

Präzise Verbrauchsmessung
von 0,1 bis 3680 W



Jetzt auch für Waschmaschinen, Trockner, Heizkessel etc.



Teil 1

Energy Master Expert

Der Energy Master Expert I ermöglicht sehr präzise Energie-Verbrauchsmessungen bei Geräten mit fester Verkabelung, und der funktionell und technisch identische Energy Master Expert II mit abgesetzter Stecker-Steckdosen-Einheit ermöglicht Messungen an Steckdosen, an denen eine Bedienung und Ablesung schwierig ist.

Kurzbezeichnung:

Energy Master Expert I:	EM-ES-Dis-WP-BS-R1
Energy Master Expert II:	EM-ES-Dis-WPPL-BS-R1

Einsatz:

Energy Master Expert I:	für feste Installation
Energy Master Expert II:	für Installationen mit abgesetzter Stecker-Steckdosen-Einheit

Messfunktionen:

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

Messbereiche:

Leistung:	0–3680 W
Strom:	0–16 A
Spannung:	200–255 V

Messgenauigkeit:

Leistung:	0,1–10 W	1,0 %, ±1 Digit
	10–100 W	1,0 %, ±1 Digit
	100–3680 W	1,5 %, ±3 Digit
Strom:		1,0 %, ±1 Digit
Spannung:		0,5 %, ±3 Digit

Messauflösung:

Leistung:	0,1 W
Strom:	1 mA
Spannung:	0,1 V

Besonderheiten:

3 verschiedene Tarife einstellbar	
Display-Hinterleuchtung	
Eigenverbrauch:	<0,3 W
Leistungsaufnahme:	3680 W max.
Schutzart:	IP20
Umgebungstemperatur:	0 °C bis 40 °C
Stromaufnahme:	16 A max.
Netzschalter:	schaltet Gerät und Verbraucher
Versorgungsspannung:	230 V/50 Hz

Weiteres:

Abmessungen (B x H x T):	134 x 68 x 42 mm
Gewicht:	320 g (ohne Stecker-Steckdosen-Einheit)

Allgemeines

Mit dem Energy Master Expert steht nun auch für feste Verkabelung oder an schwer zugänglichen Steckdosen (z. B. hinter einer Waschmaschine) eine Energie-Verbrauchsüberwachung mit höchster Genauigkeit zur Verfügung. Das Gerät kann in eine feste oder flexible Hausinstallation einfach integriert werden, wobei das Anzeigegerät nach eigenen Wünschen bedienerfreundlich platzierbar ist.

Das Gerät basiert auf dem Energy Master im Stecker-Steckdosen-Gehäuse und ist in zwei unterschiedlichen Ausführungen lieferbar. Die Version für feste Verkabelung (Energy Master Expert I) ist zur Verbrauchsüberwachung bei Geräten vorgesehen, die fest an das 230-V-Wechselspannungsnetz angeschlossen sind (z. B. Heizkessel). Die zweite Variante (Energy Master Expert II) verfügt über eine abgesetzte Stecker-Steckdosen-Einheit und bietet die Möglichkeit, das Anzeigegerät abgesetzt von der Steckdose zu positionieren. Das bietet erhebliche Vorteile bei der Überwachung von Geräten, deren Steckdose schwer zugänglich ist, oder wenn das Energie-Messgerät im angeschlossenen Zustand nicht mehr abgelesen und bedient werden kann. Für den dauerhaften Einsatz kann das Messgerät mit Hilfe einer Montageplatte an die Wand geschraubt werden, wobei aber auch jederzeit die Möglichkeit besteht, das Gerät von der Montageplatte abzuziehen.

Energie-Messgeräte gibt es viele am Markt, jedoch kaum mit der hohen Genauigkeit des Energy Master Expert. Das Gerät verfügt über eine außergewöhnlich hohe Genauigkeit über den gesamten Messbereich und kann auch im Bereich geringer Leistungsaufnahmen entsprechend genau messen. Die wirklichen „Energiefresser“ im Haushalt sind besonders die Stand-by-Verbraucher und Geräte mit geringer Leistungsaufnahme über einen langen Zeitraum und nur kurze Phasen mit hohem Verbrauch.

Billige Energie-Messgeräte unterscheiden zwar grundsätzlich zwischen Wirk- und Blindleistung, kommen aber nicht zurecht mit impulsförmigen Stromaufnahmen (z. B. moderne elektronische Steckernetzgeräte oder TV-Netzteile). Häufig wird dann im Bereich kleiner Leistungen ein erheblicher Scheinleistungsanteil als Wirkleistung gewertet und somit ein zu hoher Energieverbrauch angezeigt. Extreme Abweichungen von der tatsächlichen Leistungsaufnahme sind dann die Folge (z. B. bei 0,1 W tatsächlicher Leistungsaufnahme eine Anzeige von 15 W).

Aufgrund der steigenden gesetzlichen Anforderungen bezüglich des Energieverbrauchs wird die Anzahl der Geräte mit impulsförmigen Stromaufnahmen im Haushalt immer weiter steigen und die Einsatzmöglichkeiten für einfache Energie-Messgeräte immer geringer.

Da auch die einfachsten Geräte meistens eine Auflösung von 0,1 W bieten, darf man Auflösung nicht mit Messgenauigkeit verwechseln. Was nützt eine entsprechende Auflösung, wenn die Genauigkeit, insbesondere an der unteren Messbereichsgrenze, nicht annäherungsweise ausreicht?

Für die Kostenberechnungen lassen sich beim Energy Master 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, und für Kostenanalysen können 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 CO₂-Ausstoß anzeigbar.

Auch in puncto Eigenverbrauch setzt der Energy Master mit <0,3 W Maßstäbe, während einige Geräte am Markt eher einen zusätzlichen „Energiefresser“ darstellen. Gerade bei der festen Installation ist dies ein wichtiges Argument. Mit Hilfe eines seitlich vorhandenen Netzschalters kann das Gerät jederzeit komplett ein- und ausgeschaltet werden.

Neben der Messgenauigkeit bietet der Energy Master sehr umfangreiche Funktionen und Messmöglichkeiten wie Energiekosten-Berechnungen und Prognosen, Datensicherung bei Netzausfall und die Möglichkeit, den entsprechenden CO₂-Ausstoß zum erfassten Energieverbrauch anzuzeigen.

Folgende Messmöglichkeiten stehen grundsätzlich zur Verfügung:

- Wirkleistung (W)
- Blindleistung (VAR)
- Scheinleistung (VA)
- Energieverbrauch (Wh, kWh)
- Leistungsfaktor (PF)
- Spannung (V)
- Strom (A)
- Messzeit (h, min)
- Frequenz (Hz)
- Kosten (€)
- CO₂-Ausstoß (g/kg CO₂)

Für die nachfolgenden Zeiträume können Prognosen erstellt werden:

- Tag, Woche, Monat, Jahr
- Anzeige von Min.-/Max.-Werten für: Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung, Frequenz, Spannung, Strom, Leistungsfaktor

Über Symboltasten erfolgt eine sehr einfache und übersichtliche Bedienung des Gerätes, und ein beleuchtetes Display rundet den Funktionsumfang ab.

Bedienung

Damit der Energy Master Berechnungen auf der Basis von verschiedenen Stromtarifen durchführen kann, sind diese einzustellen und unter dem gewünschten Tarif (1 bis 3) abzuspeichern. Meistens wird jedoch nur ein Tarif benötigt, wobei der Einstellbereich von 0,01 Euro-Cent bis € 4,00 zur Verfügung steht. Werkseitig ist jeweils ein Preis von € 0,21 je Kilowattstunde (kWh) hinterlegt. Zur Eingabe der Kosten je kWh ist im ersten Schritt der gewünschte Tarif (1 bis 3) mit der Taste  auszuwählen.

Um den ausgewählten Tarif zu ändern, ist die Taste  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 wird die neue Tarifeinstellung im letzten Einstellschritt abgespeichert.

Kohlendioxid-Ausstoß einstellen

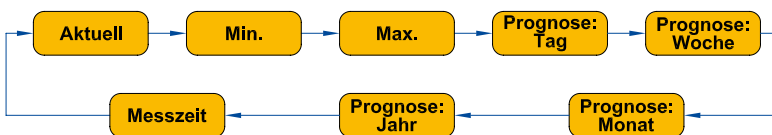
Der Energy Master kann ausrechnen und anzeigen, wie viel CO₂ aufgrund des gemessenen Stromverbrauchs ausgestoßen wurde. Der CO₂-Ausstoß je Kilowattstunde ist je nach Energieversorger und Vertragswahl unterschiedlich. Der aktuelle Wert in Gramm CO₂ je Kilowattstunde ist beim Energieversorger in Erfahrung zu bringen, z. B. über dessen Internetseite.

Voreingestellt ist ein Wert von 500 g/kWh, und zum Einstellen eines neuen CO₂-Wertes ist zuerst mit der Taste die CO₂-Anzeige aufzurufen.

Danach ist die Taste so lange gedrückt zu halten (>4 s), 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 .

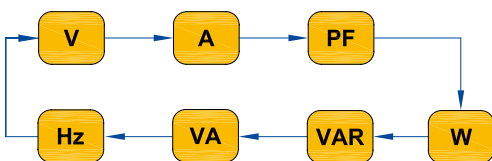
Anzeige-Modus

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



Anzeige-Modus „Aktuell“, „Min.“, „Max.“

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



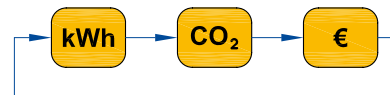
Der Modus Minimum (Min.) oder Maximum (Max.) gibt den niedrigsten bzw. höchsten gemessenen Wert während des Messzeitraums für einen Verbraucher wieder. Für die folgenden Messfunktionen werden Min.-/Max.-Werte ermittelt:

- Spannung (V)
- Strom (A)
- Leistungsfaktor (PF)
- Frequenz (Hz)
- Wirkleistung (W)
- Blindleistung (VAR)
- 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 auszuwählen. Unter Berücksichtigung des aktuell ausgewählten Tarifs werden dann auf Basis der bisher aufsummierten Messwerte Hochrechnungen für den aktuell ausgewählten Prognose-Zeitraum erstellt. Mit der Taste ist auszuwählen, ob eine entsprechende Prognose für den Energieverbrauch,

den CO₂-Ausstoß oder die Kosten angezeigt werden soll. Die Kosten sind bis max. € 9999,- anzuzeigen. Darüber hinaus erfolgt ein Überlauf mit der Anzeige „- - - -“.



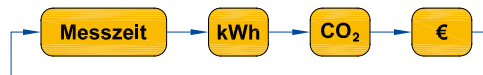
Tarife wechseln

Die Grundlage für Prognose-Berechnungen ist immer der aktuell ausgewählte Tarif. Wie eingangs beschrieben, können drei unterschiedliche Tarife gespeichert werden, die im Prognose-Modus mit der Taste als Berechnungsgrundlage aufzurufen sind.



Anzeige-Modus „Messzeit“

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



Neben der Messzeit in Stunden und Minuten sind der aufsummierte Energieverbrauch in Wh bzw. kWh, der CO₂-Ausstoß in g oder kg CO₂ und die über die Messzeit auf den ausgewählten Tarif bezogenen aufsummierten Kosten in Euro anzuzeigen.

Kostenanzeige

Je nachdem, welcher Anzeige-Modus zuvor aktiv war, springt bei einer Betätigung der Taste 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 werden die abgespeicherten Tarife durchgeschaltet und somit gewechselt.

Alle Messdaten löschen

Zum Löschen der Messdaten des Energy Master Expert sind die Taste und die Taste gleichzeitig zu betätigen und länger als 4 Sekunden gedrückt zu halten.

Nach 4 Sekunden werden alle gemessenen Daten des Gerätes 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.

Beleuchtetes und übersichtliches Display:



Aktuelle Leistungsaufnahme in Watt

Jahresausstoßmenge in kg CO₂

Kostenprognose pro Tag in Euro



Jahresverbrauchsprognose in kWh

Zum Zurücksetzen in den Auslieferungszustand sind die Tasten und 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 (, ,) 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.

Das vereinfachte Blockschaltbild (Bild 1) verschafft einen grundsätzlichen Überblick über die Funktionsweise des Energy Master Expert, wobei der Neutralleiter-Anschluss der Netzspannungsversorgung der Bezugspunkt für alle Messungen ist. Über einen Spannungsteiler wird die Netzspannung erfasst und der Stromshunt liefert einen zum Laststrom proportionalen Spannungsabfall. Bezogen auf den Bezugspunkt gelangen die Messgrößen direkt zum sehr komplexen Power-Meter-IC. Hier sind auch die Bedienelemente, das Display und ein externer Speicher angeschlossen. Die Versorgungsspannung der Schaltung liefert ein integriertes Schaltnetzteil, welches direkt, ohne galvanische Trennung, aus dem Wechselspannungsnetz versorgt wird. Über einen einpoligen Netzschalter können sowohl das Gerät als auch die angeschlossene Last abgeschaltet werden.

Messwerterfassung

Zur Messwerterfassung und Auswertung kommt beim Energy Master Expert ein Energie-Messchip (ASIC) zum Einsatz, der für den Einsatz in elektronischen Haushaltszählern (Smart Meter) konzipiert wurde und somit über eine sehr hohe Genauigkeit verfügt. Für die Messwerterfassung von Strom und Spannung ist ein 22-Bit-Delta-Sigma-ADC integriert, der über einen Eingangsmultiplexer die entsprechenden Eingangsgrößen erfasst. Ins-



Finden Sie Energiefresser und sparen Sie!

gesamt können über den Multiplexer 4 voneinander unabhängige externe Eingangsgrößen abgefragt werden, wovon in unserem Fall aber nur zwei erforderlich sind (die Erfassung der Netzspannung und eines zum Laststrom proportionalen Spannungsabfalls am Strom-Shunt). Des Weiteren wird die Temperatur über diesen Eingangsmultiplexer erfasst.

Die hohe Auflösung und Genauigkeit des ADCs (22 Bit) stellt natürlich auch entsprechende Anforderungen an das Leiterplattendesign und die Signalführung vom Mess-Shunt zum Eingangsmultiplexer des A/D-Wandlers. Die über den gesamten Leistungsbereich von 0,1 W bis 3680 W am Strom-Shunt zu erfassenden Spannungsabfälle liegen zwischen 4,35 μ V und 160 mV.

Schaltung

Entsprechend der im Gerät vorhandenen Leiterplatten ist das Gesamtschaltbild des Anzeigeapparates in zwei Teilschaltbilder (Bild 2 und 3) aufgeteilt und das dritte Schaltbild (Bild 4) zeigt die einfache Verschaltung der Stecker-Steckdosen-Einheit.

Die Erfassung der Messwerte (Netzspannung und Laststrom) ist zusammen mit einem effizienten Schaltnetzteil in Bild 2 zu sehen, und Bild 3 zeigt das komplexe „Power-Meter-IC“ mit zugehöriger Peripherie, die Bedienelemente und das LC-Display.

Betrachten wir zuerst die Messwerterfassung und Spannungsversorgung in Bild 2, wo die 230-V-Netz-Wechselspannung über ST1 und ST3 (Stecker der Stecker-Steckdosen-Einheit beim Energy Master Expert II) zugeführt wird. Zum besseren Verständnis sind die Netzanschlüsse zwar mit Leiter (L) und Neutralleiter (N) beschriftet, wobei die tatsächliche Polarität aber keine Rolle spielt. Um für die Beschreibung eine eindeutige Zuordnung zu erhalten, gehen wir von der im Schaltbild angegebenen Polarität aus. Der Neutralleiteranschluss des 230-V-Wechselstromnetzes ist direkt mit dem entsprechenden Neutralleiteranschluss des Verbrauchers verbunden und in der Leitung des Leiters befindet sich der Stromshunt R4. Der Be-

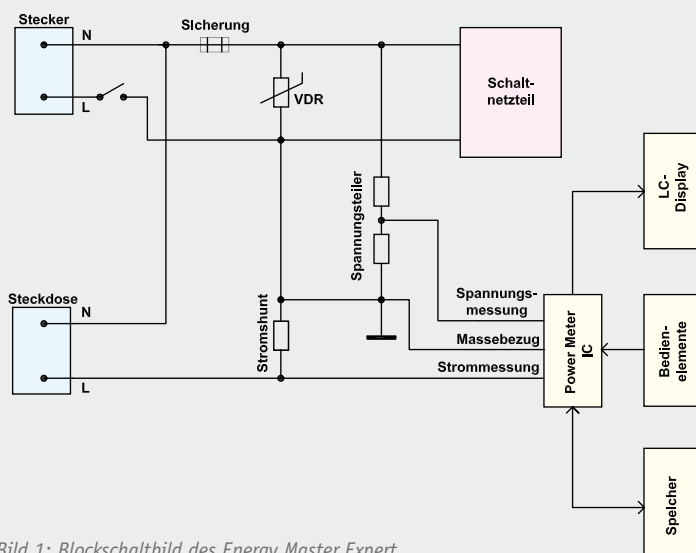


Bild 1: Blockschaltbild des Energy Master Expert

zugspunkt für alle Messungen innerhalb der Schaltung ist der Leiteranschluss am Shunt-Widerstand R4 und an der Entstördrossel L2. Schaltungstechnisch liegt dieser Bezugspunkt auf +3,3 V gegenüber Schaltungsmasse und aufgrund dieses vom Energie-Messchip vorgegebenen Schaltungskonzeptes wirkt das Schaltbild zunächst etwas unübersichtlich.

Zur Spannungsversorgung der Schaltung, die im oberen Bereich des Schaltbildes dargestellt ist, gelangt die Netz-Wechselspannung über die Sicherung SI1, den SMD-Ferrit L1, die SMD-Spule L2 sowie den Sicherungswiderstand R1 auf die mit D1 und C2, C3 aufgebaute Einweg-Gleichrichtung, wobei die Spule L3 zur weiteren Entstörung dient. Die gleichgerichtete Netzspannung gelangt dann auf den mit IC1 realisierten hocheffizienten Schaltregler, der zusammen mit der Speicherdrossel L4 und der weiteren externen Beschaltung eine negative Ausgangsspannung an C4 erzeugt. D2 dient am Ausgang zur Einweg-Gleichrichtung und C4 zur Pufferung der negativen Versorgungsspannung (-UB) in Höhe von ca. 10 V.

Zur Versorgung des Power-Meter-ICs und aller weiteren Stufen liefert der Ausgang des sehr präzisen Negativ-Spannungsreglers (IC2) stabilisiert -3,3 V, wobei der Ausgang in dieser etwas ungewöhnlichen Schaltung Massepotential entspricht. Am Ausgang dient C17 zur Pufferung und C18 zur hochfrequenten Störunterdrückung. Über den Steckverbinder ST4 gelangt die vom Netzteil gelieferte Spannung zum Power-Meter-IC in [Bild 3](#).

Direkt an den Versorgungspins von IC3 in **Bild 3** verhindern Staffelnblockungen (C27 bis C29) hochfrequente Störeinflüsse, wobei über einen chipinternen Schalter entweder die an Pin 9 anliegende Spannung

oder die an Pin 46 anliegende Spannung zum eigentlichen Versorgungspin (Pin 7) des Bausteins durchgeschaltet wird. In unserem Gerät handelt es sich in beiden Fällen um die gleiche Spannung. An Pin 7 erfolgt eine weitere Blockung mit C30 und C31. Die Versorgungsspannung des Bausteins wird ständig über den mit R14 und R16 aufgebauten Spannungsteiler überwacht (interner „Power-Fault-Circuit“).

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 zum einen durch „Staffelblockungen“ an den entsprechenden Versorgungsanschlüssen verhindert und zum anderen durch Filter-Maßnahmen im Bereich der Messeingänge in [Bild 2](#).

Für die Strommessung wird der dem Strom proportionale Spannungsabfall am Shunt-Widerstand R4 auf den Multiplexer-Eingang des A/D-Wandlers geführt, wobei Spannungsabfälle im μV -Bereich zu messen sind. Über den SMD-Ferrit L7 gelangt die Spannung dann auf den Strom-Mess-eingang IA des in IC2 integrierten A/D-Wandlers. Die Kondensatoren C22 bis C24, C39, C40 dienen in Verbindung mit den Widerständen R11 und R13 zur Filterung.

Zur Messung der Netz-Wechselspannung wird die Spannung mit einem mit R5 bis R7 und R10 aufgebauten Spannungsteiler heruntergeteilt. Danach gelangt die am Spannungsabgriff liegende Netzspannung auf die Eingänge VA und VB des Bausteins. Die Kondensatoren C20 und C21 verhindern hier hochfrequente Störeinflüsse.

Der chipinterne Taktoszillator des 71M6521 (IC3) ist extern mit dem Quarz Q1 und den Kondensatoren C42, C43 beschaltet. Das LC-Display wird direkt von IC3 über 4 COM- und 28 Segmentleitungen angesteuert.

Ein externes EEPROM, angeschlossen an Pin 37 und Pin 38, kommuniziert über den I²C-Bus mit dem Power-Meter-IC, wobei die Widerstände R33 und R34 als Pull-ups dienen.

Die 5 Bedientaster des Gerätes sind direkt an Pin 39 bis Pin 43 von IC3 angeschlossen, wobei die Widerstände R35 bis R39 als Pull-downs dienen.

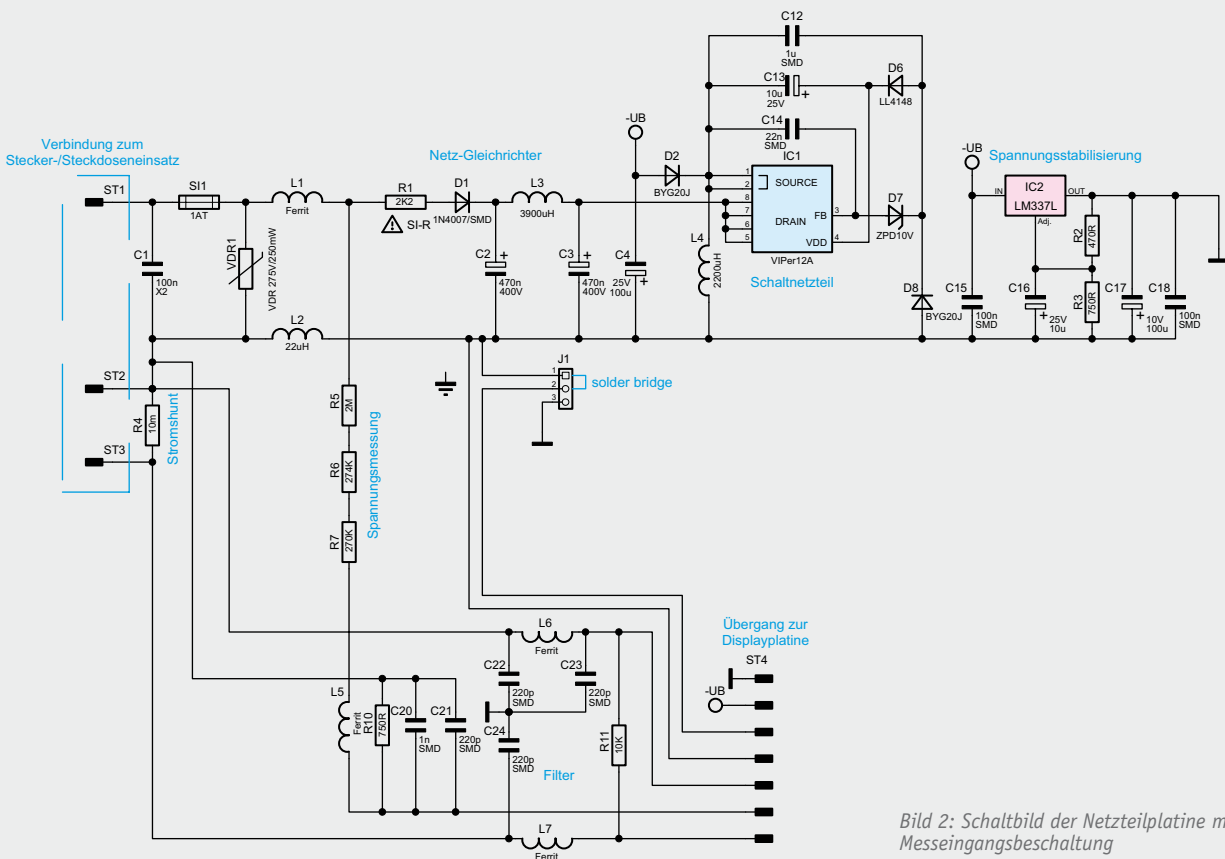


Bild 2: Schaltbild der Netzteilplatine mit Messeingangsbeschaltung

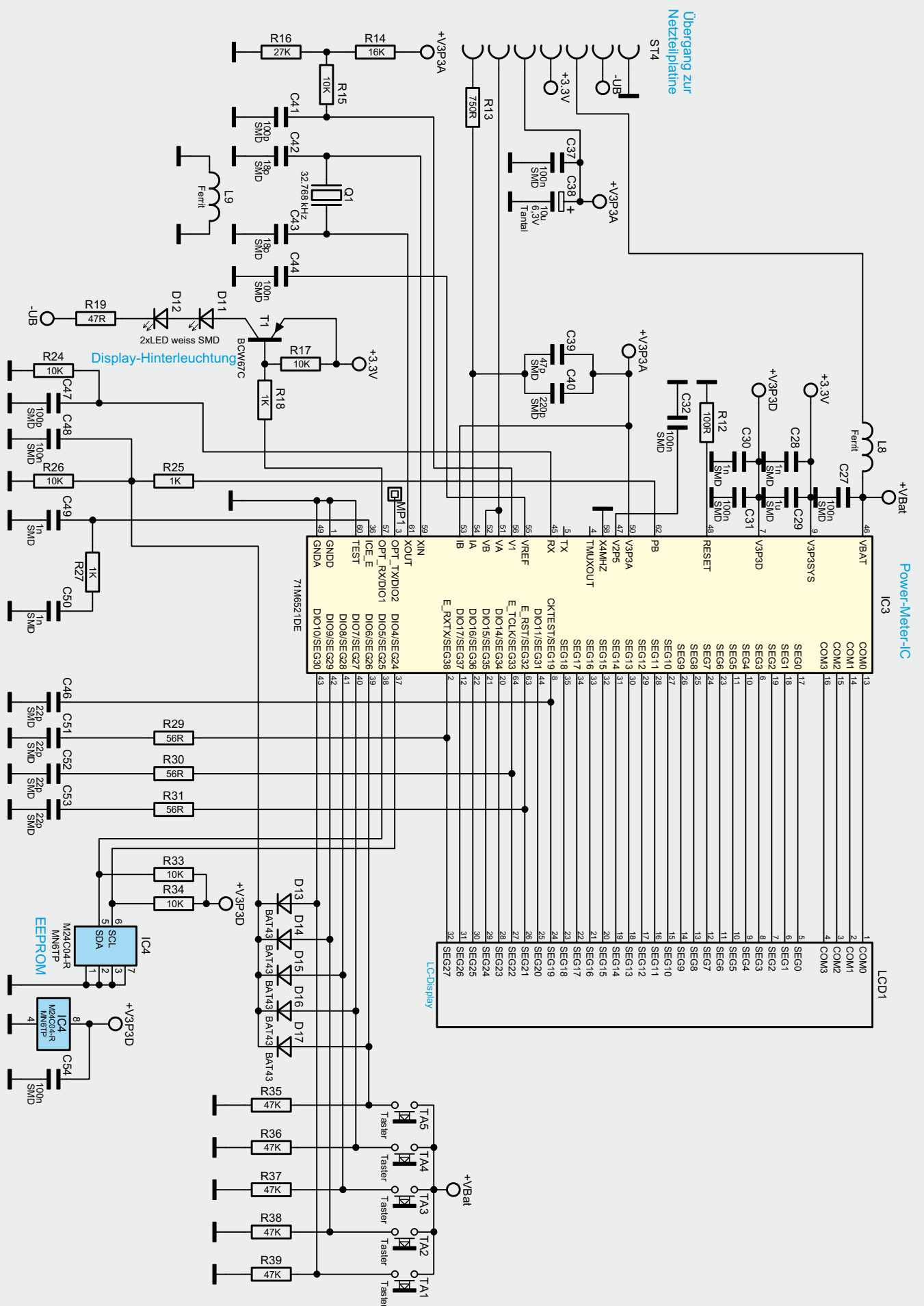
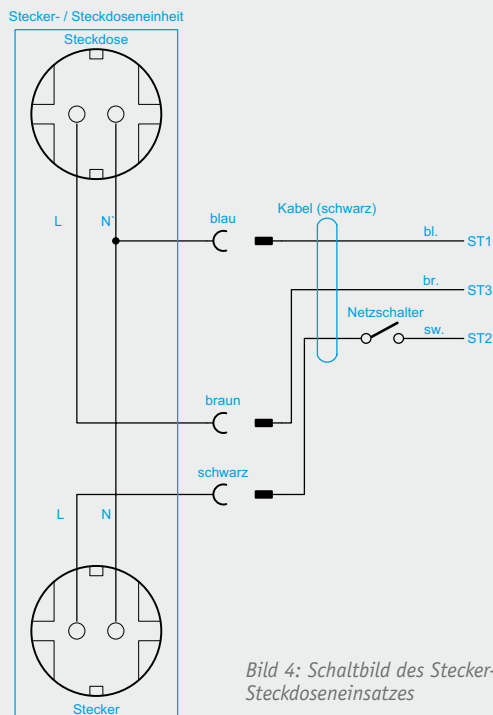


Bild 3: Hauptschaltbild mit Energie-Messchip und LC-Display



Über die Dioden D13 bis D17 wird bei einer beliebigen Tastenbetätigung an Pin 62 des Power-Meter-ICs ein Interrupt erzeugt.

Pin 57 des Power-Meter-ICs steuert über den Transistor T1 die Display-Hinterleuchtung mit den Leuchtdioden D11 und D12.

Die Platinenanschlusspunkte ST1 bis ST3 des Energy Master Expert II sind über den im Gehäuse integrierten Netzschalter mit der in [Bild 4](#) dargestellten Stecker-Steckdosen-Einheit verbunden. Beim Energy Master Expert I wird die blaue Leitung fest am Neutralleiter angeschlossen, die braune zum Verbraucher verdrahtet und die schwarze Leitung mit dem Leiter verbunden. Von hier aus gelangt die 230-V-Netz-Wechselspannung dann zum Netzschalter des Energy Master Expert I.

Der Energy Master Expert I ermöglicht äußerst präzise Verbrauchsmessungen bei fest installierten Verbrauchern und der Energy Master Expert II (mit abgesetzter Stecker-Steckdosen-Einheit) bei Verbrauchern, deren Anschluss-Steckdose unter normalen Umständen nur schwer zugänglich ist.

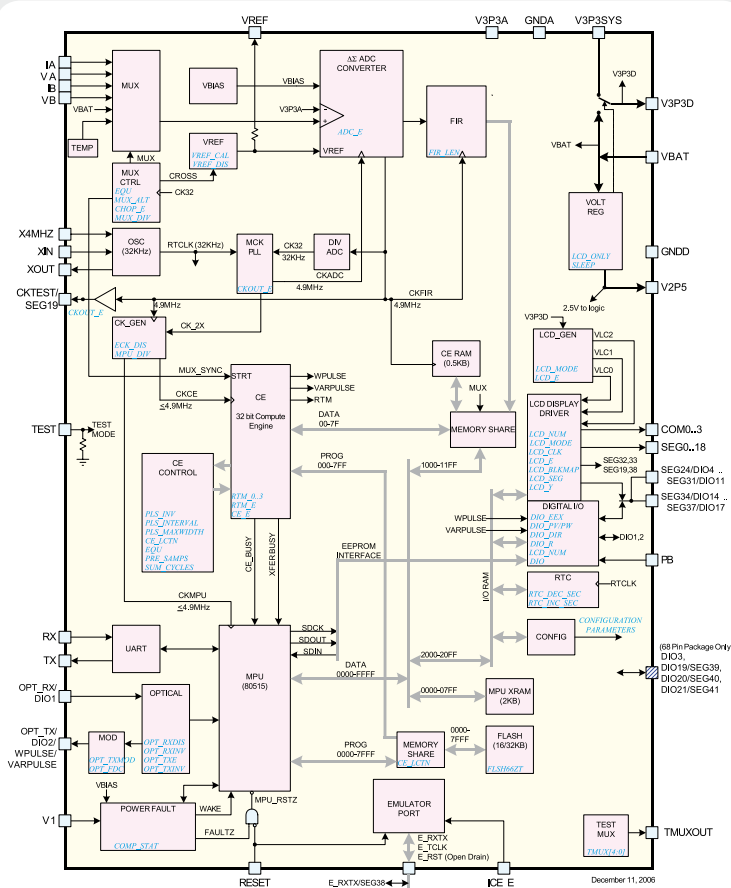
Im zweiten Teil des Artikels erfolgt dann ausführlich die Beschreibung des praktischen Aufbaus. **ELV**

Komplexer Energie-Messchip im Energy Master Expert

Das im Energy Master Expert verwendete ASIC stellt eine Single-Chip-Lösung dar, d. h. neben dem „Analog-Front-End“ sind auch alle digitalen Baugruppen, die zur Realisierung eines Energie-Messgerätes erforderlich sind, integriert. Selbst eine Spannungsreferenz mit nur 40 ppm/°C Drift und eine digitale Temperaturkompensation sind chipintern vorhanden. Die Komplexität des verwendeten Bausteins wird anhand der internen Stufen deutlich (siehe Abbildung)

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



Interne Struktur des Energie-Messchips 71M6521

„on chip“-Temperaturkompensation den unerwünschten Einfluss von Umgebungstemperatur-Schwankungen eliminiert.

Der integrierte Mikrocontroller für alle Steueraufgaben ist 8051-kompatibel. Intern stehen 16 KByte Flash-Speicher zur Verfügung.