den 4 eingelöteten Side-looking-LEDs

Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt dann die Montage des großen hinterleuchteten Displays.

Zuerst wird dabei der Halterahmen bis zum Einrasten auf die Platine gesetzt. Danach werden die 4 „Side-looking-Lamps“ so eingelötet, dass jeweils die Bauelemente-Unterseite plan auf dem Halterahmen aufliegt (Abbildung 6).

In die Mitte des Rahmens wird nun ein weißes Stück Papier

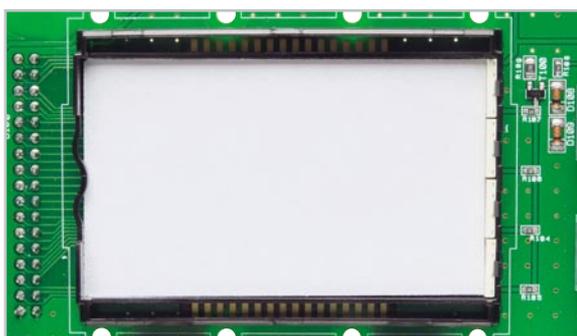


Bild 7: Displayrahmen mit Reflektorfolie

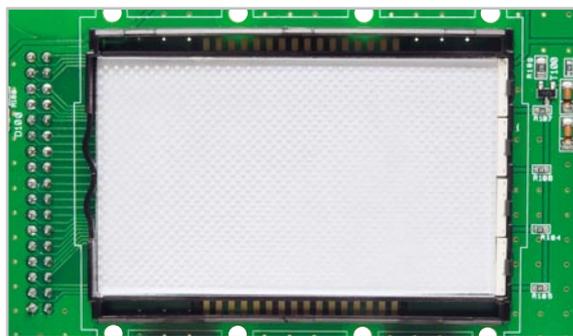


Bild 8: Eingesetzte Licht-Verteilplatte

gelegt (Reflektorfolie, Abbildung 7), gefolgt von der Licht-Verteilplatte, die mit der Bedruckung (Punktraster) nach unten einzusetzen ist. Des Weiteren ist unbedingt zu beachten, dass die silberbeschichtete Seite der Licht-Verteilplatte an der gegenüberliegenden Seite der „Side-looking-Lamps“ liegen muss. In Abbildung 8 ist die eingesetzte Licht-Verteilplatte zu sehen.

Im nächsten Arbeitsschritt sind die Leitgummistreifen (Abbildung 9) in die dafür vorgesehenen Schlitze des Halterah-

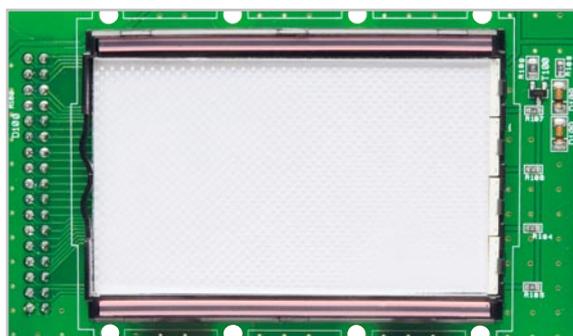


Bild 9: Zwei Leitgummistreifen am oberen und unteren Displayrand dienen zur Kontaktierung des LC-Displays.

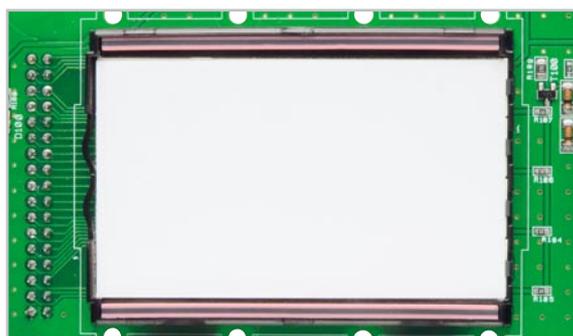


Bild 10: Eine Diffusorfolie dient zur diffusen und homogenen Verteilung des Lichtes.

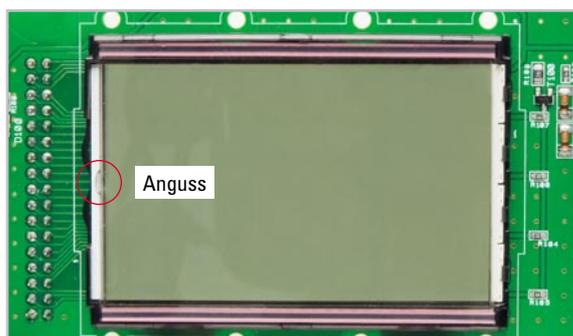


Bild 11: Einsetzen des LC-Displays

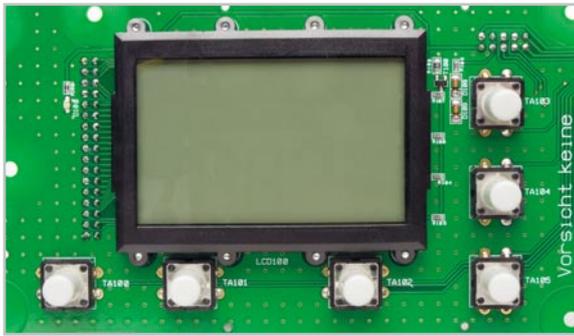


Bild 12: Montage des Displayrahmens

mens zu positionieren. Auf die Licht-Verteilplatte kommt die Diffusorfolie, wie in Abbildung 10 gezeigt, und darauf das Display. Beim Einsetzen des Displays ist unbedingt auf die korrekte Polarität zu achten, wobei eine kleine „Nase“ am Displayglas (Anguss) zur Orientierung dient. Wie in Abbildung 11 zu sehen, muss diese Markierung nach links weisen.

Zuletzt wird der Displayrahmen aufgesetzt und mit den 8 zugehörigen Schrauben (2,5 x 5 mm) sorgfältig verschraubt (Abbildung 12). Um den erforderlichen Sicherheitsabstand zur Frontplatte sicherzustellen, dürfen zur Verschraubung des Displayrahmens keine Schrauben verwendet werden, die länger als 5 mm sind. Von der Oberseite des Schraubdomes bis zur Schraubenspitze müssen ca. 2 mm frei bleiben

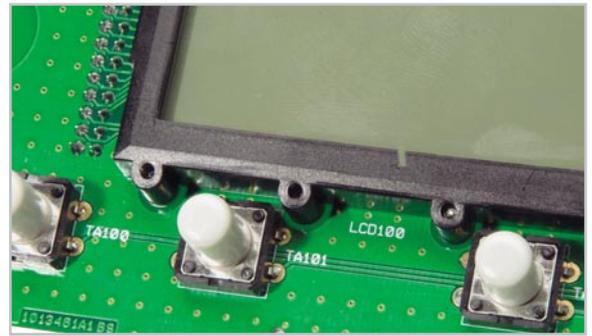


Bild 13: Nach dem Verschrauben des Displayrahmens müssen jeweils ca. 2 mm von der Oberseite des Displayrahmens bis zur Schraubenspitze frei bleiben.

(Abbildung 13). Der Abstand von der Schraubenspitze bis zur Frontplatte muss aufgrund der Gerätesicherheitsvorschriften unbedingt >3 mm sein.

### Aufbau der Basisplatine

Nachdem die Frontplatine fertiggestellt ist, wenden wir uns der Basisplatine zu. Wie auf dem Platinenfoto in Abbildung 14 zu sehen, ist die Anzahl der zu bestückenden konventionellen Bauteile an der Platinenoberseite übersichtlich. Die SMD-Komponenten an der Platinenunterseite (Abbildung 15)

### Stückliste: Frontplatine Energy Analyzer EA 8000

#### Widerstände:

27 $\Omega$ /SMD/0805	R109
330 $\Omega$ /SMD/0603	R104–R107
1 k $\Omega$ /SMD/0603	R100–R103, R108

#### Kondensatoren:

100 nF/SMD/0603	C100
-----------------	------

#### Halbleiter:

PCF8574T/SMD	IC100
BC848C	T100
LL4148	D108, D109
LED, Blau, SMD	D100–D103
Side-looking-Lamp, Weiß	D104–D107
LC-Display WT0911001A	LCD100

#### Sonstiges:

Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1x ein	TA100–TA107
Tastkappen, 10 mm, Grau	TA100–TA107
Leiterplattenverbinder, 34-polig	PV100
Leiterplattenverbinder, 10-polig	PV101
1 LCD-Rahmen	
1 LCD-Grundrahmen	
1 Licht-Verteilplatte, bedruckt	
2 Leitgummis	
1 Diffusorfolie	
1 Reflektorfolie	
8 Kunststoffschrauben, 2,5 x 5 mm	
8 TORX-Kunststoffschrauben, 3,0 x 5 mm	

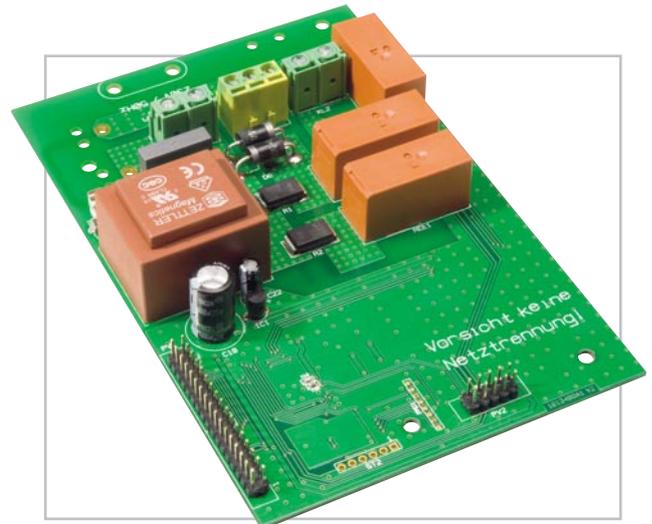


Bild 14: Platinenoberseite der Basisplatine mit den wenigen Bauelementen in konventioneller Bauform

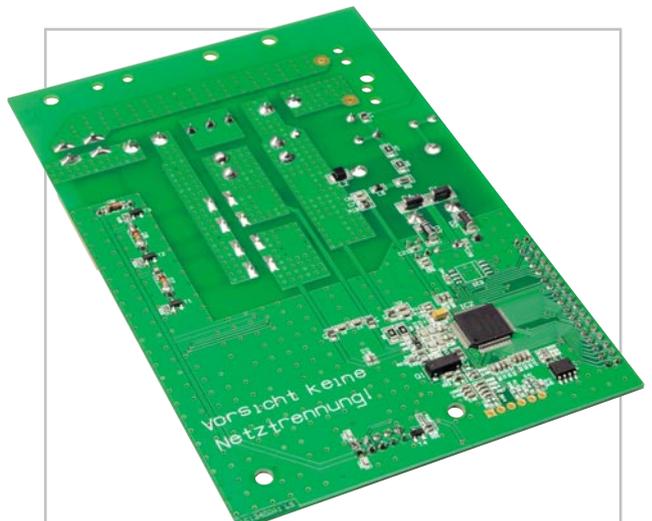
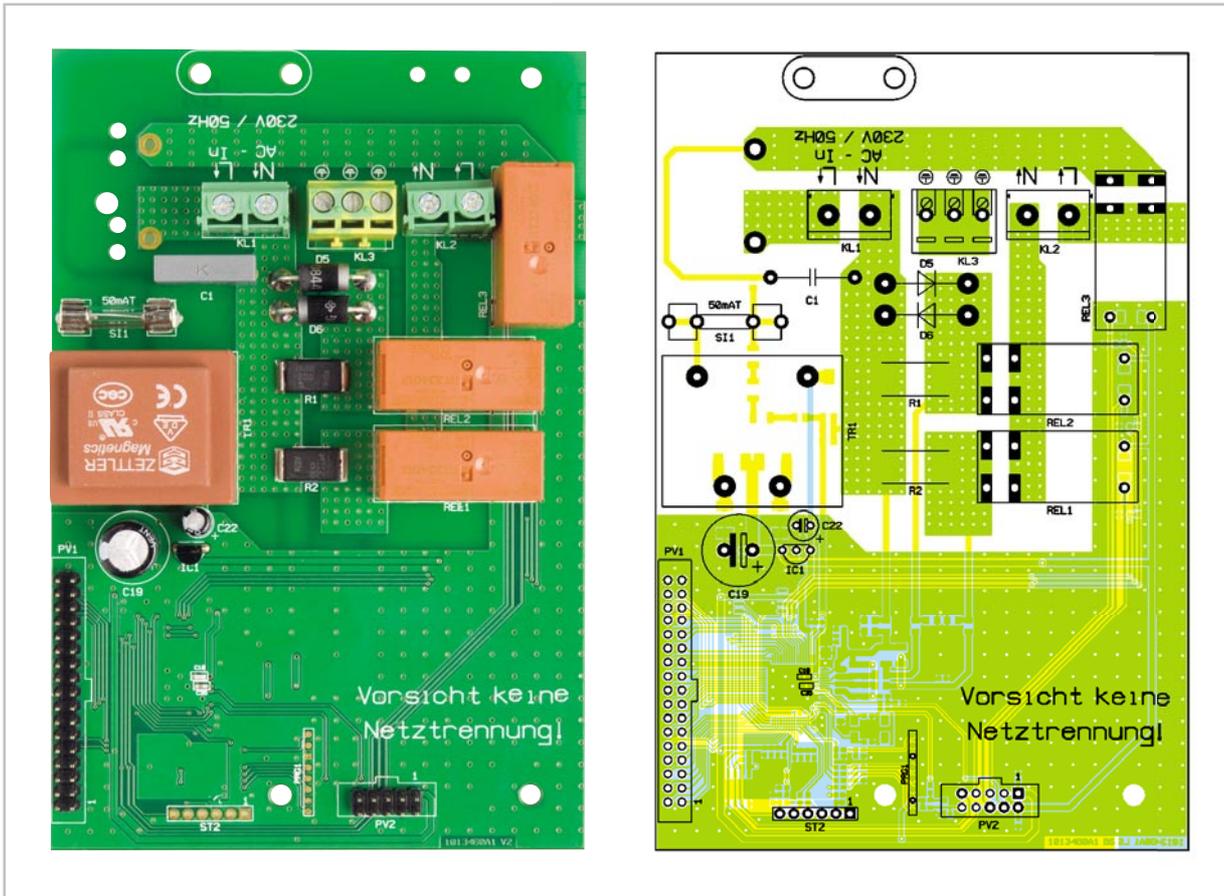
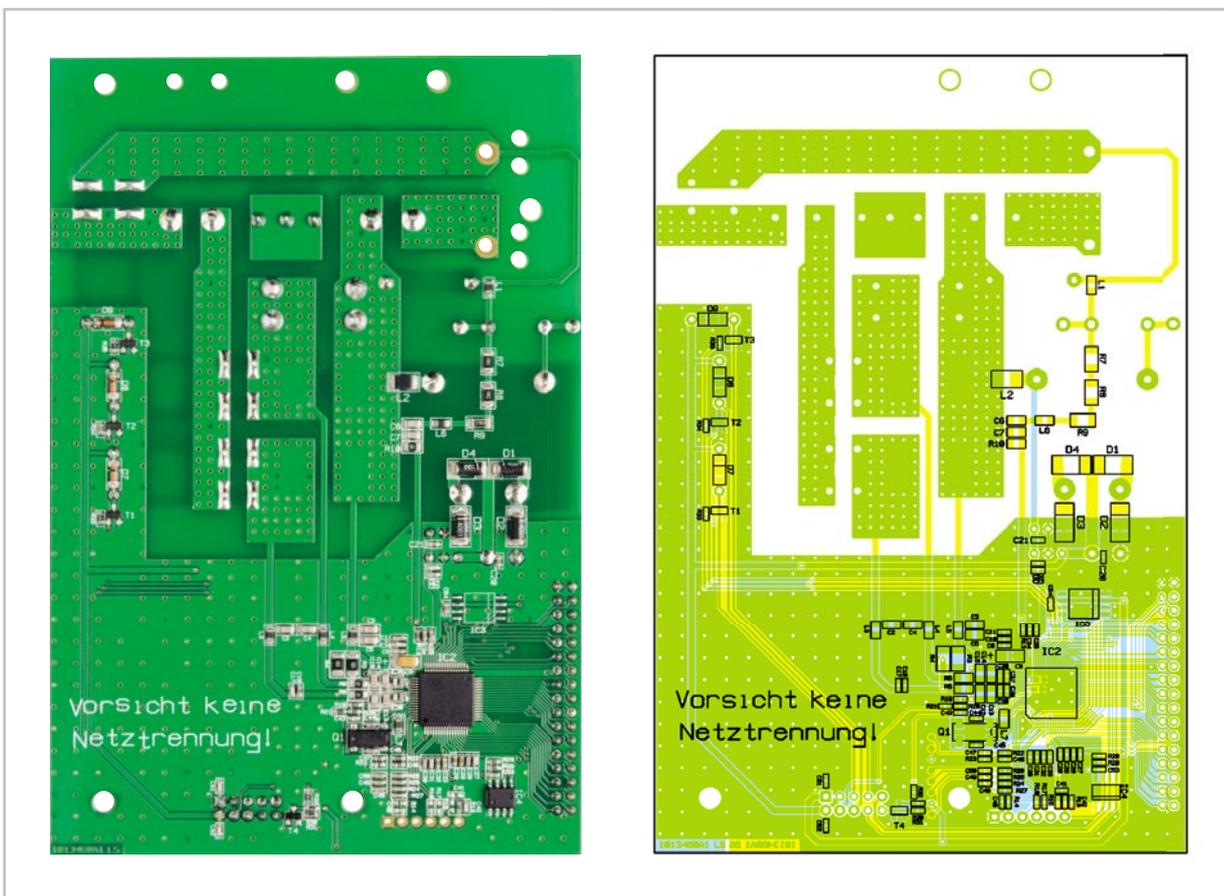


Bild 15: SMD-Bestückung an der Platinenunterseite



Fertig aufgebaute Basisplatte des EA 8000 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Platinenoberseite



Fertig aufgebaute Basisplatte des EA 8000 mit zugehörigem Bestückungsplan von der Platinenunterseite

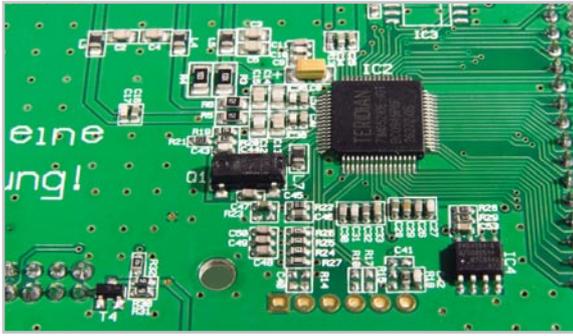


Bild 16: Energie-Messschip mit peripherer Beschaltung

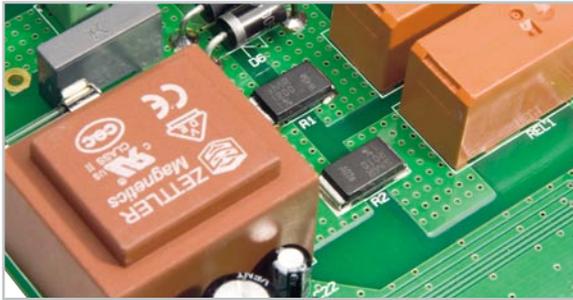


Bild 17: Die beiden Shunt-Widerstände R 1 und R 2 dienen zur Messwert-Erfassung in den beiden Messbereichen.



Bild 18: Das Netzkabel wird zuerst von außen durch einen Knickschutz geführt.



Bild 19: Anschluss und Sicherung der Netzanschlussleitung



Bild 20: Anschluss der Steckdosenleitungen und Einbau des Ein-/Ausschalters in die Rückwand

sind bereits alle vorbestückt. In Abbildung 16 ist der komplexe Energie-Messschip in einer Detailaufnahme zu sehen.

Doch kommen wir nun zur Bestückung, wobei zuerst die beiden Strom-Shunts R 1 und R 2 unter Zugabe von reichlich Lötzinn sorgfältig aufzulöten sind. In Abbildung 17 sind die fertig eingelöteten Strom-Shunts zu sehen.

Danach werden die 34-polige und die 10-polige Stiftleiste von der Platinenoberseite eingesetzt und an der SMD-Seite sorgfältig verlötet. Zu beachten ist dabei, dass die Kunststoff-Stege der Stiftleisten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen müssen.

Im nächsten Arbeitsschritt werden die beiden Elkos C 19 und C 22 unter Beachtung der korrekten Polarität eingelötet. Die Anschlussbeinchen von IC 1 sind so weit wie möglich durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen und danach sorgfältig zu verlöten.

Nach dem Einlöten der beiden Hälften des Platinen-Sicherungshalters SI 1 wird gleich die zugehörige Glas-Feinsicherung eingesetzt.

Unter Verwendung von ausreichend Lötzinn wird danach der Netztransformator TR 1 eingelötet. Das Gehäuse des Trafos muss plan auf der Platinenoberfläche aufliegen.

**Hinweis!** Der Trafo arbeitet in einer sogenannten „Spar-Trafoschaltung“ und sorgt nicht für eine galvanische Trennung der Elektronik vom Netz.

Die beiden antiparallel geschalteten Dioden D 5 und D 6 benötigen einen Platinenabstand von ca. 2 bis 3 mm. Nach dem Abwinkeln der Anschlüsse auf Rastermaß werden diese durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt und an der SMD-Seite mit ausreichend Lötzinn verlötet.

Danach wird der X2-Kondensator C 1 bestückt und an der SMD-Seite mit Lötzinn sorgfältig festgesetzt.

Die beiden Netz-Schraubklemmen KL 1 und KL 2 sowie die 3-polige Schutzleiter-Schraubklemme KL 3 müssen vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Die Schraubklemmen sind an der Platinenunterseite mit ausreichend Lötzinn festzusetzen.

Zuletzt bleiben auf der Platine nur noch die 3 Leistungsrelais REL 1 bis REL 3 zu bestücken. Vor dem Festlöten an der SMD-Seite ist darauf zu achten, dass die Relaisgehäuse komplett auf der Platinenoberfläche aufliegen. Damit ist bereits die eigentliche Bestückung der Basisplatine abgeschlossen.

Zum Anschluss der Netz-Zuleitung ist zuerst die Knickschutz-Durchführung in die Gehäuse-Rückwand zu schrauben und dann das freie Ende von außen durchzuführen (Abbildung 18).

Die fertig konfektionierten Leitungsenden sind danach jeweils mit einer Windung durch den Ferritkern (14 x 8 mm) zu fädeln und an die zugehörigen Schraubklemmen (KL 1 bis KL 3) anzuschrauben. Die Zugentlastung des Netzkabels erfolgt mit einer Schelle auf der Leiterplatte entsprechend Abbildung 19. Im Bereich der Schraubklemmen ist über diese Leitungsenden ein Kabelbinder zu ziehen.

Im nächsten Arbeitsschritt werden die fertig konfektionierten Leitungen der Netz-Steckdose und der Schutzleiteranschluss für die Frontplatte in die zugehörigen Schraubklemmen geführt und fest verschraubt. Wie in Abbildung 20 zu sehen, erfolgt eine zusätzliche Sicherung auf der Platine mit Hilfe eines Kabelbinders.



Bild 21: Montage des Ein-/Ausschalters in die Gehäuse-Rückwand

In ca. 6 cm Abstand vom Kabelbinder werden die Leitungen dann jeweils mit einer Windung durch den Ferritkern (25 x 8 mm) gefädelt (Abbildung 20).

Der rückseitige Ein-/Ausschalter wird für den Einbau vorbe-

reitet, indem 2 einadrig isolierte Leitungen von 80 mm Länge mit einem Leitungsquerschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> angelötet werden. Danach erfolgt eine zusätzliche Sicherung der Lötstellen mit Schrumpfschlauchabschnitten von ca. 15 mm Länge (Abbildung 20 und 21).

Danach ist der Schalter von außen in die dafür vorgesehene Öffnung der Rückwand einzusetzen und fest zu verrasten. Die freien Leitungsenden werden auf 5 mm Länge abisoliert, verdreht, vorverzinkt und dann von der Platinenoberseite in die zugehörigen Platinenbohrungen geführt. Nach dem sorgfältigen Verlöten an der Platinenunterseite erfolgt die Sicherung entsprechend Abbildung 20 mit 2 Kabelbindern.

Nun erfolgt der Einbau der Basisplatine in das Gehäuse-Unterteil. Dazu sind die Schraubdomen mit Abstandshülsen zu bestücken. Die Basisplatine wird dann zusammen mit der Rückwand eingesetzt und mit TORX-Schrauben 3,0 x 12 mm verschraubt (Abbildung 22).

## Stückliste: Energie Analyzer EA 8000 Basis-Einheit

### Widerstände:

0 Ω/SMD/0603	R27
Shunt-Widerstand, 10 mΩ, SMD	R2
Shunt-Widerstand, 100 mΩ, SMD	R1
56 Ω/SMD/0603	R24–R26
100 Ω/SMD/0603	R13
560 Ω/SMD/0805	R10
1 kΩ/SMD/0603	R22, R32
1,5 kΩ/SMD/0805	R5, R6
10 kΩ/SMD/1206	R3, R4
10 kΩ/SMD/0603	R18, R20, R28, R29, R33–R35
16 kΩ/SMD/0603	R19
27 kΩ/SMD/0603	R21
100 kΩ/SMD/0603	R30, R31
270 kΩ/SMD/1206	R9
330 kΩ/SMD/1206	R7, R8

### Kondensatoren:

22 pF/SMD/0603	C44, C45, C48–C50
47 pF/SMD/0603	C10, C36, C38
100 pF/SMD/0603	C17, C18, C24, C27, C31, C42, C43, C51, C52
220 pF/SMD/0805	C2–C5, C7, C13, C15
220 pF/SMD/0603	C11, C37, C39
470 pF/SMD/0603	C23, C26, C30
1 nF/SMD/0805	C6, C12, C14
1 nF/SMD/0603	C16, C28, C32, C46, C47
100 nF/250 V~/X2	C1
100 nF/SMD/0603	C9, C20, C21, C25, C33–C35, C53
1 µF/SMD/0603	C29
10 µF/6,3 V/Tantal/SMD	C8
100 µF/16 V	C22
2200 µF/25 V/105 °C	C19

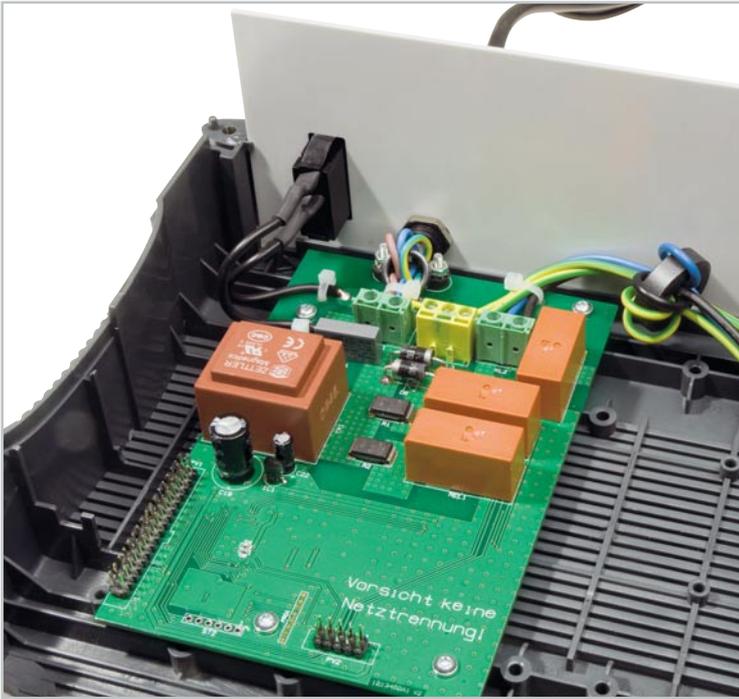
### Halbleiter:

78L33	IC1
ELV09333/SMD	IC2
FM24C64/SMD	IC4

IRLML2402TRPBF/SMD	T1–T3
BC848C	T4
SM4001/SMD	D1–D4
EGP50F	D5, D6
LL4148	D7–D9

### Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz, SMD	Q1
Chip-Ferrite, 0805, 60 Ω bei 100 MHz	L1, L3–L7
SMD-Induktivität, 22 µH, 250 mA	L2
Steckklemmleisten, 2-polig, RM = 7,5 mm, 2,5 mm <sup>2</sup> , print	KL1, KL2
Schraubklemmleiste, 3-polig, 17,5 A/250 V, Grün/Gelb	KL3
Stiftleiste, 2x 17-polig, gerade, print	PV1
Pfostenverbinder, 2x 17-polig	PV1
Stiftleiste, 2x 5-polig, gerade, print	PV2
Pfostenverbinder, 2x 5-polig	PV2
Leistungsrelais, 12 V, 1x ein, 17 A	REL1–REL3
Trafo, 1x 9 V/166 mA, 1,5 VA	TR1
Sicherung, 50 mA, träge	SI1
Platinensicherungshalter (2 Hälften)	SI1
1 Wippschalter, 1x ein, 250 V, 16 A	
11 cm Flachbandkabel, 10-polig	
11 cm Flachbandleitung, 34-polig	
1 Ferrit-Ringkern, 14 x 8 mm	
1 Ferrit-Ringkern, 25 x 8 mm	
1 Netzkabel, 3-adrig, Schwarz	
1 Netzkabeldurchführung mit Knickschutzülle, Schwarz	
60 cm flexible Leitung, ST1 x 1,5 mm <sup>2</sup> Schwarz	
70 cm flexible Leitung, ST1 x 1,5 mm <sup>2</sup> Grün/Gelb	
35 cm flexible Leitung, ST1 x 1,5 mm <sup>2</sup> Blau	
7 Aderendhülsen, 1,5 mm <sup>2</sup> , 7 mm lang	
1 Zugentlastungsschelle	
2 Muttern, M3	
4 Kabelbinder, 90 mm	
2 Fächerscheiben, M3	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 12 mm	
6 cm Schrumpfschlauch, 3/8 ", Schwarz	



**Bild 22:** Einbau der Basisplatine in die Gehäuse-Unteralschale

Im nächsten Schritt wenden wir uns der Frontplatte zu, wo zuerst eine Öse zum Schutzleiteranschluss montiert wird. Zur Befestigung der Öse dient eine Schraube M3 x 10 mm, zwei M3-Zahnscheiben und eine M3-Mutter.

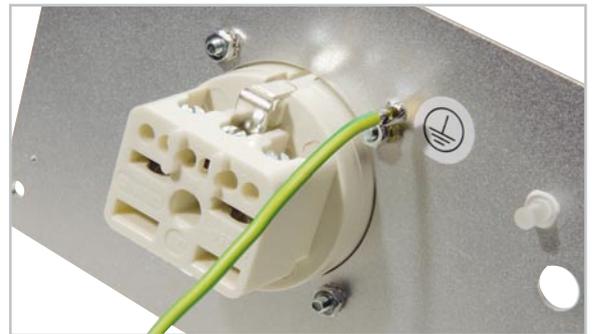
Das für den Schutzleiteranschluss der Frontplatte vorgesehene freie Leitungsende wird auf 8 mm Länge abisoliert, verdrillt, durch die Öse der Frontplatte gefädelt, umgebogen (damit beim Lösen der Lötstelle der Kontakt bestehen bleibt) und verlötet (Abbildung 23). Neben dem Schutzleiteranschluss ist an die Gehäuseinnenseite ein Schutzleitersymbol zu kleben (Abbildung 24).



**Bild 23:** Verschrauben der Schutzleiteröse mit der Frontplatte

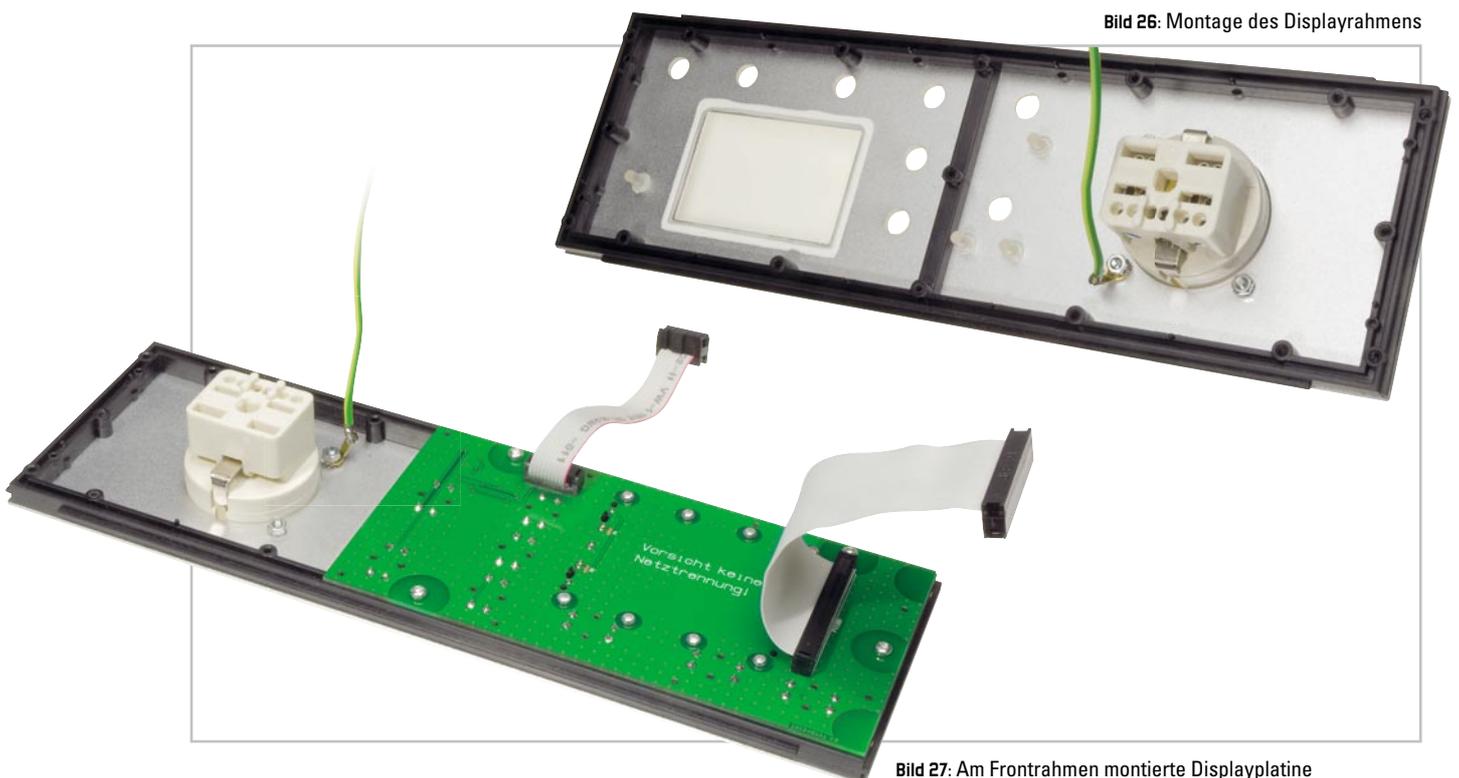


**Bild 24:** Neben der Schutzleiteröse ist ein Schutzleitersymbol anzubringen.



**Bild 25:** Einbau der Netz-Steckdose

**Bild 26:** Montage des Displayrahmens



**Bild 27:** Am Frontrahmen montierte Displayplatine

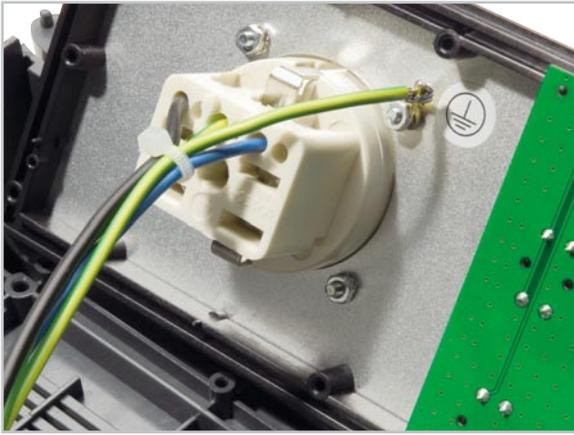


Bild 28: Fertig eingebaute und angeschlossene Netz-Steckdose

Die Netz-Steckdose wird danach mit jeweils 2 Schrauben M3 x 12 mm, Zahnscheiben und Muttern in die Front montiert (Abbildung 25).

Danach wird die Frontplatte mit 4 TORX-Schrauben 3,0 x 5 mm am Frontrahmen befestigt. Achtung! Aus Gründen der Gerätesicherheit dürfen zur Befestigung keine längeren Schrauben verwendet werden (Abbildung 26).

Es folgt die Befestigung der Displayplatine mit TORX-Schrauben 3,0 x 8 mm entsprechend Abbildung 27 am Displayrahmen.

Die mit Aderendhülsen bestückten Anschlussleitungen zur Verbindung mit der Steckdose werden fest verschraubt und in ca. 1 bis 2 cm Abstand zu den Aderendhülsen ist um alle Leitungen gemeinsam ein kleiner Kabelbinder zu ziehen. Abbildung 28 zeigt die fertig eingebaute Netz-Steckdose.

Die Frontplatteneinheit wird in die dafür vorgesehene Führungsnut gesetzt und die Flachbandleitungen sind entsprechend Abbildung 29 an die beiden zweireihigen Stiftleisten der Basisplatine anzuschließen.

Einen Blick in das so weit fertig aufgebaute Gerät zeigt Abbildung 30.

Zuletzt bleibt nur noch der Gehäusezusammenbau. Dazu werden die 4 Alu-Gehäuseprofile, gefolgt vom Gehäuseoberteil, aufgesetzt, wobei das Verschrauben mit den 4 zugehörigen Inbusschrauben M4 x 40 mm erfolgt. Nach Aufpressen der Gehäusefüße und der Abdeckkappen ist der praktische Aufbau des EA 8000 komplett abgeschlossen. **ELV**



Bild 29: Anschluss der Flachbandleitungen an die Basisplatine

## Stückliste: Gehäuse Energy Analyzer EA 8000

1	Komplettbausatz Gehäuse EA 8000
1	Frontplatte, bearbeitet und bedruckt
1	Displayscheibe, transparent
4	LED-Scheiben, transparent
1	Rückplatte, 1 Teilstück, bedruckt
1	Aufkleber mit Schutzleitersymbol
1	Schutzkontakt-Einbausteckdose, komplett, bearbeitet, Weiß
1	Schutzleiteröse
1	Zylinderkopfschraube, M3 x 10 mm
2	Zylinderkopfschrauben, M3 x 12 mm
3	Muttern, M3
4	Fächerscheiben, M3

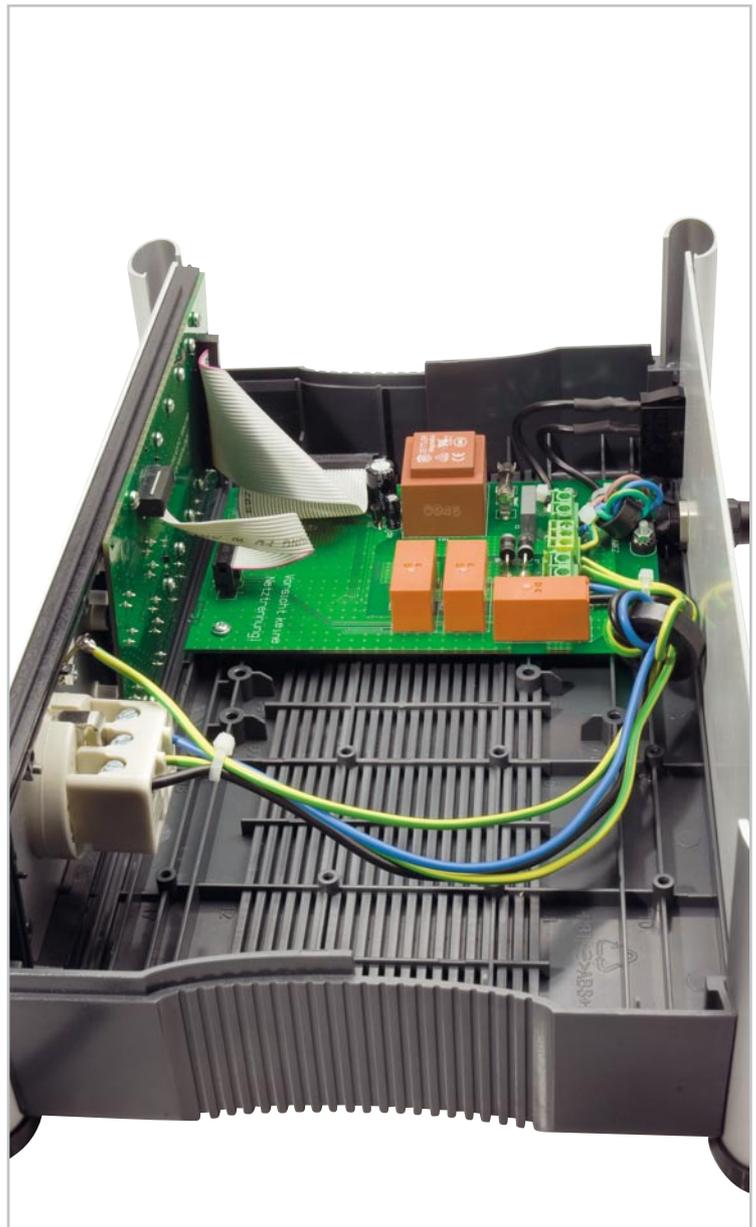


Bild 30: Blick in den fertig aufgebauten EA 8000