



(10) **DE 10 2014 018 779 A1** 2016.06.23

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 018 779.9**
(22) Anmeldetag: **19.12.2014**
(43) Offenlegungstag: **23.06.2016**

(51) Int Cl.: **G01R 22/00 (2006.01)**
G01R 11/48 (2006.01)
G01R 15/20 (2006.01)
G01R 11/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
BEFEGA GmbH, 91126 Schwabach, DE

(72) Erfinder:
Kraußer, Manfred, 90475 Nürnberg, DE

(74) Vertreter:
**FDST Patentanwälte Freier Dörr Stammler
Tschirwitz Partnerschaft mbB, 90411 Nürnberg,
DE**

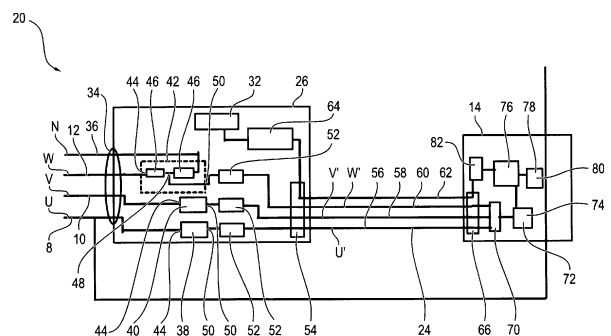
(56) Ermittelte Stand der Technik:
DE 195 13 534 A1
DE 10 2010 014 548 A1
DE 298 21 865 U1
US 2014 / 0 210 460 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Messeinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung (20), insbesondere zur Energieerfassung, mit einer Zentraleinheit (26) und einem ersten Modul (14), die signaltechnisch mittels einer Signalleitung (24) gekoppelt sind. Das erste Modul (14) umfasst einen ersten Sensor (78) zum berührungslosen Erfassen eines mittels einer ersten Stromleitung (8) eines Wechselstromnetzes geführten ersten elektrischen Stroms (I_1). Das erste Modul (14) weist einen zweiten Sensor (72) zum Erfassen eines an der ersten Stromleitung (8) anliegenden ersten elektrischen Potentials (U) auf. Die Erfindung betrifft ferner einen Schaltschrank (2) mit einer Messeinrichtung (20) und ein Verfahren (84) zum Betrieb einer Messeinrichtung (20) mit einer Zentraleinheit (26) und einem Modul (14, 16, 18), die signaltechnisch mittels einer Signalleitung (24) gekoppelt sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft sowohl eine Messeinrichtung, insbesondere zur Energieerfassung, als auch einen Schaltschrank mit einer Messeinrichtung sowie ein Verfahren zum Betrieb einer Messeinrichtung. Die Messeinrichtung weist eine Zentraleinheit und ein Modul auf, die signaltechnisch gekoppelt sind.

[0002] Lebensmitteleinzelhandels-Geschäfte wie Supermärkte weisen eine Vielzahl elektrischer Geräte auf, wie beispielsweise Kühltruhen, die Beleuchtung, Reklametafeln oder einen Klimaanlage. Die elektrischen Geräte sind mittels eines zentralen Schaltschranks betrieben, was die Steuerung der einzelnen Geräte durch eine einzige Person oder eine Zentralsteuerung vereinfacht. So ist ein Abschalten der Beleuchtung und etwaiger Reklame nach Geschäftsschluss mittels Betätigung von Schaltern des Schaltschranks ermöglicht.

[0003] Um Fehlfunktionen der elektrischen Geräte erkennen zu können, oder auch um deren Betriebskosten erfassen zu können, ist es bekannt, die einzelnen Leitungen zu überwachen, die von dem Schaltschrank zu den einzelnen elektrischen Geräten führen. Hierbei wird der elektrische Strom gemessen und somit die den elektrischen Geräten zur Verfügung gestellte Strommenge erfasst. Zur Vermeidung eines Kurzschlusses sind die hierfür verwendeten Sensoren berührungslos ausgestaltet, beispielsweise als Rogowski-Spulen.

[0004] Aus der DE 10 2012 109 468 B3 ist eine Stromzähleinrichtung bekannt, die eine platzsparende Integration in einem Schaltschrank ermöglicht. Hierbei weist die Stromzählereinrichtung eine Zentraleinrichtung und einen als separates Modul ausgestaltete Messeinrichtung mit insbesondere einer Rogowski-Spule auf. Die Messeinrichtung ist im Montagezustand an einem Schaltglied des Schaltschranks befestigt, beispielsweise mittels Rastnasen oder einer Rastlasche. Die zu überwachende Leitung wird durch eine Ausnehmung der Messeinrichtung gesteckt, um die die Rogowski-Spule angeordnet ist. Die Leitung wird im Anschluss mit dem Schaltglied elektrisch kontaktiert. Die Messeinrichtung und die Zentraleinrichtung sind mittels eines Flachbandkabels miteinander signaltechnisch gekoppelt. Über das Kabel wird der erfasste Wert der Stromstärke von der Messeinrichtung zur Zentraleinrichtung übermittelt. Mittels eines Controllers der Zentraleinrichtung wird anhand einer bekannten Spannung und dem übermittelten Wert der Stromstärke ein Energieverbrauch berechnet. Die Zentraleinrichtung weist weitere Anschlüsse auf, mittels derer die erfassten und berechneten Daten an weitere Vorrichtungen übermittelt werden können. Diese Anschlüsse sind beispielsweise zur Weitergabe der Daten mittels Leitungen,

wie USB oder aber kabellos, wie GSM, UMTS oder WLAN ausgebildet.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine besonders geeignete Messeinrichtung und einen besonders geeigneten Schaltschrank sowie ein besonders geeignetes Verfahren zum Betrieb einer Messeinrichtung anzugeben, wobei insbesondere Herstellungskosten gesenkt, zweckmäßigerweise die Fehleranfälligkeit gesenkt und vorzugsweise die Genauigkeit der erfassten Werte erhöht ist.

[0006] Hinsichtlich der Messeinrichtung wird dieser Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1, hinsichtlich des Schaltschranks durch die Merkmale des Anspruchs 8 und hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 9 erfindungsgemäß gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

[0007] Die Messeinrichtung umfasst eine Zentraleinheit und ein erstes Modul. Das erste Modul und die Zentraleinheit weisen zweckmäßigerweise jeweils ein Gehäuse auf, wobei die Gehäuse zueinander insbesondere beabstandet sind. Die Zentraleinheit ist mit dem ersten Modul signaltechnisch mittels einer Signalleitung gekoppelt, beispielsweise mittels eines Flachbandkabels. Insbesondere erfolgt eine Stromversorgung des ersten Moduls mittels der Signalleitung. Vorzugsweise umfasst die Zentraleinheit eine Stromversorgung, mittels derer einerseits über die Signalleitung das erste Modul bestromt wird, und mittels derer andererseits eine Bestromung von elektrischen Komponenten der Zentraleinheit selbst erfolgt. Die Signalleitung weist vorzugsweise zwischen 4 und 12 Adern oder Litzen auf, insbesondere 8. Vorzugsweise werden die mittels der Signalleitung übertragenen Daten nach RS-485 übertragen, auch als EIA-485 bezeichnet. Mit anderen Worten sind die Zentraleinrichtung und das erste Modul mittels eines RS-485-Busses miteinander signaltechnisch gekoppelt. Beispielsweise ist die Zentraleinheit mit weiteren Kommunikationsbausteinen signaltechnisch gekoppelt, beispielsweise mittels Ethernet, USB, GSM, UMTS oder WLAN. Insbesondere ist die Zentraleinheit Bestandteil eines LAN und/oder mit dem Internet verbunden.

[0008] Das erste Modul weist einen ersten Sensor zum berührungslosen Erfassen eines ersten elektrischen Stromes auf, der mittels einer ersten Stromleitung eines Wechselstromnetzes geführt ist. Mit anderen Worten ist der erste Sensor vorgesehen und eingerichtet den ersten elektrischen Strom zu erfassen. Folglich ist der erste Sensor ausgebildet, berührungslos den mittels der ersten Stromleitung des Wechselstromnetzes geführten ersten elektrischen Strom zu erfassen. Der Wert des ersten elektrischen Stromes weist geeigneterweise einen sinus-förmigen zeitli-

chen Verlauf auf, dessen Frequenz der Frequenz des Wechselstromnetzes entspricht. Mit anderen Worten ist der erste elektrische Strom ein Wechselstrom, der insbesondere Oberwellen aufweist, die beispielsweise aufgrund von Schaltvorgängen oder Induktivitäten von etwaigen Verbrauchern hervorgerufen werden.

[0009] Das erste Modul weist einen zweiten Sensor zum Erfassen eines an der ersten Stromleitung anliegenden ersten elektrischen Potentials auf. Mit anderen Worten ist der zweite Sensor vorgesehen und eingerichtet, das an der ersten Stromleitung anliegende erste elektrische Potential zu erfassen. Somit ist der zweite Sensor ausgebildet, das erste elektrische Potential der ersten Stromleitung zu erfassen, wobei das elektrische Potential vorzugsweise mit der Frequenz des Wechselstromnetzes schwankt. Beispielsweise ist der zeitliche Verlauf des ersten elektrischen Potentials sinus-förmig und beispielsweise zu dem sinus-förmigen Verlauf des ersten elektrischen Stromes um eine Phase zeitlich verschoben, beispielsweise 90° . Insbesondere wird bei Betrieb im Wesentlichen zeitgleich der erste elektrische Strom und der das erste elektrische Potential erfasst. Geeigneterweise unterscheiden sich die Zeitpunkte der beiden Erfassungen um weniger als 10 Mikrosekunden, 5 Mikrosekunden oder 1 Mikrosekunde.

[0010] Mittels der Messeinrichtung wird zweckmäßigerweise die elektrische Energie erfasst, die mittels der ersten Stromleitung geleitet wird. Mit anderen Worten wird die mittels der ersten Stromleitung übertragene elektrische Energie erfasst. Hierfür wird zweckmäßigerweise der Wert des ersten elektrischen Stromes mit dem Wert des anliegenden ersten elektrischen Potentials zu einem Leistungswert multipliziert. Eine Anzahl derartiger Leistungswerte wird geeigneterweise zu einem Energiewert aufintegriert. Sofern die Leistungswerte lediglich diskret vorliegen, werden die Leistungswerte beispielsweise lediglich aufaddiert, und geeigneterweise die Summe mit einem Faktor multipliziert, sofern der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Energiewerten konstant ist. Beispielsweise erfolgt zur Integration eine Interpolation der diskreten Leistungswerte. Vorzugsweise werden die Wirk-, Blind- und/oder Scheinleistung erfasst.

[0011] Da der Wert des ersten elektrischen Stromes und der Wert des anliegenden ersten elektrischen Potentials mittels des ersten Moduls erfasst werden, ist ein mittels der Signalleitung übertragenes Datenvolumen vergleichsweise gering. Auch ist vergleichsweise einfach sichergestellt, dass der erste elektrische Strom und das erste elektrische Potential im Wesentlichen zeitgleich erfasst werden. Geeigneterweise weist das erste Modul einen Speicher auf, mittels dessen der Wert des erfassten ersten elektrischen Stroms und/oder des erfassten ersten elektrischen Potentials gespeichert wird. Zweckmäßiger-

weise weist der Speicher eine Kapazität für 10, 15, 20, 25, 50 oder mehr Werte auf. Beispielsweise ist der Speicher als Ringspeicher ausgestaltet. Vorzugsweise ist der Speicher ein auslesbares Register. Geeigneterweise wird zumindest einer der erfassten Werte in konstanten Zeitintervallen innerhalb des Speichers hinterlegt. Zum Beispiel ist das Zeitintervall zwischen 50 ms und 500 ms oder zwischen 100 ms und 250 ms und insbesondere gleich 200 ms.

[0012] Das Wechselstromnetz weist beispielsweise einen Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hertz auf. Geeigneterweise ist die Amplitude des ersten elektrischen Stroms kleiner oder gleich 120 A, 100 A, 80 A, 50 A, 20 A, 10 A oder 5 A. Insbesondere ist die Amplitude des ersten elektrischen Stroms größer oder gleich 0,005 A, 0,01 A, 0,1 A, 1 A, 5 A, 15 A, 25 A, 75 A, 90 A oder 110 A. Zweckmäßigerweise ist die Amplitude des ersten elektrischen Potentials 230 V oder 400 V. Mit anderen Worten weist das Wechselstromnetz eine Niederspannung auf. Die erste Stromleitung weist beispielsweise ein Kupferkabel mit einem Querschnitt auf, der kleiner oder gleich 16 mm^2 , 10 mm^2 , 8 mm^2 , 6 mm^2 , 4 mm^2 oder $2,5 \text{ mm}^2$ ist. Zweckmäßigerweise ist der Querschnitt größer oder gleich $0,75 \text{ mm}^2$, $1,5 \text{ mm}^2$, $2,5 \text{ mm}^2$, 4 mm^2 , 6 mm^2 , 8 mm^2 oder 10 mm^2 . Geeigneterweise weist die Messeinrichtung eine Anzahl derartiger Module auf, beispielsweise mindestens 10, 12, 15, 20 oder 24.

[0013] Bevorzugt wird die Messeinrichtung zur Überwachung von elektrischen Geräten eines Einzelhandelsgeschäftes, insbesondere eines Lebensmittel Einzelhandels-Geschäfts, wie eines Supermarktes oder Discounters verwendet. Alternativ hierzu wird die Messeinrichtung zur Überwachung von elektrischen Geräten eines Gastronomiebetriebes, insbesondere eines Systemgastronomiebetriebes, wie eines Schnellrestaurants verwendet. Insbesondere ist jedem elektrischen Gerät jeweils ein Modul zugeordnet. Das elektrische Gerät ist beispielsweise eine Kühltruhe oder eine Klimaanlage. Auf diese Weise ist sowohl die Blind-, Schein- und Wirkleistung erfassbar, mittels derer das jeweilige elektrische Gerät betrieben ist. Somit ist eine Fehlerdiagnose und/oder ein Abgleich mit Sollwerten ermöglicht. Sofern diese Daten mittels der Zentraleinheit an einen zentralen Server oder dergleichen weitergeleitet werden, ist somit auch eine Überwachung eines Filialgeschäftes und Vergleich des Leistungsbedarfs des Filialgeschäftes mit weiteren Filialgeschäften ermöglicht, die eine derartige Messeinrichtung aufweisen.

[0014] Vorzugsweise weist die Zentraleinheit einen ersten Spannungsteiler mit einer Primär- und einer Sekundärseite auf. Unter Spannungsteiler wird insbesondere eine Vorrichtung, beispielsweise eine elektrische Schaltung, verstanden, mittels derer eine vorgegebene elektrische Spannung auf einen anderen Wert transformiert wird. Hierbei ist zweck-

mäßigerweise die an der Sekundärseite des Spannungsteilers anliegende elektrische Spannung geringer als die an der Primärseite anliegende elektrische Spannung. Beispielsweise ist der Spannungsteiler ein Transformator. Besonders bevorzugt jedoch ist der Spannungsteiler ein kapazitiver oder resistiver Spannungsteiler, also eine Reihenschaltung von Kapazitäten oder Widerständen, insbesondere ohmschen Widerständen. Die beiden Anschlüsse der Primärseite sind mittels der Reihenschaltung von Widerständen beziehungsweise Kapazitäten miteinander elektrisch kontaktiert, wobei die Sekundärseite mindestens einen Zwischenabgriff zwischen zweien der Widerstände beziehungsweise der Kapazitäten aufweist.

[0015] Die Primärseite des ersten Spannungsteilers ist mit der ersten Stromleitung gekoppelt. Mit anderen Worten ist ein Anschluss der Primärseite mit der ersten Stromleitung elektrisch kontaktiert. Der verbleibende Anschluss der Primärseite ist zweckmäßigerweise gegen einen Neutralpunkt bzw. einen Neutralleiter geführt. Folglich liegt an der Primärseite bei Betrieb die Differenz zwischen dem ersten elektrischen Potential und dem Neutralpunkt als elektrische Spannung an. Zusammenfassend ist die Primärseite des ersten Spannungsteilers elektrisch und/oder signaltechnisch mit der ersten Stromleitung gekoppelt. Die Sekundärseite des ersten Spannungsteilers ist elektrisch und/oder signaltechnisch mit der Signalleitung kontaktiert. Mit anderen Worten ist die Sekundärseite mit der Signalleitung gekoppelt. Insbesondere umfasst die Signalleitung zwei Kabel, Adern oder Litzen, die elektrisch mit der Sekundärseite kontaktiert sind. Mit anderen Worten werden mittels dieser Kabel, Adern oder Litzen keine weiteren Daten mit Ausnahme eben des elektrischen Potentials bei Betrieb übertragen.

[0016] Zusammenfassend ist der erste Spannungsteiler vorgesehen und eingerichtet, das um einen bestimmten Faktor verringerte erste elektrische Potential in die Signalleitung einzuspeisen. Der zeitliche Versatz zwischen dem eingespeisten und dem ersten elektrischen Potential ist hierbei geringer als 10 μs , 5 μs oder 1 μs . Im Wesentlichen ist das eingespeisten und das erste elektrische Potential zeitsynchron. Insbesondere wird mittels des ersten Spannungsteilers ein analoges Signal in die Signalleitung eingespeist. Beispielsweise ist die elektrische Spannung kleiner oder gleich 3,5 V. Sofern das erste elektrische Potential 230 V beträgt, wird folglich mittels des ersten Spannungsteilers der Wert des ersten elektrischen Potentials auf ein 1/66 reduziert. Zweckmäßigerweise ist die in die Signalleitung mittels des ersten Spannungsteilers eingespeiste Amplitude der elektrischen Spannung kleiner oder gleich 2,5 V, 1,5 V, 1,0 V, 800 mV, 500 mV, 300 mV, 100 mV, 90 mV, 70 mV oder 50 mV. Zweckmäßigerweise ist die Amplitude größer oder gleiche 10 mV, 30 mV, 60 mV, 100 mV, 300

mV, 500 mV, 700 mV, 900 mV, 1 V, 1,2 V oder 2 V. Vorzugsweise wird mittels des ersten Spannungsteilers zusätzlich ein Bezugspotential in die Signalleitung eingespeist, das vorzugsweise zu dem Neutralpunkt korrespondiert.

[0017] Beispielsweise weist die Zentraleinheit einen Optokoppler auf, der zwischen die Sekundärseite und die Signalleitung geschaltete ist. Besonders bevorzugt ist zwischen der Sekundärseite und der Signalleitung ein Trennverstärker geschaltet, auch als Isolationsverstärker bezeichnet. Folglich ist die Signalleitung galvanisch von der ersten Stromleitung getrennt und somit eine Sicherheit erhöht. Beispielsweise ist der Trennverstärker elektrisch zwischen dem ersten Spannungsteiler und einem weiteren Spannungsteiler angeordnet, mittels dessen das von dem Trennverstärker verarbeitbare elektrische Potential auf ein weiteres (verringertes) elektrische Potential verringert wird, das in die Signalleitung eingespeist wird.

[0018] Vorzugsweise ist der zweite Sensor elektrisch mit der Signalleitung gekoppelt. Mit anderen Worten wird mittels des zweiten Sensors die mittels der Sekundärseite in die Signalleitung eingespeiste elektrische Spannung erfasst und insbesondere gemessen. Mittels des Messwertes wird anhand des bekannten Aufbaus des ersten Spannungsteilers folglich das erste elektrische Potential erfasst. Insbesondere umfasst der zweite Sensor einen Analog-Digital-Wandler. Mittels des Analog-Digital-Wandlers wird der Messwert in ein digitales Wort umgewandelt, zweckmäßigerweise mit einer Länge von 16-Bit, 24-Bit oder 32-Bit. Geeigneterweise ist die Abtastfrequenz des Analog-Digital-Wandlers zwischen 5 kHz und 20 kHz und bevorzugt geringer als 15 kHz. Insbesondere ist die Abtastfrequenz kleiner oder gleich 9 kHz, und insbesondere gleich 7,8125 kHz. Die Abtastrate ist geeigneterweise gleich 12,8 μs . Mit anderen Worten wird bei Betrieb im Wesentlichen alle 10 Mikrosekunden ein digitales Wort als erfasseter Wert des ersten elektrischen Potentials erstellt. Folglich ist ein Speichern oder eine Weiterverarbeitung vereinfacht, insbesondere mittels eines digitaler Signalprozessors (DSP) oder eines Mikroprozessors. Andererseits ist bei einer vergleichsweise geringen Frequenz des Wechselstromnetzes eine vergleichsweise große Anzahl an erfassten Werten des ersten elektrischen Potentials vorhanden, sodass Abweichungen vom dem erwarteten Potentialverlauf, wie Oberschwingungen, genau erfasst werden.

[0019] Vorzugsweise sind der erste Spannungsteiler, der Trennverstärker sowie der weitere Spannungsteiler vorhanden. Auf diese Weise kann die Arbeitsspannung des Trennverstärkers unabhängig von der des zweiten Sensors gewählt werden. Zusammenfassend wird mittels des ersten Spannungsteilers die zwischen dem Neutralpunkt und dem ersten elektrischen Potential anliegende elektrische

Spannung herunter geteilt und mittels des Trennverstärkers auf eine Kleinspannungsseite übertragen. Die Ausgangsspannung (Kleinspannungsseite) des Trennverstärkers schwingt beispielsweise um die halbe Versorgungsspannung des Sekundärteils des Trennverstärkers. Falls der zweite Sensor (Messchip) lediglich Wechselfspannungen erfassen kann, wird mittels des weiteren Spannungsteilers die Ausgangsspannung (Kleinspannungsseite) des Trennverstärkers in eine weitere Wechselfspannung herunter geteilt, und das in die Signalleitung eingespeiste elektrische Potential derart verschoben, dass dieses um das mittels des weiteren Spannungsteilers erstellte Bezugspotential schwingt. Vorzugsweise werden die durch die Signalkonditionierung von den zu erfassenden Größen (Strom und Spannung) entstandenen Verzögerungszeiten bei der Montage des Moduls ermittelt und in einem Speicher hinterlegt. Diese Verzögerungszeiten werden vorzugsweise mittels des DSP des ersten Moduls rechnerisch eliminiert.

[0020] Besonders bevorzugt umfasst die Messeinrichtung ein zweites Modul, das einen ersten Sensor zum berührungslosen Erfassen eines mittels einer zweiten Stromleitung des Wechselstromnetzes geführten zweiten elektrischen Stroms und einen zweiten Sensor zum Erfassen eines an der zweiten Stromleitung anliegenden zweiten elektrischen Potentials aufweist. Insbesondere ist das erste Modul baugleich zu dem zweiten Modul. Im Unterschied hierzu wird das erste Modul zur Überwachung der ersten Stromleitung und das zweite Modul zur Überwachung der zweiten Stromleitung herangezogen. Insbesondere weist das zweite elektrische Potential den gleichen Zeitverlauf des ersten elektrischen Potentials auf, ist jedoch zu diesem um eine Phase verschoben, beispielsweise um 120° .

[0021] Geeigneterweise umfasst die Zentraleinheit einen zweiten Spannungsteiler, der insbesondere resistiv ausgestaltet ist. Zum Beispiel ist der zweite Spannungsteiler baugleich zu dem ersten Spannungsteiler. Die Primärseite des zweiten Spannungsteilwerts ist mit der zweiten Stromleitung gekoppelt, und die Sekundärseite des zweiten Spannungsteilers ist mit der Signalleitung elektrisch gekoppelt. Mit der Signalleitung ist ferner der zweite Sensor des zweiten Moduls elektrisch gekoppelt. Mit anderen Worten ist die Sekundärseite mit dem zweiten Sensor des zweiten Moduls mittels der Signalleitung elektrisch/signaltechnisch gekoppelt. Geeigneterweise umfasst die Signalleitung zwei Kabel, Adern oder Litzen, von denen eine mit der Sekundärseite des ersten Spannungsteilers und die verbleibende mit der Sekundärseite des zweiten Spannungsteilers elektrisch kontaktiert ist. Geeigneterweise umfasst die Signalleitung ein drittes Kabel, Ader beziehungsweise Litze, die gegen das Bezugspotential geführt ist. Hierbei ist bevorzugt das Bezugspotential der Sekundärseite des zweiten Spannungsteilers gleich dem Bezugs-

potential der Sekundärseite des ersten Spannungsteilers. Sofern die Trennverstärker sowie die weiteren Spannungsteiler vorhanden sind, ist bevorzugt das Bezugspotential der Sekundärseite des weiteren Spannungsteilers des zweiten Moduls gleich dem Bezugspotential der Sekundärseite des weiteren Spannungsteilers des ersten Moduls. Insbesondere wird mittels des jeweiligen zweiten Sensors der beiden Module die elektrische Spannung zwischen dem ersten bzw. dem zweiten elektrischen Potential und dem Bezugspotential erfasst.

[0022] Vorzugsweise umfasst jedes der Module eine Vorrichtung, mittels derer eingestellt ist, welches der beiden elektrischen Potentiale mit dem jeweiligen Modul erfasst wird. Auf diese Weise ist es ermöglicht, das erste Modul baugleich zu dem zweiten Modul zu fertigen, wobei als Signalleitung ein Standardkabel verwendet werden kann, ohne dass auf einen speziellen Anschluss geachtet werden muss, und wobei sowohl zu dem ersten als auch zweiten elektrischen Potential korrespondierende elektrische Hilfspotentiale mittels der Signalleitung übertragen werden. Jedes der elektrischen Hilfspotentiale wird hierbei mittels der jeweiligen das elektrische Potential führenden Stromleitung zugeordneten Spannungsteilers erstellt.

[0023] Die Einstellung der zu der jeweiligen Stromleitung korrespondierenden Phase erfolgt mittels der Vorrichtung. Insbesondere wird die Phase bei Montage eingestellt, beispielsweise händisch, wie mittels eines Schalters, oder aber mittels der Signalleitung wird ein entsprechendes Kommando zur Einstellung übertragen. Geeigneterweise umfasst jedes der Module einen Multiplexer, der geeigneterweise als Analog-Multiplexer ausgestaltet ist. Dieser wird bei Erstinstallation vorzugsweise mittels eines geeigneten Kommandos eingestellt, das von der Zentraleinheit übertragen wird, insbesondere mittels der Signalleitung.

[0024] Insbesondere erfolgt die Einstellung der Module bei der Inbetriebnahme der Messeinrichtung. Vorzugsweise wird ein Befehl (Broadcast Message) mittels der Signalleitung von der Zentraleinheit an die beiden Module übertragen. Infolgedessen werden in allen Modulen die eingestellten Phasen sowie die gemäß des RS-485 Standards zugewiesenen Adressen gelöscht, was insbesondere mittels einer Licht emittierenden Diode (LED) des jeweiligen Moduls signalisiert wird. Vorzugsweise blinken die LED's sämtlicher adressloser Module. In einem weiteren Arbeitsschritt wird jedem Modul die nächste freie Adresse zugewiesen, was beispielsweise mittels einer statisch leuchtenden LED signalisiert wird, und was beispielsweise mittels Drücken einer Taste des jeweiligen Moduls erfolgt. In einem weiteren Arbeitsschritt wird die Phase eingestellt, was zweckmäßigerweise mittels einer erloschenen LED signalisiert wird. Insbesondere wer-

den sukzessive sämtliche Module der Messeinrichtung auf diese Weise initialisiert.

[0025] Geeigneterweise weist die Messeinrichtung eine Anzahl derartiger Module auf, wobei jedes Modul einer Stromleitung zugeordnet ist. Insbesondere umfasst das Wechselstromnetz zwei oder drei zueinander phasenverschobene elektrische Potentiale. Geeigneterweise sind sämtliche Module mittels der Signalleitung miteinander signaltechnisch gekoppelt. Folglich wird mittels jeden Moduls der mittels der jeweils zugeordneten Stromleitung übertragene elektrische Strom mit dem jeweiligen ersten Sensor erfasst und das jeweils anliegende elektrische Potential mittels des jeweiligen zweiten Sensors erfasst, wobei hierzu ein mittels der Signalleitung übertragenes Signal gemessen wird, nämlich ein zu dem jeweiligen elektrischen Potential korrespondierendes Hilfspotential, das mittels eines der Spannungsteiler der Zentraleinheit erstellt ist.

[0026] Mittels der Signalleitung werden hierbei bei einem dreiphasigen Wechselstromnetz lediglich drei unterschiedliche Signale (Hilfspotentiale) übertragen, unabhängig von der Anzahl der Module. Infolgedessen ist es ermöglicht, auch eine vergleichsweise große Anzahl an Stromleitungen zu überwachen, wobei stets die gleiche Signalleitung verwendet werden kann. Diese umfasst geeigneterweise weniger als 10, 8 oder 6 einzelne Kabel, Adern oder Litzen. Insbesondere weist die Signalleitung mindestens 2, 3 oder 4 einzelne Kabel, Adern oder Litzen auf, von denen jeweils ein einem der elektrischen Potentiale zugeordnet ist und geeigneterweise eine dem Bezugspotential. In einer Alternative hierzu ist jedes Modul mittels einer jeweils zugeordneten Signalleitung mit der Zentraleinheit signaltechnisch gekoppelt. Mit anderen Worten ist das erste Modul mittels einer Signalleitung und das zweite Modul mittels einer Signalleitung mit der Zentraleinheit signaltechnisch gekoppelt, wobei die beiden Signalleitungen nicht gleich sind.

[0027] Vorzugsweise ist das erste Modul quaderförmig ausgestaltet, wobei eine der Kantenlängen vorzugsweise kleiner als 35 mm, eine weitere Kantenlänge kleiner als 15 mm und/oder eine dritte Kantenlänge kleiner oder gleich 17 mm ist. Vorzugsweise ist das Modul kleiner oder gleich als ein derartiger Quader, wobei das Modul nicht zwingend quaderförmig ist. Auf diese Weise ist ein Platzbedarf des ersten Moduls verringert. Geeigneterweise umfasst das erste Modul eine Schnittstelle für einen Lastschalter. Mit anderen Worten ist das erste Modul vorgesehen und eingerichtet mittels der Schnittstelle mit dem Lastschalter gekoppelt zu werden. Mittels der Schnittstelle werden beispielsweise Signale ausgetauscht. Vorzugsweise jedoch ist die Schnittstelle rein mechanisch und dient der Befestigung des ersten Moduls an dem Lastschalter. Geeigneterweise ist die Schnittstelle als Klipps-, Schraubverbindung oder Kombina-

tion hieraus ausgestaltet. In einer Alternative hierzu ist die Schnittstelle ein Klettband oder Klettverschluss. Der Lastschalter ist ein Schaltglied, wie ein Relais oder ein Schütz. Insbesondere ist der Lastschalter ein Leistungsschalter. Geeigneterweise wird mittels des Lastschalters der erste elektrische Strom eingestellt. Mit anderen Worten wird mittels des Lastschalters der erste elektrische Strom unterbrochen oder aber erstellt. Der Lastschalter ist insbesondere ein anreihbares Gerät und beispielsweise an einer Hutschiene befestigt. Auf diese Weise ist eine vergleichsweise platzsparende Montage des Moduls ermöglicht.

[0028] Insbesondere umfasst das erste Modul eine Flachbaugruppe. Zweckmäßigerweise ist der erste und/oder der zweite Sensor zumindest teilweise mittels der Flachbaugruppe gebildet, die beispielsweise einen Speicher und/oder weitere elektrische Bauelemente aufweist. Vorzugsweise ist ein Freileiter der Flachbaugruppe als Stecker der Signalleitung ausgebildet. Geeigneterweise umfasst das Freileiter eine Anzahl an Kontaktschienen, die insbesondere mittels Leiterbahnen gebildet sind. Mittels dieser wird beim Montagezustand die Signalleitung kontaktiert. Auf diese Weise ist die Anzahl der benötigten Teile reduziert und die Kosten zur Erstellung der Messeinrichtung gesenkt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die Flachbaugruppe einen Pfostenverbinder (Wire Wrap Pfosten; „WWP“), der beispielsweise entweder als Buchse oder als Stecker ausgestaltet ist. Die Signalleitung weist geeigneterweise einen korrespondierenden Pfostenverbinder auf. Mittels des Pfostenverbinders ist die signaltechnische Kopplung zwischen der Flachbaugruppe und der Signalleitung erstellt.

[0029] Alternativ oder in Kombination hierzu weist die Flachbaugruppe eine Anzahl Leiterplatten auf, beispielsweise zwei oder drei, die mittels einer flexiblen Leiterplatte (flexible printed circuit; „FPC“) miteinander verbunden sind. Geeigneterweise sind im Montagezustand die einzelnen Leiterplatten zueinander parallel und/oder senkrecht angeordnet und überdecken sich vorzugsweise. Mit anderen Worten ist die Flachbaugruppe U- oder S-förmig bzw. L-förmig ausgestaltet, sofern diese zwei oder drei Leiterplatten aufweist. Aufgrund der flexiblen Leiterplatte ist die Montage vereinfacht. Besonders bevorzugt ist die flexible Leiterplatte eine Polyimid-Folienleiterplatte. Zweckmäßigerweise weist die Flachbaugruppe eine einzige flexible Leiterplatte auf, auf der die einzelnen Leiterplatten befestigt sind. Die Leiterplatten sind zweckmäßigerweise aus glasfaserverstärktem Epoxidharz gefertigt. Auf diese Weise ist einerseits die Robustheit und andererseits die Spannungsfestigkeit der Flachbaugruppe erhöht.

[0030] Geeigneterweise weist der erste Sensor eine zentrale Aussparung auf, durch die die erste Strom-

leitung geführt ist. Insbesondere ist die Aussparung im Wesentlichen rund. Um die Aussparung ist beispielsweise eine Rogowski-Spule angeordnet, wobei diese vorzugsweise mittels eines Gehäuses des ersten Moduls von der ersten Stromleitung getrennt ist. Mittels der Rogowski-Spule wird aufgrund des mittels des Wechselstroms hervorgerufenen Magnetfelds eine elektrische Spannung induziert, die mittels weiterer Komponenten des ersten Sensors erfasst wird.

[0031] Besonders bevorzugt jedoch weist der erste Sensor einen Hall-Sensor auf, und insbesondere umfasst der erste Sensor einen geschlitzten Ringkern aus einem weichmagnetischen, ferromagnetischen Material, der im Montagezustand um die erste Stromleitung angeordnet ist. Innerhalb des Schlitzes ist der Hall-Sensor angeordnet. Insbesondere ist die zentrale Aussparung des ersten Moduls mittels des geschlitzten Ringkerns umgeben, wobei dieser insbesondere mittels des Gehäuses des ersten Moduls von der ersten Stromleitung getrennt ist. Auf diese Weise ist der Platzbedarf verringert.

[0032] Geeigneterweise umfasst der erste Sensor einen Analog-Digital-Wandler, mittels dessen insbesondere der Messwert in ein digitales Wort mit zweckmäßigerweise 16-Bit, 24-Bit oder 32-Bit gewandelt wird. Geeigneterweise weist der Analog-Digital-Wandler des ersten Sensors eine Abtastfrequenz zwischen 5 kHz und 20 kHz auf. Zweckmäßigerweise ist die Abtastfrequenz zwischen 7 und 15 kHz, 8 und 12 kHz oder 9 und 11 kHz und bevorzugt gleich 7,8125 kHz. Vorzugsweise ist der Analog-Digital-Wandler des ersten Sensors baugleich zu dem Analog-Digital-Wandler des zweiten Sensors, sofern dieser vorhanden ist. Auf diese Weise ist eine im Wesentlichen zeitgleiche Erfassung sowohl des ersten elektrischen Stromes als auch des ersten elektrischen Potentials ermöglicht.

[0033] Der Schaltschrank weist eine Stromleitung und eine Messeinrichtung mit einer Zentraleinheit und einem Modul auf, die signaltechnisch mittels einer Signalleitung gekoppelt sind. Das Modul umfasst einen ersten Sensor zum berührungslosen erfassen eines mittels der Stromleitung geführten elektrischen Stroms und einen zweiten Sensor zum Erfassen eines an der Stromleitung anliegenden elektrischen Potentials. Geeigneterweise umfasst der Schaltschrank ein anreihbares Gerät, insbesondere einen Lastschalter, der beispielsweise als Leistungsschutzschalter ausgestaltet ist. Der Schaltschrank weist geeigneterweise eine Hutschiene auf, an der das anreihbare Gerät befestigt ist. Insbesondere umfasst der Schaltschrank eine Anzahl derartiger anreihbarer Geräte, wobei vorzugsweise jedem anreihbaren Gerät ein Modul und eine Stromleitung zugeordnet ist. Geeigneterweise weist der Schaltschrank zwei Hutschienen auf, wobei jede Hutschiene vorgesehen eingerichtet ist, bis zu 24 anreihbare Geräte

aufzunehmen. Die Stromleitung weist insbesondere einen Kabelquerschnitt von 10 mm² oder 16 mm² auf, und die Stromleitung führt vorzugsweise Niederspannung. Die Stromleitung ist geeigneterweise Bestandteil eines Wechselstromnetzes mit einer, zwei oder drei Phasen. Beispielsweise weist der Schaltschrank eine Anzahl an Stromleitungen auf, wobei die Stromleitungen auf einem von zwei oder drei zueinander unterschiedlichen elektrischen Potentialen sind, die zu je einer der Phasen des Wechselstromnetzes korrespondieren.

[0034] Das Verfahren zum Betrieb einer Messeinrichtung mit einer Zentraleinheit und einem Modul, die signaltechnisch mittels einer Signalleitung gekoppelt sind, wobei das Modul einen ersten Sensor zum berührungslosen Erfassen eines mittels einer Stromleitung geführten elektrischen Stroms und einen zweiten Sensor zum Erfassen eines an der Stromleitung anliegenden elektrischen Potentials aufweist, sieht vor, dass mittels der Zentraleinheit das elektrische Potential auf ein Hilfspotential gebracht wird. Mit anderen Worten wird das elektrische Potential auf das elektrische Hilfspotential transformiert, wobei das elektrische Hilfspotential vorzugsweise geringer als das elektrische Potential ist.

[0035] Das elektrische Hilfspotential wird in einem weiteren Arbeitsschritt in die Signalleitung eingespeist, wobei das elektrische Hilfspotential vorzugsweise ein analoges Signal ist. In einem weiteren Arbeitsschritt wird das elektrische Hilfspotential mittels des zweiten Sensors des Moduls erfasst, insbesondere gemessen, und hieraus ein zum elektrischen Potential korrespondierender Spannungswert erstellt. Insbesondere erfolgt die Erstellung des Spannungswertes mittels des Moduls. Mit anderen Worten wird der Messwert um den Wert erhöht, um den das elektrische Potential auf das elektrische Hilfspotential erniedrigt wurde. Hierbei handelt es sich beispielsweise um einen Faktor oder aber um einen festen Wert. Der Spannungswert ist beispielsweise ein digitales Wort, mit insbesondere 16-Bit, 24-Bit oder 32-Bit. Zusammenfassend wird mittels des zweiten Sensors des Moduls das an der Stromleitung anliegende elektrische Potential erfasst.

[0036] In einem weiteren Arbeitsschritt, der vorzugsweise zeitgleich zum Messen des elektrischen Hilfspotentials erfolgt, wird mittels des ersten Sensors der elektrische Strom erfasst, beispielsweise gemessen, der mittels der Stromleitung geführt wird. Insbesondere wird hieraus ein Stromwert erstellt, wobei die Erstellung geeigneterweise mittels des Moduls erfolgt. Der Stromwert ist vorzugsweise ein digitales Wort mit 16-Bit, 24-Bit oder 32-Bit. In einem weiteren Arbeitsschritt wird mittels des Stromwerts und des Spannungswertes ein Leistungswert erstellt. Hierfür wird geeigneterweise der Stromwert mit dem Spannungswert multipliziert. Vorzugsweise ist der Leis-

tungswert ein digitales Wort mit 16-Bit, 24-Bit oder 32-Bit, insbesondere 29-Bit, und geeigneterweise erfolgt die Erstellung des Leistungswertes mittels des Moduls. Vorzugsweise werden die Wirk-, Blind- und/oder Scheinleistung erfasst. Zum Beispiel ist die Frequenz der Erstellung des Leistungswerts zwischen 5 kHz und 20 kHz, 7 kHz und 15 kHz oder 8 kHz und 12 kHz. Geeigneterweise ist die Frequenz gleich 7,8125 kHz. Auf diese Weise ist eine vergleichsweise große Anzahl an Leistungswerten bereitgestellt. Sofern die Messeinrichtung eine Anzahl an Modulen aufweist, ist die mittels der Signalleitung übertragene Datenmenge vergleichsweise gering, da die jeweiligen Leistungswerte mittels der Module erstellt werden. Hierbei ist lediglich ein Übertragen des zu dem elektrischen Potential korrespondierenden elektrischen Hilfspotentials erforderlich. Bei einem dreiphasigen Wechselstromnetz ist somit lediglich ein Übertragen von drei unterschiedlichen Hilfspotentialen erforderlich, unabhängig von der Anzahl der Module.

[0037] Geeigneterweise wird eine Anzahl an Leistungswerten erstellt, insbesondere mittels eines digitalen Signalprozessors (DSP), und diese insbesondere mittels des Moduls gespeichert. Vorzugsweise werden die durch die Signalkonditionierung von den zu erfassenden Größen (Strom und Spannung) entstandenen Verzögerungszeiten bei der Montage/Endprüfung/Abgleich des Moduls ermittelt und in einem Speicher hinterlegt. Diese Verzögerungszeiten werden vorzugsweise mittels des (im) DSP des ersten Moduls rechnerisch eliminiert. Die Leistungswerte werden zu einem Energiewert auf integriert, insbesondere mittels des Moduls. Insbesondere werden die einzelnen Leistungswerte separat abgespeichert und mittels einer Integriereinheit auf integriert. Alternativ hierzu weist das Modul lediglich einen einzigen Speicher für den Energiewert auf, der mit jedem neu ermittelten Leistungswert um eben diesen Betrag erhöht wird. Geeigneterweise ist der Energiewert ein digitales Wort mit 16-Bit, 24-Bit, 32-Bit oder 64-Bit, was die Weiterverarbeitung erleichtert. Der Energiewert wird mittels der Datenleistung an die Zentraleinheit übertragen. Zweckmäßigerweise ist der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Übertragungen der Energiewerte konstant und geeigneterweise zwischen einer Millisekunde und 20 Sekunden, 10 Millisekunden und 10 Sekunden. Beispielsweise ist die Zeitspanne kleiner einer Sekunde und vorzugsweise größer oder gleich 30 Millisekunden.

[0038] Geeigneterweise werden die einzelnen Leistungswerte nicht von dem Modul an die Zentraleinheit übertragen. Auf diese Weise ist das mittels der Signalleitung ausgetauschte Datenvolumen vergleichsweise gering, da der Großteil der mittels des Moduls erstellten Daten nicht an die Zentraleinheit übertragen wird. Folglich werden lediglich das elektrische Hilfspotential, insbesondere als analoges Signal, und

der Energiewert übertragen, insbesondere als digitales Wort. Alternativ werden die auf integrierten und/oder aktuellen Messwerte, wie der Stromwert, der Spannungswert, wobei diese beispielsweise zu einem Effektivwert oder einem Scheitelwert der jeweiligen Größe korrespondieren, oder ein Phasenwinkel zwischen dem Stromwert und dem Spannungswert übertragen.

[0039] Die Übertragung des Energiewertes ist nicht zeitkritisch, wohingegen das Übertragen des elektrischen Hilfspotentials im Wesentlichen ohne Zeitverlust erfolgen muss. Mit anderen Worten entspricht der zeitliche Verlauf des elektrischen Hilfspotentials dem zeitlichen Verlauf des elektrischen Potentials, wobei das elektrische Hilfspotential beispielsweise um einen Faktor verringert ist. Auf diese Weise ist es ermöglicht, dass mittels des Moduls sowohl der elektrische Strom als auch das elektrische Potential im Wesentlichen zeitgleich erfasst wird, also in Echtzeit. Insbesondere werden durch Signalkonditionierung bedingte Zeitverzögerungen kompensiert. Der Übertrag des Energiewertes hingegen unterliegt keiner derartigen zeitlichen Anforderung, sodass, sofern eine Anzahl von Modulen vorhanden ist, die Übertragung des jeweiligen Energiewertes seriell, auch mit einer vergleichsweise geringen Übertragungsgeschwindigkeit erfolgen kann. Infolgedessen ist es ermöglicht, eine vergleichsweise kostengünstige Signalleitung zu verwenden.

[0040] Beispielsweise ist die Zentraleinheit mit einem Netzwerk gekoppelt, geeigneterweise mit dem Internet. Insbesondere ist die Messeinrichtung und/oder der Schaltschrank Bestandteil eines Einzelhandelsgeschäftes, wie eines Supermarktes. Alternativ ist die Messeinrichtung bzw. der Schaltschrank Bestandteil eines Systemgastronomiegeschäftes, wie eines Schnellrestaurants. Mittels der jeweiligen Stromleitung wird geeigneterweise eine Kühltruhe und/oder eine Klimaanlage angesteuert und folglich mittels des jeweiligen Moduls die diesen Geräten zugeführte elektrische Energie überwacht.

[0041] Besonders bevorzugt werden folglich im Wesentlichen gleichzeitig der elektrische Strom sowie die elektrische Spannung jeweils mittels des 24-Bit Sigma/Delta-Wandlers (Analog-Digital-Wandler) erfasst, der jeweils eine Abtastrate 12,8 μ s aufweist. Aus diesen Werten werden mit dem, geeigneterweise festverdrahteten, digitalen Signalprozessors jeweils Werte für eine effektive elektrische Spannung, einen effektiven elektrischen Strom, zweckmäßigerweise jeweils als digitales 24-Bit Wort, sowie eine Phasenlage zwischen diesen beiden Werten, als auch eine Wirkleistung, Blindleistung und/oder Scheinleistung ermittelt, wobei der Leistungswert zweckmäßigerweise ein digitales 29-Bit Wort ist. Alle Werte werden alle 200 ms in auslesbaren Registern aktualisiert. Parallel dazu werden die Energiewerte in internen Regis-

tern bei jeder Messung aktualisiert und auch alle 200 ms in auslesbare Register übertragen. Bei einer Abfrage des Moduls werden die in den auslesbaren Registern hinterlegten Werte des Effektivstroms, der Effektivspannung, des Phasenwinkel, der Wirkleistung und der Blindleistung und die auf integrierten Werte der durchgeleiteten Wirk- und Blindenergie (je 32 Bit) an die Zentraleinheit übertragen

[0042] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

[0043] Fig. 1 schematisch einen Schaltschrank mit einer Messeinrichtung,

[0044] Fig. 2 schematisch vereinfacht ausschnittsweise einen Schaltplan der Messeinrichtung mit einer Zentraleinrichtung und einem Modul,

[0045] Fig. 3 ein Verfahren zum Betrieb einer Messeinrichtung, und

[0046] Fig. 4a, Fig. 4b in einer Draufsicht und perspektivisch das Modul.

[0047] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0048] In Fig. 1 ist schematisch ein Schaltschrank 2 eines Supermarktes dargestellt, mittels dessen eine Beleuchtung, Kühltruhen und eine Klimaanlage geschaltet werden. Hierfür weist der Schaltschrank 2 zwei Hutschienen 4 auf, an denen jeweils exemplarisch drei Lastschalter 6 angehängt sind. Mittels jedes, als anreihbares Gerät ausgestalteten, Lastschalters 6 wird ein elektrischer Strom geschaltet, der mittels Stromleitungen 8, 10, 12 geführt ist. Mit anderen Worten weist der Schaltschrank 2 zwei erste Stromleitungen 8, zwei zweite Stromleitungen 10 und zwei dritte Stromleitungen 12 auf, wobei exemplarisch jeweils eine von diesen Stromleitungen 8, 10, 12 einem der Lastschalter 6 jeweils einer der Hutschienen 4 zugeordnet ist. Die Strom Stromleitungen 8, 10, 12 sind Bestandteil eines Wechselstromnetzes, und mit jeder der Stromleitungen wird ein Wechselstrom mit einer Stromstärke von bis zu 100 Ampere geführt, wobei das elektrische Potential gegenüber einem Neutralpunkt N eine (effektive) Amplitude von 230 V (in der Spitze von 380 V) aufweist. Die Frequenz, mit der sowohl der elektrische Strom als auch das elektrische Potential schwingt, beträgt 50 Hz oder 60 Hz. Die Phase, um die die jeweiligen sinusförmigen Strom- und Potentialverläufe zueinander verschoben sind beträgt 120°. Die ersten Stromleitungen 8 liegen hierbei auf einem ersten elektrischen Potential U, die zweiten Stromleitungen 10 liegen auf einem zweiten elektrischen Potential V, und die dritten Stromleitungen 12 liegen auf einem dritten

elektrischen Potential W. Ein Gehäuse des Schaltschranks 2 ist gegen Masse geführt.

[0049] An den mit der der ersten Stromleitung 8 elektrisch kontaktierten Lastschaltern 6 ist jeweils ein erstes Modul 14, an den mit den zweiten Stromleitung 10 elektrisch kontaktierten Lastschalter 6 ist jeweils ein zweites Modul 16 und den mit den dritten Stromleitungen 12 elektrisch kontaktierten Lastschaltern 6 ist jeweils ein drittes Modul 18 einer Messeinrichtung 20 zur Energieerfassung angehängt. Die ersten Module 14, die zweiten Module 16 und die dritten Module 18 sind baugleich und jeweils mittels einer Schnittstelle 22 mit dem jeweiligen zugeordneten Lastschalter 6 befestigt. Die Schnittstelle 22 ist hierbei ein Klettverschluss, sodass die Module 14, 16, 18 an dem jeweiligen Lastschalter 6 befestigt sind. Alle Module 14, 16, 18 sind mittels einer Signalleitung 24 miteinander und mit einer Zentraleinheit 26 signaltechnisch gekoppelt, die zwischen den beiden Hutschienen 4 positioniert ist. Die Signalleitung 24 ist ein Flachbandkabel und zur Übertragung von Daten gemäß des RS-485 Standards ertüchtigt.

[0050] Die Zentraleinheit 26 weist ein, insbesondere farbiges, Display 18 zur Ausgabe von Informationen sowie ein Tastenfeld 30 auf, mittels dessen Einstellungen der Zentraleinheit 26 sowie die mittels des Displays 28 angezeigten Informationen verändert werden können. Alternativ ist das Display 28 als Touchscreen ausgestaltet. Ferner umfasst die Zentraleinheit 26 eine Kommunikationsschnittstelle 32 mittels derer einerseits eine Programmierung der Zentraleinheit 26 erfolgt als auch andererseits mittels der Zentraleinheit 26 gespeicherte Daten ausgelesen werden können. Die Kommunikationsschnittstelle 32 ist eine RS-485 Schnittstelle, eine WLAN-Antenne, ein Ethernet-Kabelanschluss ein UMTS-Modul, oder Bluetooth, so dass die Zentraleinheit 26 mittels einer App von z. B. Smartphones steuerbar ist. In einer weiteren Ausführung der Zentraleinheit 26 ist das Display 18 und das Tastenfeld 30 weggelassen sowie Kommunikationsschnittstelle 32 eine RS-485 Schnittstelle, mittels derer insbesondere eine bereits vorhandenen, bestehenden Steuerung verbunden ist.

[0051] In Fig. 2 ist ein Schaltplan der Messeinrichtung 20 ausschnittsweise schematisch vereinfacht dargestellt, wobei lediglich die Zentraleinheit 26 sowohl eines der ersten Module 14 gezeigt ist, das baugleich zu den zweiten Modulen 16 und den dritten Modulen 18 ist. Die Zentraleinheit 26 weist einen Anschluss 34 auf, mittels dessen sowohl die erste Stromleitung 8 als auch die zweite Stromleitung 10 und die dritte Stromleitung 12 elektrisch kontaktiert sind. Ferner ist ein Neutralleiter 36 mit dem Anschluss 34 elektrisch kontaktiert, der gegen den Neutralpunkt N geführt ist. Die erste Stromleitung 8 ist mittels des Anschlusses 34 sowie einer internen Verkabelung gegen einen ersten Spannungsteiler 38, die

zweite Stromleitung **10** gegen einen zweiten Spannungsteiler **40** und die dritte Stromleitung **12** gegen einen dritten Spannungsteiler **42** geführt. Mit anderen Worten weist jeder der Spannungsteiler **38, 40, 42** eine Primärseite **44** auf, die mit der jeweiligen Stromleitung **8, 10, 12** gekoppelt ist.

[0052] Der erste, zweite und dritte Spannungsteiler **38, 40, 42** sind baugleich ausgestaltet und weisen zwei in Reihe geschaltete Widerstände **46** auf, die gegen den Neutralleiter **36** geführt sind. Zwischen den beiden Widerständen **46** ist ein Mittelabgriff **48** gebildet, der eine Sekundärseite **50** des jeweiligen Spannungsteilers **38, 40, 42** bildet. Die Sekundärseite **50** der Spannungsteiler **38, 40, 42** ist jeweils gegen einen Isolationsverstärker **52** geführt und diese jeweils gegen einen ersten Stecker **54**. Hierbei ist zwischen jedem Isolationsverstärker **52** und dem ersten Stecker **54** jeweils ein weiterer Spannungsteiler elektrisch geschaltet, wobei sämtliche weitere Spannungsteiler auf deren Sekundärseite gegen ein gemeinsames Bezugspotential geführt sind. Mit dem Stecker **54** ist die Signalleitung **24** signaltechnisch gekoppelt, die eine erste Ader **56**, eine zweite Ader **58** und eine dritte Ader **60** sowie eine vierte Ader **62** aufweist. Die erste Ader **56** ist mittels des Steckers **54**, mittels eines der Isolationsverstärker **52** und mittels des ersten Spannungsteilers **38** mit der ersten Stromleitung **8** gekoppelt. Ebenso ist die zweite Ader **58** mit der zweiten Stromleitung **10** und die dritte Ader **60** mit der dritten Stromleitung **12** gekoppelt. Die vierte Ader **42** ist mittels des Steckers **54** mit einer Recheneinheit **64** signaltechnisch gekoppelt, die wiederum mit der Kommunikationsschnittstelle **32** signaltechnisch verbunden ist. Die Signalleitung **24** weist noch eine weitere, nicht dargestellte Ader (Daten-Ader) auf, mittels der Daten übertragen werden, sodass mit dieser und der vierten Ader **42** der RS-485 Standard erfüllt ist. Ferner umfasst die Signalleitung **24** zwei weitere, nicht dargestellte Adern, mittels derer eine Bestromung des ersten Moduls **14** erfolgt. Von diese beiden Adern ist eine mit Masse und die verbleibende mit einer Stromversorgung elektrisch kontaktiert, die Bestandteil der Zentraleinheit **26** ist. Die Signalleitung **24** weist noch eine weitere, nicht dargestellte Ader auf, die mit dem Bezugspotential der Spannungsteiler elektrisch kontaktiert ist. Die Signalleitung **24** weist folglich acht Adern auf.

[0053] Das erste Modul **14** weist ebenfalls einen Stecker **66** auf, der signaltechnisch mit der Signalleitung **24** gekoppelt ist. Mit der ersten, zweiten und dritten Ader **56, 58, 60** ist ein Analog-Multiplexer **70** elektrisch kontaktiert. Dessen Ausgang ist gegen einen zweiten Sensor **72** geführt, der als Sensor zur elektrischen Spannungsmessung ausgestaltet ist. Hierbei wird mittels des zweiten Sensors **72** die zwischen dem Ausgang des Analog-Multiplexer **70** und dem Bezugspotential anliegende elektrische Spannung erfasst. Der zweite Sensor **72** umfasst ferner

einen Analog-Digital-Wandler **74** mit einer Abtastfrequenz von 7,8125 kHz, mittels dessen ein digitales Wort mit 24-Bit Länge zu jedem Messwert erstellt wird. Das digitale Wort wird bei Betrieb an eine Recheneinheit **76** übertragen, die ferner signaltechnisch mit einem ersten Sensor **78** gekoppelt ist.

[0054] Der erste Sensor **78** ist zum berührungslosen Messen eines ersten elektrischen Stromes I_1 ausgestaltet, der mittels der dem ersten Modul **14** zugeordneten ersten Stromleitung **8** geführt ist. Bei Betrieb wird der Messwert mittels eines Analog-Digital-Wandlers **80** in ein digitales Wort mit einer Länge von 24-Bit umgewandelt und an die Recheneinheit **76** geleitet. Der Analog-Digital-Wandler **74** des zweiten Sensors **72** ist baugleich zu dem Analog-Digital-Wandler **80** des ersten Sensors **78**. Mit anderen Worten weisen die beiden Analog-Digital-Wandler **74, 80** die gleiche Abtastfrequenz auf. Mittels der Recheneinheit **76** wird bei Betrieb ein Zeitsignal an den ersten Sensor **78** und den zweiten Sensor **72** übertragen, sodass die Messung und die Digitalisierung des jeweiligen Messwertes im Wesentlichen zeitgleich erfolgen. Die Recheneinheit **76** ist signaltechnisch mit einem Speicher **82** gekoppelt, der mittels des Steckers **66** mit der vierten Ader **62** signaltechnisch verbunden ist. Folglich ist der Speicher **82** mittels der Signalleitung **24** mit der Recheneinheit **64** der Zentraleinheit **26** signaltechnisch gekoppelt.

[0055] In Fig. 3 ist ein Verfahren **84** zum Betrieb der Messeinrichtung **20** dargestellt. In einem ersten Arbeitsschritt **86** wird der Analog-Multiplexer **70** des ersten Moduls **14** mittels der Zentraleinheit **26** eingestellt. Hierfür wird ein Einstellsignal von der Recheneinheit **64** der Zentraleinheit **26** mittels der Signalleitung **24** an die Recheneinheit **76** des ersten Moduls **14** übertragen, anhand dessen die Einstellung des Analog-Multiplexers **70** erfolgt. Die Einstellung ist derart, dass die erste Ader **56** mittels des Analog-Multiplexers **70** mit dem ersten Sensor **72** elektrisch verbunden ist. Ebenso werden in dem ersten Arbeitsschritt **86** die zweiten Module **16** und die dritten Module **18** eingestellt, wobei die zu der jeweiligen Stromleitung **10, 12** korrespondierende Ader **58, 60** mittels des Analog-Multiplexers **70** gegen den jeweiligen zweiten Sensor **72** geführt wird. So wird bei den zweiten Modulen **16** mittels des Analog-Multiplexers **70** die zweite Ader **58** mit dem zweiten Sensor **72** und bei den dritten Modulen **18** die dritte Ader **60** mittels des Analog-Multiplexers **70** mit dem jeweiligen zweiten Sensor **72** elektrisch verbunden. Auf diese Weise wird die Phase eingestellt, sodass mittels des jeweiligen Moduls **14, 16, 18** die zu den mittels der jeweiligen Stromleitung **8, 10, 12** korrespondierender elektrischen Potentiale U, V, W erfasst werden können.

[0056] In einem zweiten Arbeitsschritt **88** wird mittels des ersten zweiten und dritten Spannungsteilers **38, 40, 42** jeweils ein zu dem ersten, zweiten und drit-

ten elektrischen Potential U , V , W korrespondierendes, erste, zweites und drittes elektrisches Hilfspotential U' , V' , W' sowie das Bezugspotential erstellt. Das Verhältnis zwischen dem ersten elektrischen Potential U und Neutralpunkt N ist gleich dem mit einem Faktor multiplizierten Verhältnis zwischen dem erste elektrischen Hilfspotential U' und dem Bezugspotential. Ebenso ist das Verhältnis zwischen dem zweiten elektrischen Potential V und Neutralpunkt N gleich dem mit dem gleichen Faktor multiplizierten Verhältnis zwischen dem zweiten elektrischen Hilfspotential V' und dem Bezugspotential, und das Verhältnis zwischen dem dritten elektrischen Potential W und Neutralpunkt N ist gleich dem mit dem gleichen Faktor multiplizierten Verhältnis zwischen dem dritten elektrischen Hilfspotential W' und dem Bezugspotential. Der Faktor ist beispielsweise 1000. In einem dritten Arbeitsschritt **90** werden die elektrischen Hilfspotentiale U' , V' , W' in die Signalleitung **24** eingespeist, sodass das elektrische Potential der ersten Ader **26** gleich dem ersten elektrischen Hilfspotential U' , das elektrische Potential der zweiten Ader **58** gleich dem zweiten elektrischen Hilfspotential V' und das elektrische Potential der dritten Ader **60** gleich dem dritten elektrischen Hilfspotential W' ist.

[0057] In einem vierten Arbeitsschritt **92** wird mittels der zweiten Sensoren **72** das elektrische Hilfspotential U' , V' , W' gemessen. Hierbei erfolgt mittels der ersten Module **14** die Messung des ersten elektrischen Hilfspotentials U' , mittels der zweiten Module **16** die Messung des zweiten elektrischen Hilfspotentials V' und mittels der dritten Module **18** die Messung des dritten elektrischen Hilfspotentials W' . Mittels des jeweiligen Analog-Digital-Wandlers **74** des zweiten Sensors **72** wird aus den gemessenen elektrischen Hilfspotential U' , V' , W' ein zu dem elektrischen Potential U' , V' , W' korrespondierender Spannungswert **94** erstellt, der ein digitales Wort mit der Länge 32 Bit ist. Zeitgleich zu dem vierten Arbeitsschritt **92** wird ein fünfter Arbeitsschritt **96** ausgeführt, bei dem mittels des ersten Sensors **78** der mit der jeweiligen Stromleitung **8**, **10**, **12** geführte elektrische Strom berührungslos gemessen und mittels des Analog-Digital-Wandlers **80** ein hierzu korrespondierender Stromwert **98** erstellt wird, der ein digitales Wort mit der Länge 32 Bit ist. Hierbei wird mittels der ersten Module **14** der jeweilige mit der ersten Stromleitung **8** geführte erste elektrische Strom I_1 , mit den zweiten Modulen **16** ein mit der jeweils zugeordneten zweiten Stromleitung **10** geführter elektrische Strom I_2 und mit den dritten Modulen **18** ein mit der jeweils zugeordneten dritten Stromleitung **12** geführter dritte elektrische Strom I_3 erfasst.

[0058] In einem sechsten Arbeitsschritt **100** werden der Spannungswert **54** und der Stromwert **98** des jeweiligen Moduls **14**, **16**, **18** miteinander multipliziert und somit ein Leistungswert **102** erstellt. Dieser entspricht der mit der dem jeweiligen Modul **14**, **16**, **18**

zugeordneten Stromleitung **8**, **10**, **12** übertragenen elektrischen Leistung. Da zwischen dem zeitlichen Verlauf der elektrischen Hilfspotentiale U' , V' , W' und dem elektrischen Potential U , V , W im Wesentlichen kein Zeitversatz existiert, ist der jeweilige Leistungswert **102** vergleichsweise genau.

[0059] Die Messung und Erstellung des Spannungswertes **94** sowie des Stromwertes **98** und des Leistungswertes **102** wird bei Betrieb der Messeinrichtung **20** wiederholt und erfolgt mit der Abtastfrequenz der Sensoren **72**, **78**, also alle 12,8 μ s. Die Leistungswerte **102** werden mittels der Recheneinheit **76** erstellt und in einem internen Speicher hinterlegt. Auch werden die Leistungswerte **102** zu einem Energiewert **103** auf integriert. Alle 200 ms wird ein siebter Arbeitsschritt **104** ausgeführt, bei dem alle erfassten Werte **94**, **98**, **102**, **103** in dem Speicher **82** hinterlegt werden. In einem sich daran anschließenden achten Arbeitsschritt **108** wird der Energiewert **103** in die Signalleitung **24** eingespeist und mittels der vierten Ader **62** und der weiteren Daten-Ader zur Recheneinheit **64** der Zentraleinheit **26** übertragen. Bei Bedarf werden über diese beiden Adern der Signalleitung **24** auch der in dem Speicher **82** hinterlegte Spannungswert **94**, Stromwert **98** und der Leistungswert **102** übertragen.

[0060] In Fig. 4a ist in einer Draufsicht in einer Schnittdarstellung das erste Modul **14** dargestellt. Das erste Modul **14** umfasst ein aus einem Kunststoff gefertigtes L-förmiges Gehäuse **110**, wobei die Abmessungen eines der Schenkel des Gehäuses **110** gleich 35 Millimeter mal 17 Millimeter mal 15 Millimeter ist. Das Gehäuse **110** weist ferner eine zentrale runde Aussparung **112** auf, innerhalb derer die erste Stromleitung **8** positioniert ist. Um die zentrale Aussparung **112** ist ein geschlitzter Ringkern **114** des ersten Sensors **78** angeordnet, wobei innerhalb des Schlitzes ein Hall-Sensor **116** positioniert ist. Der Hall-Sensor **116** ist mit dem Analog-Digital-Wandler **80** des ersten Sensors **78** verbunden.

[0061] In Fig. 4b ist das erste Modul **14** perspektivisch ausschnittsweise dargestellt, wobei das Gehäuse **110** aufgebrochen ist. Im Inneren des Gehäuses **110** ist eine Flachbaugruppe **118** positioniert, mittels derer sowohl der erste als auch der zweite Sensor **78**, **72** die Recheneinheit **76** und der Speicher **82** realisiert sind. Die Flachbaugruppe **118** weist eine flexible Leiterplatte **120** auf, an der drei Leiterplatten **122** aus mit Glasfaser verstärktem Epoxidharz angebunden sind. Die flexible Leiterplatte **120** ist eine Polyimid-Folienleiterplatte, und die Abmessungen der Leiterplatten **122** sind gleich. Die Leiterplatten **122** sind parallel zueinander angeordnet, sodass die Flachbaugruppe **118** im Wesentlichen S-förmig gebogen ist. Die Flachbaugruppe **118** weist einen Pfostenverbinder **124** mit einer zu der Anzahl der Adern **56**, **58**, **60**, **62** der Signalleitung **24** korrespondieren-

de Anzahl an Kontakten **126** auf. Mittels des Pfostenverbinders **124** ist der Stecker **66** des ersten Moduls **14** bereitgestellt.

[0062] Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel beschriebene Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

2	Schaltschrank	90	dritter Arbeitsschritt
4	Hutschiene	92	vierter Arbeitsschritt
6	Lastschalter	94	Spannungswert
8	erste Stromleitung	96	fünfter Arbeitsschritt
10	zweite Stromleitung	98	Stromwert
12	dritte Stromleitung	100	sechster Arbeitsschritt
14	erstes Modul	102	Leistungswert
16	zweites Modul	103	Energiewert
18	drittes Modul	104	siebter Arbeitsschritt
20	Messeinrichtung	108	achter Arbeitsschritt
22	Schnittstelle	110	Gehäuse
24	Signalleitung	112	Aussparung
26	Zentraleinheit	114	Ringkern
28	Display	116	Hall-Sensor
30	Tastenfeld	118	Flachbaugruppe
32	Kommunikationsschnittstelle	120	flexiblen Leiterplatte
34	Anschluss	122	Leiterplatte
36	Neutralleiter	124	Pfostenverbinder
38	erster Spannungsteiler	126	Kontakt
40	zweiter Spannungsteiler	U	erstes elektrisches Potential
42	dritter Spannungsteiler	V	zweites elektrisches Potential
44	Primärseite	W	drittes elektrisches Potential
46	Widerstand	U'	erstes elektrisches Hilfspotential
48	Mittelabgriff	V'	zweites elektrisches Hilfspotential
50	Sekundärseite	W'	drittes elektrisches Hilfspotential
52	Isolationsverstärker	N	Neutralpunkt
54	Stecker	I₁	erster elektrischer Strom
56	erste Ader	I₂	zweiter elektrischer Strom
58	zweite Ader	I₃	dritter elektrischer Strom
60	dritte Ader		
62	vierte Ader		
64	Recheneinheit		
66	Stecker		
70	Analog-Multiplexer		
72	zweiter Sensor		
74	Analog-Digital-Wandler		
76	Recheneinheit		
78	erster Sensor		
80	Analog-Digital-Wandler		
82	Speicher		
84	Verfahren		
86	erster Arbeitsschritt		
88	zweiter Arbeitsschritt		

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102012109468 B3 [0004]

Patentansprüche

1. Messeinrichtung (20), insbesondere zur Energieerfassung, mit einer Zentraleinheit (26) und einem ersten Modul (14), die signaltechnisch mittels einer Signalleitung (24) gekoppelt sind, wobei das erste Modul (14) einen ersten Sensor (78) zum berührungslosen Erfassen eines mittels einer ersten Stromleitung (8) eines Wechselstromnetzes geführten ersten elektrischen Stroms (I_1) umfasst, und wobei das erste Modul (14) einen zweiten Sensor (72) zum Erfassen eines an der ersten Stromleitung (8) anliegenden ersten elektrischen Potentials (U) aufweist.

2. Messeinrichtung (20) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zentraleinheit (26) einen, insbesondere resistiven, ersten Spannungsteiler (40) mit einer Primärseite (44) und einer Sekundärseite (50) aufweist, wobei die Primärseite (44) mit der ersten Stromleitung (8) und die Sekundärseite (50) mit der Signalleitung (24) gekoppelt ist.

3. Messeinrichtung (20) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Sensor (72) elektrisch mit der Signalleitung (24) gekoppelt ist, und insbesondere einen Analog-Digital-Wandler (74) umfasst.

4. Messeinrichtung (20) nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch ein zweites Modul (16), das einen ersten Sensor (78) zum berührungslosen Erfassen eines mittels einer zweiten Stromleitung (10) des Wechselstromnetzes geführten zweiten elektrischen Stroms (I_2) und einen zweiten Sensor (72) zum Erfassen eines an der zweiten Stromleitung (10) anliegenden zweiten elektrischen Potentials (V) aufweist, das zu dem ersten elektrischen Potential (U) der ersten Stromleitung (8) um eine Phase verschoben ist, wobei die Zentraleinheit (26) einen, insbesondere resistiven, zweiten Spannungsteiler (40) mit einer Primärseite (44) und mit einer Sekundärseite (50) aufweist, wobei die Primärseite (44) mit der zweiten Stromleitung (10) und die Sekundärseite (50) mit dem zweiten Sensor (72) des zweiten Moduls (16) mittels der Signalleitung (24) elektrisch gekoppelt ist, und wobei insbesondere die Phase in den beiden Modulen (14, 16) eingestellt ist.

5. Messeinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Modul (14) eine Schnittstelle (22) für einen Lastschalter (6) aufweist, und insbesondere an diesem befestigt ist.

6. Messeinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Modul (14) eine Flachbaugruppe (118) aufweist, die einen Pfostenverbinder (124) zur signaltechnisch Kopplung mit der Signalleitung (24) und/oder eine An-

zahl Leiterplatten (122) umfasst, die mittels einer flexiblen Leiterplatte (120) verbunden sind.

7. Messeinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Sensor (78) einen Hall-Sensor (116) aufweist, und insbesondere einen Analog-Digital-Wandler (80) umfasst.

8. Schaltschrank (2) mit einer Stromleitung (8, 10, 12) und mit einer Messeinrichtung (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, und insbesondere mit einem Lastschalter (6).

9. Verfahren (84) zum Betrieb einer Messeinrichtung (20) mit einer Zentraleinheit (26) und einem Modul (14, 16, 18), die signaltechnisch mittels einer Signalleitung (24) gekoppelt sind, wobei das Modul (14, 16, 18) einen ersten Sensor (78) zum berührungslosen Erfassen eines mittels einer Stromleitung (8, 10, 12) geführten elektrischen Stroms (I_1, I_2, I_3) und einen zweiten Sensor (72) zum Erfassen eines an der Stromleitung (8, 10, 12) anliegenden elektrischen Potentials (U, V, W) aufweist, bei dem

- mittels der Zentraleinheit (26) das elektrische Potential (U, V, W) auf ein elektrisches Hilfspotential (U', V', W') gebracht wird,
- das elektrische Hilfspotential (U', V', W') in die Signalleitung (24) eingespeist wird,
- das elektrische Hilfspotential (U', V', W') mittels des zweiten Sensors (72) erfasst und hieraus ein zum elektrische Potential (U, V, W) korrespondierender Spannungswert (94) erstellt wird,
- der elektrische Strom (I_1, I_2, I_3) mittels des ersten Sensors (78) erfasst und hieraus ein Stromwert (98) erstellt wird,
- mittels des Stromwerts (98) und des Spannungswerts (94) ein Leistungswert (102) erstellt wird.

10. Verfahren (84) nach Anspruch 9, bei dem

- eine Anzahl an Leistungswerten (102) erstellt wird,
- die Leistungswerte (102) zu einem Energiewert (103) integriert werden, und
- der Energiewert (103) mittels der Signalleitung (24) an die Zentraleinheit (26) übertragen wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

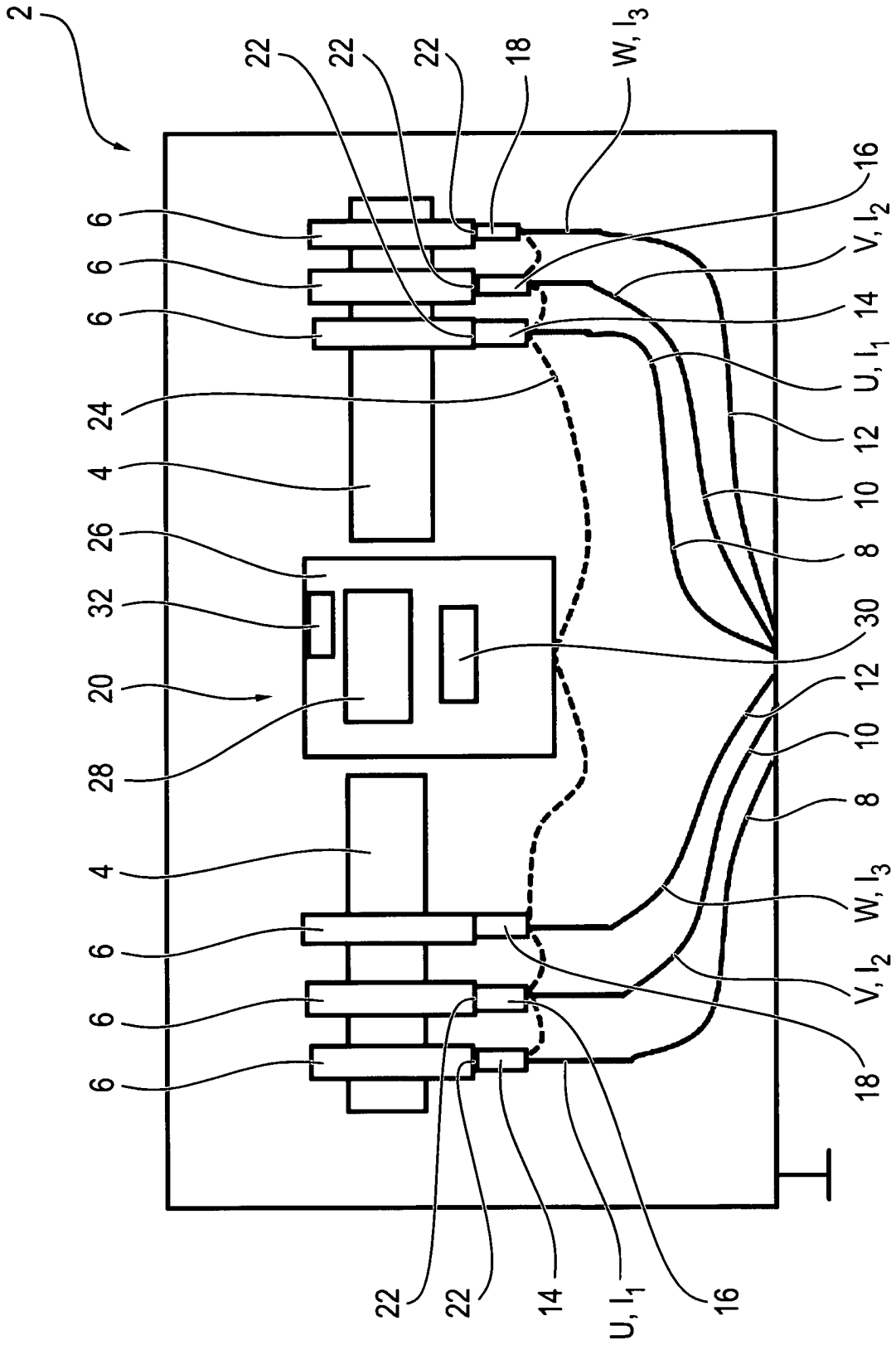


FIG. 1

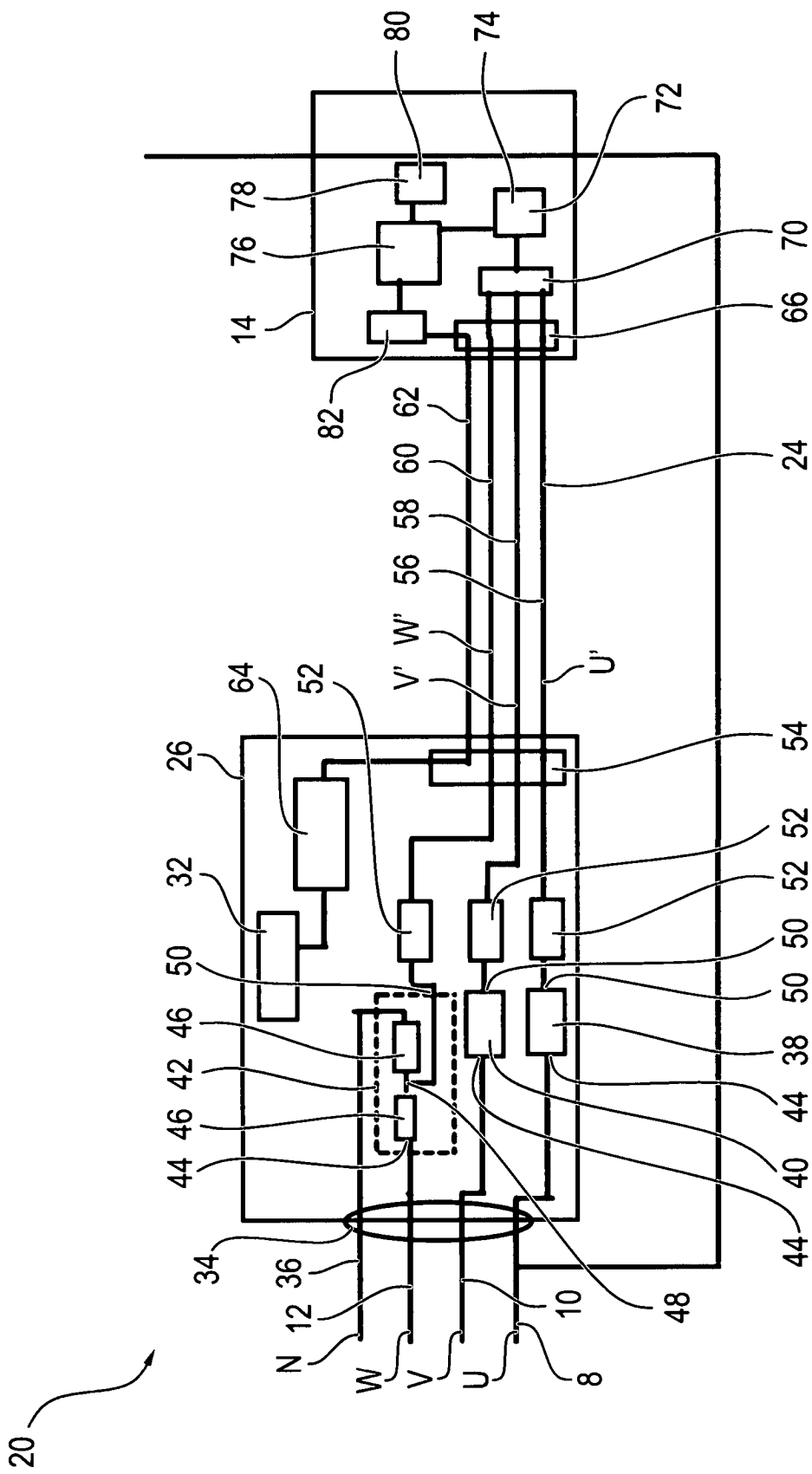


FIG. 2

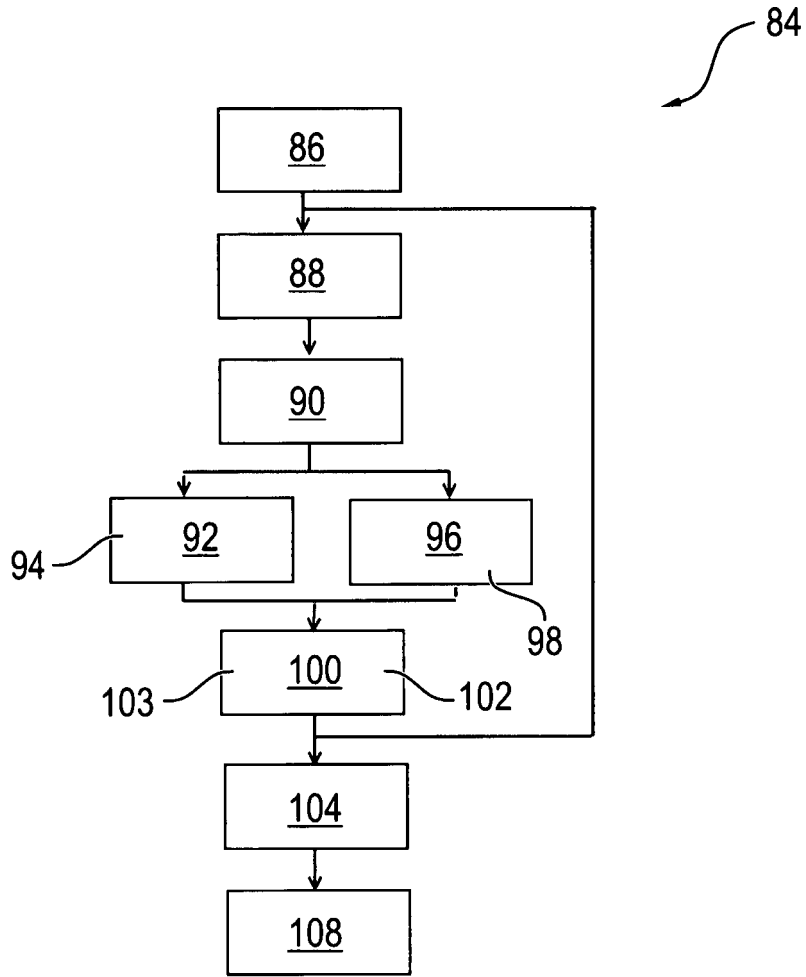


FIG. 3

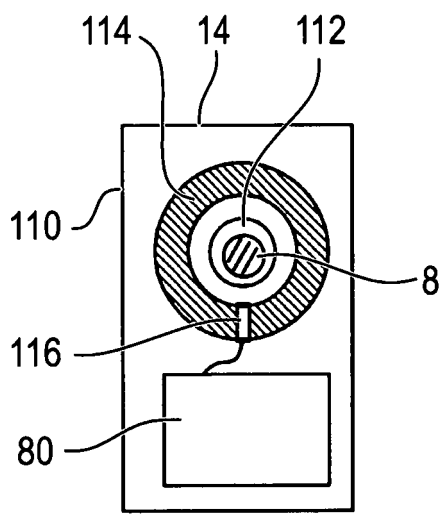


FIG. 4a

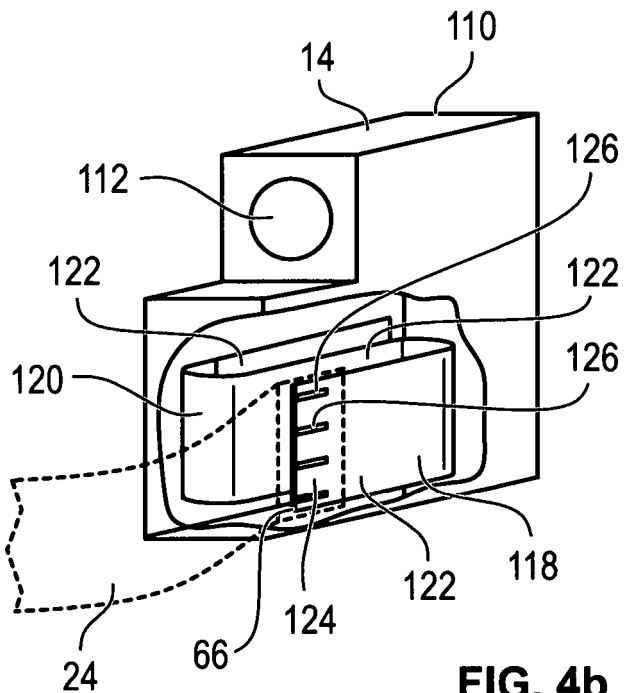


FIG. 4b