



# Energy Analyzer EA 8000

## Teil 2

Die EuP-Richtlinie nimmt nicht nur Gerätehersteller in die Pflicht, sondern auch Händler und Importeure, die sicherstellen müssen, dass die von ihnen verkauften Produkte der EuP-Richtlinie entsprechen. Zur Produkt-Überprüfung ist eine Messtechnik erforderlich, die Leistungen  $< 1 \text{ W}$ , unabhängig von der Form der Stromaufnahme, mit hinreichender Genauigkeit messen kann. Aufgrund der hohen Messgenauigkeit und des günstigen Preises ist das ELV EA 8000 prädestiniert für Pre-Compliance-Messung gemäß allen Verordnungen der EuP-Richtlinie (Stand-by-VO, Externe-Netzteile-VO usw.).

### Allgemeines

Mit der EuP-Richtlinie (Energy-using Products) bestehen verpflichtende Vorgaben zur umweltgerechten Produktgestaltung energiebetriebener Produkte. Bei oberflächlicher Betrachtung denkt man dabei zuerst an Hersteller und an Zulieferer von EuP-Herstellern. Ist aber der Hersteller nicht in der EU niedergelassen und gibt es in der EU keinen Bevollmächtigten, ist der Importeur bzw. der Händler in der Pflicht. Dieser hat dann sicherzustellen, dass das in Verkehr gebrachte oder in Betrieb genommene Produkt den gesetzlichen Anforderungen entspricht.

Da die meisten von der EuP-Richtlinie betroffenen Energieverbraucher (in erster Linie Stand-by-Verbraucher) nicht in der EU hergestellt werden, ist zur Überprüfung eine entsprechende Messtechnik erforderlich.

Die meisten herkömmlichen Energiemessgeräte am Markt können diese Aufgabe nicht annäherungsweise erfüllen. Diese Geräte unterscheiden zwar grundsätzlich zwischen Wirk- und Blindleistung, kommen aber mit impulsförmigen Stromaufnahmen (z. B. moderne elektronische Steckernetzgeräte oder TV-Netzteile) nicht zurecht. Häufig wird dann im Bereich

kleiner Leistungen ein erheblicher Scheinleistungsanteil als Wirkleistung gewertet und somit ein zu hoher Energieverbrauch angezeigt (z. B. bei  $0,1 \text{ W}$  tatsächlicher Leistungsaufnahme Anzeige von  $18 \text{ W}$ ).

Selbst bei sinusförmiger Stromaufnahme sind die meisten Geräte im Stecker-Steckdosen-Gehäuse zur Messung von Stand-by-Verbrauchern entsprechend der EuP-Richtlinie ab-



Bild 1: Alle zur Verfügung stehenden Segmente des EA-8000-Displays

solut nicht zu gebrauchen, denn was nützt eine entsprechende Auflösung, wenn die Genauigkeit, insbesondere an der unteren Messbereichsgrenze, nicht annäherungsweise ausreicht?

Für Messungen entsprechend der EuP-Richtlinie ist der hier vorgestellte Energy Analyzer EA 8000 nahezu prädestiniert. Natürlich hat das Gerät auch alle Funktionen und Messmöglichkeiten, die ein Stecker-Steckdosen-Gerät bietet. Neben Energiekosten-Berechnungen und Prognosen zeigt das Gerät auch den entsprechenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß zum erfassten Energieverbrauch an. Das Gerät ist in einem Labor-Tischgehäuse mit frontseitiger Steckdose untergebracht und kann Leistungsaufnahmen bis 3680 VA (230 V, 16 A) mit sehr hoher Genauigkeit erfassen. Da das Gerät für den Labortisch konzipiert ist, kann mit Hilfe eines Tasters die frontseitige Steckdose zweipolig abgeschaltet werden.

Im Fokus des EA 8000 steht die Messung von Energieverbrauchern mit geringer Leistungsaufnahme. Dazu ist ein zweiter Messbereich (bis 40 W) vorhanden, der die Messung der Leistungsaufnahme mit 1 mW (!) Auflösung bei entsprechender Genauigkeit ermöglicht.

Die Hauptaufgabe im Laborbereich ist sicherlich die genaue Erfassung von Energie-Verbrauchswerten und die Anzeige und Ermittlung von Schein-, Blind- und Wirkleistungsanteilen. Gerade wenn es um Stand-by-Verbrauchswerte geht, d. h. geringe Leistungsaufnahmen, ist das EA 8000 jedem Energie-Messgerät im Stecker-Steckdosen-Gehäuse deutlich überlegen. Das Gerät berechnet außerdem die Kosten und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß und erstellt Verbrauchs- und Kostenprognosen auf Basis der ermittelten Verbrauchswerte.

Für die Kostenberechnungen lassen sich beim EA 8000 drei verschiedene Tarife im Bereich von 0,01 Euro-Cent bis € 4,00 je kWh einstellen. Es ist werkseitig jeweils ein Preis von € 0,21 je Kilowattstunde (kWh) eingestellt. Für Kostenanalysen können dann verschiedene Verbrauchspreise je Kilowattstunde hinterlegt werden, auf deren Basis dann Hochrechnungen und Analysen möglich sind.

Bei Kostenanalysen zeigt das Gerät den über die Messzeit aufsummierten Energieverbrauch (in Wh bzw. kWh) umgerechnet in Euro (€) an, und alternativ zu den Kosten ist der über die Messzeit aufsummierte CO<sub>2</sub>-Ausstoß anzeigbar.

Neben der aktuellen Leistungsaufnahme des angeschlossenen Verbrauchers sind die Netzspannung, die Stromaufnahme und die Netzfrequenz weitere Messgrößen, die mit hoher Genauigkeit angezeigt werden können. Auch die während der Messzeit ermittelten Minimum- und Maximum-Werte werden ermittelt. Prognosen werden hochgerechnet auf den Tag, die Woche, den Monat oder das Jahr. Alle aufsummierten Messwerte können für bis zu 10 unterschiedliche Verbraucher gespeichert und später verglichen werden.

## Bedienung

Zur Bedienung des EA 8000 stehen an der Frontseite 8 Taster zur Verfügung. Mit einem Netz-Wippschalter an der Geräte-Rückseite ist das komplette Gerät ein- und auszuschalten, und über den Stand-by-Taster (unten links) besteht die Möglichkeit, den EA 8000 in den Stand-by-Modus zu schal-

## Technische Daten: EA 8000

### Messfunktionen:

Wirkleistung (W)
Blindleistung (VAR)
Scheinleistung (VA)
Energieverbrauch (Wh, kWh)
Leistungsfaktor (PF)
Spannung (V)
Strom (A)
Messzeit (Std., Min.)
Frequenz (Hz)
Min./Max-Werte
Kosten (€)
CO <sub>2</sub> -Ausstoß (g/kg CO <sub>2</sub> )
Prognosen (Tag, Woche, Monat, Jahr)

### Messbereiche:

Leistung	0–3680 W
Strom	0–16 A
Spannung	210–255 V

### Messgenauigkeit:

Wirkleistung	0,001–0,01 W, 1 % ±20 Digit
	0,01–0,1 W, 1 % ±5 Digit
	0,1–100 W, 1 % ±1 Digit
	100–3680 W, 1,5 % ±3 Digit
Strom	1 % ±1 Digit
Spannung	0,5 % ±3 Digit

### Messauflösung:

Leistung	0,001 W
Strom	0,01 mA
Spannung	0,1 V
Eigenverbrauch	1 W

Abmessungen (B x H x T)	315 x 204 x 109 mm
-------------------------	--------------------

### Besonderheiten:

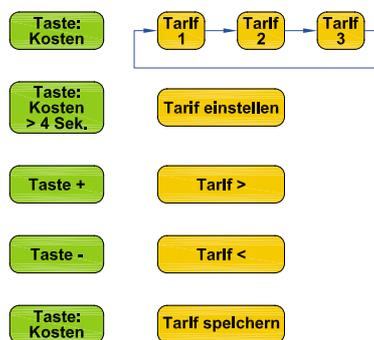
2 Leistungsmessbereiche (40 VA, 3680 VA)
2-polige Abschaltung der Netz-Steckdose
Display-Hinterleuchtung
3 verschiedene Tarife einstellbar
10 Verbraucher-Speicherplätze
Verbrauchsumrechnung in Kosten und CO <sub>2</sub> -Ausstoß

ten. Zur Signalisierung leuchtet die Power-LED (oben links) im Stand-by-Zustand weiter.

Das Ein- und Ausschalten der Netz-Steckdose erfolgt mit Hilfe des Tasters „Ausgang“, wobei im eingeschalteten Zustand die zugehörige LED (Ein) leuchtet. Im ausgeschalteten Zustand wird die Netz-Steckdose zweipolig abgeschaltet. Abbildung 1 zeigt alle zur Verfügung stehenden Segmente des großen hinterleuchteten LC-Displays, und eine übersichtliche Menüstruktur erlaubt eine einfache und übersichtliche Bedienung des Gerätes.

## Tarife einstellen

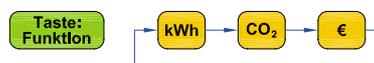
Damit der Energy Analyzer Berechnungen auf der Basis von verschiedenen Stromtarifen durchführen kann, sind diese einzustellen und unter dem gewünschten Tarif abzuspeichern. Beim EA 8000 lassen sich drei verschiedene Tarife im Bereich von 0,01 Euro-Cent bis € 4,00 einstellen. Es ist werkseitig jeweils ein Preis von € 0,21 je Kilowattstunde (kWh) hinterlegt. Zur Eingabe der Kosten je kWh ist zuerst der gewünschte Tarif mit der Taste „Kosten“ auszuwählen. Um den ausgewählten Tarif zu ändern, ist die Taste „Kosten“ länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten, bis der aktuell eingestellte Euro-Wert je Kilowattstunde erscheint. Mit Hilfe der Tasten „+“ und „-“ kann der gewünschte Cent-Betrag dann mit zwei Stellen hinter dem Komma vorgegeben werden. Mit einer kurzen Betätigung der Taste „Kosten“ wird die neue Tarifeinstellung im letzten Einstellschritt abgespeichert.



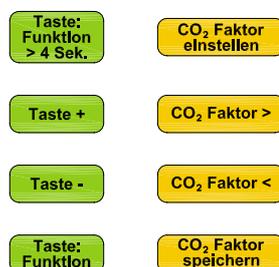
## Kohlendioxid-Ausstoß einstellen

Der Energy Analyzer EA 8000 kann ausrechnen und anzeigen, wie viel CO<sub>2</sub> aufgrund des gemessenen Stromverbrauchs ausgestoßen wurde. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß je Kilowattstunde ist je nach Energieversorger und Vertragswahl unterschiedlich. Der aktuelle Wert Gramm CO<sub>2</sub> je Kilowattstunde ist beim Energieversorger in Erfahrung zu bringen, z. B. über dessen Internetseite.

Im EA 8000 ist ein Wert von 500 g/kWh voreingestellt. Zum Einstellen eines neuen CO<sub>2</sub>-Wertes ist zuerst mit der Taste „Funktion“ die CO<sub>2</sub>-Anzeige aufzurufen.



Danach ist die Taste „Funktion“ so lange gedrückt zu halten (>4 Sek.), bis der aktuell eingestellte Wert in Gramm je Kilowattstunde im Display erscheint. Der gewünschte Wert wird danach mit den Tasten „+“ und „-“ vorgegeben, wobei ein Einstellbereich von 0 g/kWh bis 9999 g/kWh zur Verfügung steht. Das Abspeichern der neuen Einstellung erfolgt mit einem erneuten kurzen Tastendruck der Taste „Funktion“.

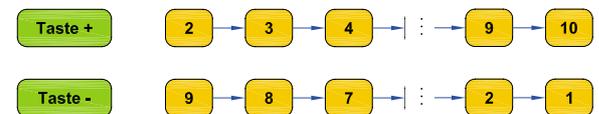


## Verbraucher (Speicherplätze)

Der EA 8000 hat insgesamt 10 Speicherplätze für unterschiedliche Verbraucher. So können z. B. zu überprüfende Geräte nacheinander gemessen und später die Verbrauchswerte und die entsprechenden Prognosen verglichen werden. Die gemessenen Daten bleiben auch nach Abschaltung des EA 8000 mit Hilfe des rückseitigen Netzschalters (Trennung vom Stromnetz) dauerhaft im Gerät gespeichert. Nach Auswahl eines Speicherplatzes werden die gemessenen Verbrauchswerte aufsummiert und auf diesem gespeichert. Der Inhalt jedes Speicherplatzes kann einzeln gelöscht werden. Nach dem Wechsel eines Verbrauchers/Speicherplatzes mit Hilfe der Tasten „-“ und „+“ wird dieser sofort im Display angezeigt, allerdings blinkt das Wort „Verbraucher“ noch für 6 Sekunden. Innerhalb dieser Zeit werden keine Daten auf diese Speicherposition geschrieben. Somit wird vermieden, dass bei Fehlbedienung die Daten eines Speicherplatzes ungewollt verändert werden. Zudem kann man so bei Prognosen verschiedene Speicherplätze miteinander vergleichen, ohne Daten zu überschreiben, vorausgesetzt der Speicherplatz wird innerhalb von 6 Sekunden erneut gewechselt.

## Verbraucher/Speicherplatz wählen/wechseln

Das Wechseln der Verbraucher/Speicherplätze wird mit den „+“- und „-“-Tasten unterhalb des Displays vorgenommen, wobei zwischen den Verbraucher-Positionen 1 bis 10 gewechselt werden kann.



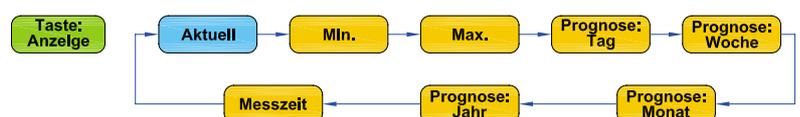
## Verbraucher-/Speicherplatz-Daten löschen

Zum Löschen der Daten eines Speicherplatzes ist mit den „+“- und „-“-Tasten zuerst der zu löschende Verbraucher/Speicherplatz auszuwählen. Mit einem langen Tastendruck der Anzeige-Taste (>4 Sek.) werden die gespeicherten Messwerte dieses Verbrauchers (Speicherplatzes) gelöscht und zur Bestätigung kurz das Speichersymbol im Display angezeigt. Gelöschte Daten sind unwiderruflich verloren und können nicht wiederhergestellt werden. Das Löschen umfasst alle Daten vom Verbrauch in Kilowattstunden über die Messzeit bis hin zu den einzelnen Messwerten Spannung, Strom, Prognose usw.



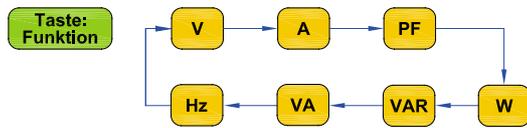
## Anzeige-Modus

Die Auswahl des Anzeige-Modus erfolgt mit Hilfe der Toggle-Taste „Anzeige“, wobei mit jeder Tastenbetätigung eine Anzeigefunktion weiter geschaltet wird. Beim EA 8000 stehen die folgenden Anzeigen zur Verfügung:



## Anzeige-Modus Aktuell, Min., Max.

Die Auswahl der Messfunktion erfolgt mit Hilfe der Toggle-Taste „Funktion“. In den Anzeige-Modi „Aktuell“, „Min.“ und „Max.“ können nacheinander die folgenden Messfunktionen aufgerufen werden:



Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes/Verbrauchers erfolgt dabei mit den Tasten „+“ und „-“.

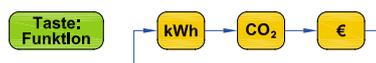
Der Modus Minimum (Min.) oder Maximum (Max.) gibt den niedrigsten bzw. höchsten gemessenen Wert während des Messzeitraums für einen Verbraucher/Speicherplatz wieder. Für die folgenden Messfunktionen werden Min./Max.-Werte ermittelt: Spannung (V), Strom (A), Leistungsfaktor (PF), Wirkleistung (W), Blindleistung (VAR) und Scheinleistung (VA).

## Anzeige-Modus Prognose

(Tag, Woche, Monat, Jahr)

Wenn auf Basis der aktuellen Verbrauchswerte Prognosen erstellt werden sollen, hochgerechnet auf den Tag, die Woche, den Monat oder das Jahr, ist die Prognose für den gewünschten Zeitraum mit der Taste „Anzeige“ auszuwählen. Auf Basis des aktuell ausgewählten Tarifs werden dann auf Basis der bisher aufsummierten Messwerte Hochrechnungen für den aktuell ausgewählten Prognose-Zeitraum erstellt. Mit der Taste „Funktion“ ist auszuwählen, ob eine entsprechende Prognose für den Energieverbrauch, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß oder die Kosten angezeigt werden soll. Die Kosten sind bis max. € 9999 anzuzeigen. Darüber hinaus erfolgt ein Überlauf mit der Anzeige „- - - - €“.

Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes/Verbrauchers erfolgt mit den Tasten „+“ und „-“.



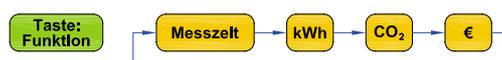
## Tarife wechseln

Die Grundlage für Prognose-Berechnungen ist immer der aktuell ausgewählte Tarif. Beim EA 8000 können drei unterschiedliche Tarife gespeichert werden, die im Prognose-Modus mit der Taste „Kosten“ als Berechnungsgrundlage aufzurufen sind.



## Anzeige-Modus Messzeit

Der Anzeige-Modus „Messzeit“ ist mit der Taste „Anzeige“ auszuwählen und es erfolgt die Anzeige des Verbrauchs für den bisher gemessenen Zeitraum. In diesem Anzeige-Modus können dann mit der Taste „Funktion“ die folgenden Anzeige-funktionen aufgerufen werden:



Neben der Messzeit in Stunden und Minuten sind der aufsummierte Energieverbrauch in Wh bzw. kWh, der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in g oder kg CO<sub>2</sub> und die über die Messzeit auf den ausgewählten Tarif bezogenen aufsummierten Kosten in Euro anzuzeigen.

Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes/Verbrauchers erfolgt auch hier mit den Tasten „+“ und „-“.

## Kostenanzeige

Je nachdem, welcher Anzeige-Modus zuvor aktiv war, springt bei einer Betätigung der Taste „Kosten“ die Anzeige zur Kostenprognose für den gewählten Prognose-Zeitraum (wenn zuvor eine Prognose dargestellt wurde) oder zu den aufsummierten Kosten der Messzeit (bei jedem anderen Modus). Durch weitere Tastenbetätigungen der Taste „Kosten“ werden die abgespeicherten Tarife durchgeschaltet und somit gewechselt.

## Alle Messdaten löschen

Die Messdaten für alle Verbraucher bzw. Speicherplätze (1–10) des EA 8000 können gleichzeitig gelöscht werden. Zum Löschen sind die Taste „Anzeige“ und die Taste „+“ gleichzeitig zu betätigen und länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten.

Taste: Anzeige und + gleichzeitig > 4 Sek.

Alle Speicherinhalte werden gelöscht

Nach 4 Sekunden werden alle gemessenen Daten des EA 8000 gelöscht, wobei die Einstellungen (z. B. Tarife) im Gerät erhalten bleiben. Zur Bestätigung erscheint kurz das Speichersymbol im Display.

Gelöschte Daten gehen unwiderruflich verloren und lassen sich nicht wiederherstellen.

## Werkseinstellungen wiederherstellen

Die Werkseinstellungen des Gerätes können wiederhergestellt werden. Dabei werden alle gespeicherten Daten gelöscht und auch die vorgenommenen Einstellungen zurückgesetzt.

Zum Zurücksetzen in den Auslieferungszustand sind die Tasten „Funktion“, „Kosten“ und „Anzeige“ gleichzeitig zu betätigen und länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten.

Danach erscheint als Sicherheitsabfrage „- - - -“ im Display. Zum endgültigen Zurücksetzen in den Auslieferungszustand sind erneut die drei Tasten (Anzeige, Kosten, Funktion) gleichzeitig zu betätigen und länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten.

Nach 30 Sekunden wird der Reset-Modus automatisch verlassen. Zum sofortigen Verlassen kann auch die Taste „+“ oder „-“ betätigt werden.

Die gelöschten Daten gehen unwiderruflich verloren und lassen sich nicht wiederherstellen.

Taste: Anzeige, Kosten und Funktion gleichzeitig > 4 Sek.

Displayanzeige: - - - -

Taste: Anzeige, Kosten und Funktion gleichzeitig > 4 Sek.

Alle Speicherinhalte und Einstellungen werden gelöscht



nur 40 ppm/°C Drift und eine digitale Temperaturkompensation sind chipintern vorhanden. Die Komplexität des verwendeten Bausteins wird anhand der internen Stufen deutlich, die im Blockschaltbild des 71M6521DE in Abbildung 2 dargestellt sind. Bei der weiteren Beschreibung gehen wir nicht auf jede interne Stufe ein, sondern auf die wesentlichen Leistungsmerkmale des Bausteins.

Neben einem 8-Bit-Mikrocontroller für alle Steueraufgaben ist zusätzlich eine 32-Bit-Recheneinheit für die internen Leistungsberechnungen vorhanden. Erst dadurch kann in Verbindung mit dem internen 22-Bit-A/D-Wandler eine schnelle Berechnung der im Vier-Quadranten-Messverfahren ermittelten komplexen Leistungsaufnahmen bei unterschiedlichen Lastbedingungen erfolgen. Die ermittelten Messwerte werden für die Berechnungen zwischengespeichert.

Für den Programmcode sind 16 KB Flash-Speicher integriert, des Weiteren stehen chipintern 2 KB RAM zur Verfügung. Über einen integrierten Display-Controller kann der Baustein direkt ein LC-Display mit bis zu 152 Segmenten ansteuern, so dass keine weitere aktive Elektronik zur Realisierung eines Energie-Messgerätes erforderlich ist.

Selbst eine „real-time clock“ ist chipintern vorhanden und ermöglicht dadurch auf Zeit basierende Berechnungen und Anzeigefunktionen.

Eine auf Temperatur getrimmte ultragenauere Spannungsreferenz liefert die Referenz für alle Messwerte, wobei eine zusätzliche „on chip“-Temperaturkompensation den unerwünschten Einfluss von Umgebungstemperatur-Schwankungen eliminiert.

Der integrierte Mikrocontroller für alle Steueraufgaben ist 8051-kompatibel.

Je nach Baustein-Variante (DE/FE) stehen intern 16-KByte- oder 32-KByte-Flash-Speicher zur Verfügung.

## Schaltung

Nachdem das Blockschaltbild einen Überblick über den Leistungsumfang der im EA 8000 verwendeten Kernkomponente verschafft hat, kommen wir nun zur detaillierten Schaltungsbeschreibung. Das Gesamtschaltbild des EA 8000 ist entsprechend der im Gerät verwendeten Leiterplatten in 2 Teilschaltbilder aufgeteilt. Während in Abbildung 3 das Hauptschaltbild mit dem komplexen „Power-Meter-IC“ und zugehöriger Peripherie dargestellt ist, zeigt Abbildung 4 die auf der Frontplatte untergebrachten Komponenten zur Anzeige und Bedienung des Gerätes.

Betrachten wir zuerst das Hauptschaltbild in Abbildung 3, wo die Netz-Wechselspannung an der Schraubklemme KL 1 zugeführt wird. Die an der Frontseite des Gerätes vorhandene Netz-Steckdose ist an die Schraubklemme KL 2 angeschlossen und über die Anschlussklemme KL 3 wird der Schutzleiter mit der Steckdose und der Metall-Frontplatte des Gehäuses verbunden.

Doch nun weiter zur Schaltung. Der Bezugspunkt für alle Messungen ist der Neutralleiteranschluss am gemeinsamen Anschluss der Shunt-Widerstände R 1 und R 2. Schaltungstechnisch liegt dieser Bezugspunkt auf +3,3 V.

Wenn der Ausgang über den frontseitigen Taster deaktiviert

**Wichtiger Hinweis!** Innerhalb des gesamten Gerätes ist keine Netztrennung vorhanden, d. h. alle Bauteile können in Abhängigkeit von der Polarität des Netzsteckers auf Netz-Potential liegen, auch wenn das Gerät über den Netzschalter S 1 an der Geräterückseite komplett abgeschaltet wurde. Bei geöffnetem Gehäuse darf das Gerät grundsätzlich nicht mit dem Netz verbunden werden!

wurde, ist kein Relais (REL 1 bis REL 3) angezogen und die Netz-Steckdose komplett „spannungsfrei“.

Im Betriebszustand ist REL 3 geschlossen und je nach Messbereich zusätzlich REL 1 oder REL 2. Wenn im Messbereich für kleine Leistungen eine große Last angeschlossen wird, dienen die beiden antiparallel geschalteten Schottky-Dioden D 5 und D 6 zum Schutz des Shunts R 1, indem der maximale Spannungsabfall auf ca. 500 mV begrenzt wird. Dadurch bleibt ausreichend Zeit zum automatischen Messbereichswechsel.

Bei sehr genauen Messungen im Netzspannungsbereich hat man grundsätzlich mit Störungen zu „kämpfen“, die dem Netz überlagert sind. Entsprechend aufwändig und umfangreich sind die erforderlichen Entstörmaßnahmen und Filter, und auch hinsichtlich EMV sind mehr Maßnahmen erforderlich als bei vielen anderen Schaltungen. Hochfrequente Störeinflüsse werden insbesondere durch „Staffelblockungen“ an den entsprechenden Versorgungsanschlüssen verhindert.

Wie bereits erwähnt, werden die dem Strom proportionalen Spannungsabfälle an den Shunt-Widerständen R 1 und R 2 auf unterschiedliche Multiplexer-Eingänge des A/D-Wandlers geführt, wobei die hohe Anforderung besteht, Spannungsabfälle im  $\mu\text{V}$ -Bereich zu messen.

Im Messbereich für große Leistungen gelangt der dem Strom proportionale Spannungsabfall an R 2 über den SMD-Ferrit L 3 und R 5 auf den Strom-Messeingang IA des in IC 2 integrierten A/D-Wandlers, und im Messbereich bis 40 W wird der an R 1 entstehende Spannungsabfall über L 4 und R 6 auf den Eingang IB geführt. Die Kondensatoren C 12 bis C 15 dienen in Verbindung mit den Widerständen R 5 und R 6 zur Filterung und alle weiteren Kondensatoren in diesem Bereich zur hochfrequenten Störunterdrückung.

Zur Messung der Netz-Wechselspannung wird die Spannung mit einem mit R 7 bis R 10 aufgebauten Spannungsteiler heruntergeteilt. Danach gelangt die am Spannungsabgriff liegende Netzspannung auf die Eingänge VA und VB des Bausteins. Die Kondensatoren C 6, C 7 und C 18 verhindern hochfrequente Störeinflüsse.

Die Netz-Wechselspannung gelangt über den SMD-Ferrit L 1 und die SMD-Spule L 2 sowie die Sicherung SI 1 zusätzlich auf die Primärwicklung des Netztransformators TR 1. Sekundärseitig speist der Transformator die zu einem Brückengleichrichter verschalteten Dioden D 1 bis D 4 und die gleichgerichtete unstabilierte Spannung gelangt dann auf den Elko C 19 zur ersten Pufferung sowie den Eingang des Spannungsreglers IC 1. Zur Versorgung des „Power-Meter-ICs“ und aller weiteren Stufen liefert der Ausgang des Spannungsreglers stabilisiert 3,3 V. Schwingneigungen des Reglers werden mit C 22 unterdrückt und die Kondensatoren C 20, C 21, C 23 und C 24 dienen zur HF-Abblockung.

Die stabilisierte Spannung wird IC 2 direkt an Pin 9 und Pin 46 zugeführt. Direkt an den Versorgungspins verhindern Staffblockungen (C 25 bis C 29) hochfrequente Störeinflüsse. Über einen chipinternen Schalter gelangt die Spannung zu Pin 7 des Bausteins, wobei hier die Kondensatoren C 30 bis C 33 zur Blockung dienen. Die Versorgungsspannung des Bausteins wird ständig über den mit R 19 und R 21 aufgebauten Spannungsteiler überwacht (interner „Power-Fault-Circuit“). Der chipinterne Taktoszillator des 71M6521 ist extern mit dem Quarz Q 1 und den Kondensatoren C 44, C 45 beschaltet. Über den Steckverbinder PV 1 wird das auf der Frontplatte untergebrachte LC-Display direkt von IC 2 über 4 COM- und 39 Segmentleitungen angesteuert.

Ein externes EEPROM, angeschlossen an Pin 37 und Pin 38, kommuniziert über den I<sup>2</sup>C-Bus mit dem „Power-Meter-IC“, wobei die Widerstände R 28 und R 29 als Pull-ups dienen. Des Weiteren wird der I<sup>2</sup>C-Bus zum Steckverbinder PV 2 geführt, um hierüber mit dem auf der Frontplatte untergebrachten Port-Expander zur Tastenabfrage zu kommunizieren.

Die Leistungsrelais REL 1 bis REL 3 werden mit der ungestabilisierten Gleichspannung versorgt und über die FETs T 1 bis T 3 geschaltet. Diese Feldeffekt-Transistoren werden wiederum von IC 2, Pin 41 bis Pin 43 angesteuert. Zur Ansteuerung der entsprechenden LEDs sind die Drainanschlüsse der FETs auch zum Steckverbinder PV 2 geführt.

Pin 57 des „Power-Meter-ICs“ (LCD) steuert die Display-Hinterleuchtung.

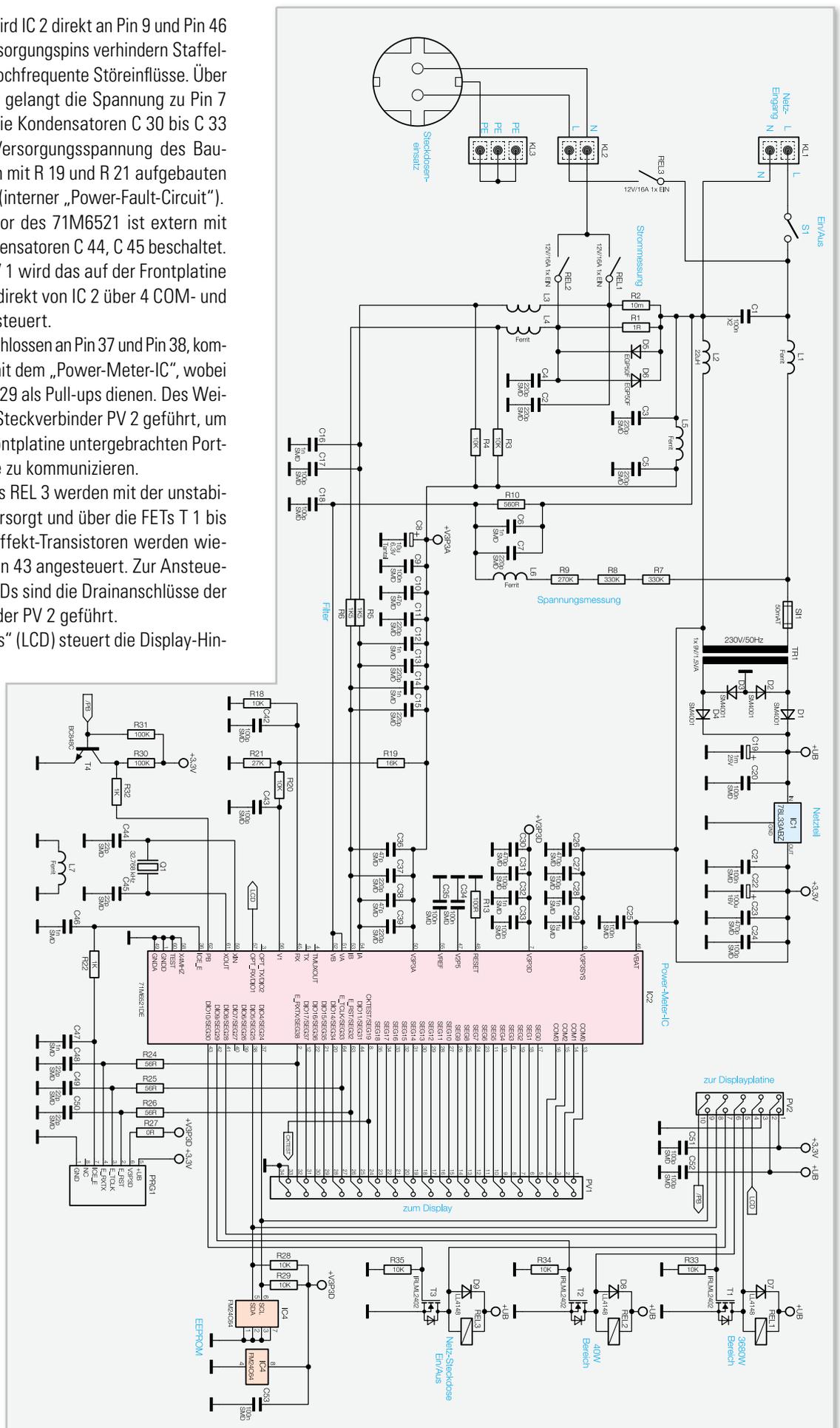


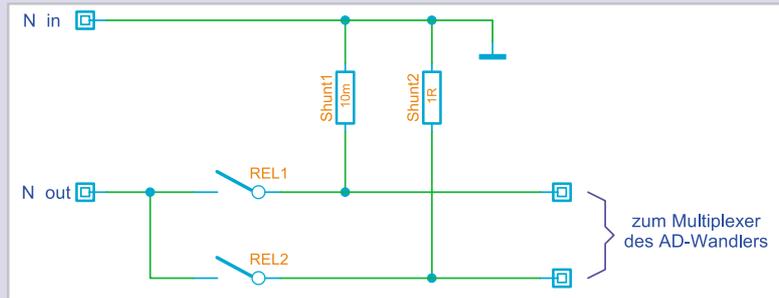
Bild 3: Hauptschaltbild des EA 8000

## Elektronikwissen – Messbereichsumschaltung im EA 8000

Damit der Energy Analyzer EA 8000 auch den Energieverbrauch von Verbrauchern mit sehr geringer Leistungsaufnahme (z. B. Stand-by-Geräte) mit entsprechender Genauigkeit messen kann, verfügt das Gerät über 2 Messbereiche. Die Messbereichsumschaltung erfolgt mit Hilfe von Leistungsrelais, wobei unbedingt zwei wichtige Forderungen zu erfüllen sind:

- Der Last-Stromkreis darf während der Bereichsumschaltung nicht unterbrochen werden.
  - Grundsätzlich vorhandene Übergangswiderstände an Relaiskontakten dürfen das Messergebnis nicht beeinflussen.
- Mit der abgebildeten Schaltung werden beide Anforderungen erfüllt:

Ausgehend vom Messbereich für hohe Leistungen (Relais 1 geschlossen) wird der Spannungsabfall an Shunt 1 erfasst und auf einen Multiplexereingang des 22-Bit-A/D-Wandlers gegeben. Die Spannung wird direkt am Shunt (gegenüber Schaltungsmasse) gemessen und Übergangswiderstände an den Relaiskontakten (die sich mit der Zeit durch Alterung noch verändern) können das Messergebnis nicht verfälschen.



Zur Umschaltung in den Messbereich für kleine Leistungen wird zuerst Relais 2 zusätzlich geschlossen und erst danach Relais 1 geöffnet. Für eine kurze Übergangszeit liegen somit beide Shunts parallel. Der Spannungsabfall an Shunt 2 wird unabhängig vom Spannungsabfall an Shunt 1 gemessen und auf einen getrennten A/D-Wandler-Eingang geführt. Beim Messbereichswechsel in umgekehrter Richtung schließen für eine Übergangszeit wieder beide Relais (beide Shunts liegen wieder parallel) und danach öffnet dann Relais 2. Durch diese Schaltungsmaßnahme kommt es während des Umschaltvorgangs nicht zur Unterbrechung des Laststromkreises.

Die auf der Frontplatte untergebrachten Anzeigeelemente und Komponenten zur Bedienung des EA 8000 sind in Abbildung 4 zu sehen. Der Steckverbinder PV 100 verbindet direkt die COM- und Segmentleitungen des Displays mit den zugehörigen Port-Pins von IC 2.

Der Port-Expander-Baustein IC 100 dient, wie bereits erwähnt, zur Tastenabfrage. Die 8 frontseitigen Bedientasten sind ohne weitere Beschaltung am Baustein angeschlossen. Über den I<sup>2</sup>C-Bus und einem Interrupt-Ausgang ist der Expander (IC 100) letztendlich mit IC 2 auf der Basisplatte verbunden.

Die über R 101 bis R 103 mit Spannung versorgten Leuchtdioden zur Anzeige des aktiven Ausgangs und des Messbereichs sind über den Steckverbinder PV 101 mit den entsprechenden Drain-Anschlüssen der Feldeffekt-Transistoren zur jeweiligen Relais-Aktivierung verbunden.

Der von IC 2, Pin 57 auf der Basisplatte gesteuerte Transistor T 100 arbeitet aufgrund der Strom-Gegenkopplung am Emitter-Widerstand R 107 als einfache Stromquelle. Im Kollektorkreis dieses Transistors befinden sich die Leuchtdioden zur Display-Hinterleuchtung.

Im dritten Teil des Artikels („ELVjournal“ 4/2010) erfolgt die detaillierte Beschreibung des praktischen Aufbaus dieses außergewöhnlichen Energie-Messgerätes.

**ELV**

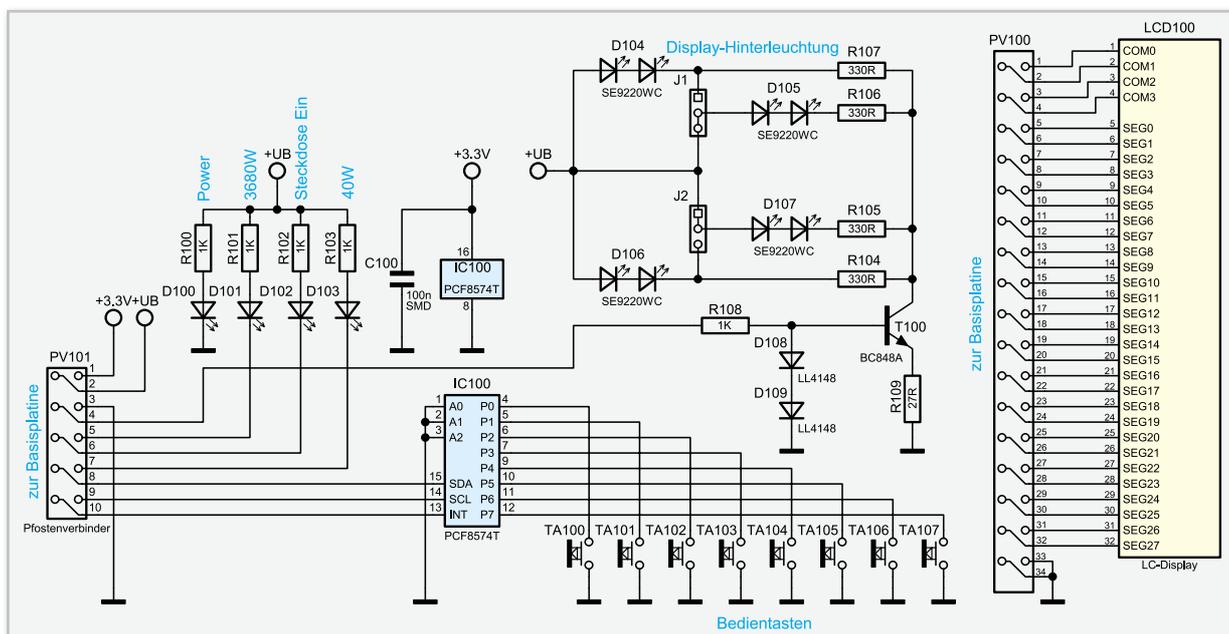


Bild 4: Bedien- und Anzeigeelemente des EA 8000