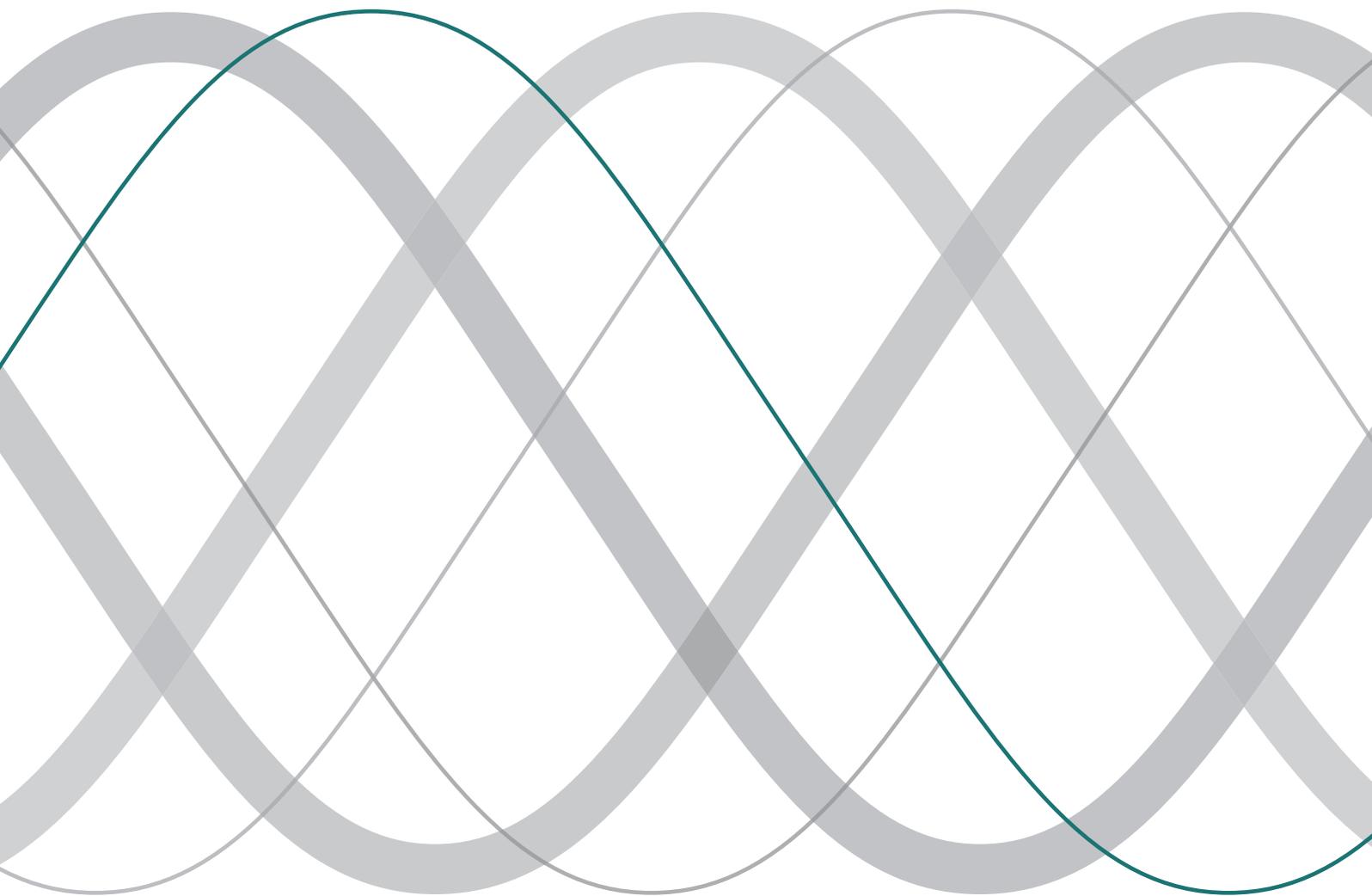


# LIVARSA

Das **EP**plus-System | Technischer Hintergrund





**SO WENIG WIE MÖGLICH  
UND SO VIEL WIE NÖTIG, WENN ES  
UM DEN ENERGIEVERBRAUCH GEHT**

Mit dem **EP**plus-System maximieren Sie Ihre Energieeffizienz bei gleichzeitiger Kostenminimierung



# INHALT

---

4	<b>WISSENSWERTES</b>	Geschichtliches aus der Elektrotechnik
10	<b>GRUNDLAGEN</b>	Das <b>EP</b> plus-System – die Technologie zur Effizienzsteigerung
12	<b>SYSTEMAUFBAU</b>	Anlagenteile und Komponenten, Sicherheit
20	<b>FUNKTION</b>	Beschreibung des <b>EP</b> plus-Systems
26	<b>WIRKUNG</b>	Wirkung des Rückkopplungsstroms
38	<b>FELDMESSUNG</b>	Messtechnik, Effekte und Messanalyse
46	<b>MESSVERFAHREN</b>	Messprotokoll und Nachweis
58	<b>EPplus-System MODELLE</b>	Modellgrößen und Aufbau
60	<b>INSTALLATION</b>	Verschiedene Installationsvarianten

## GESCHICHTLICHES AUS DER ELEKTROTECHNIK

Ein Leben ohne Strom ist in einem industrialisierten Land nicht mehr vorstellbar. Ein Stromausfall («Blackout») hätte fatale Folgen. Innerhalb weniger Tage würde die Welt zum Erliegen kommen. Als Ende des 19. Jahrhunderts mit der Elektrifizierung die zweite industrielle Revolution begann, konnte wohl niemand die Bedeutung erahnen, wie sich die Welt innerhalb weniger Jahrzehnte grundlegend verändern würde. Was mit einem Gleichstromnetz in einzelnen Städten (Inselnetzen) begann, hat sich zu einem komplexen Wechselstromnetz entwickelt. Zeitgleich wurden die Energiemesstechnik und Stromzähler erfunden, um den Verbrauch messen und verrechnen zu können. Ein neues Zeitalter hat begonnen.

Die elektrotechnische Weiterentwicklung ist seither enorm. Was vor kurzem Stand der Technik war, ist bald veraltet. War der Stromkonsum anfangs noch gering, steigt er heute in einem rasanten Tempo an. Neue elektrische Verbraucher benötigen immer weniger Energie für die gleiche zu verrichtende Arbeit wie ihre älteren Vorgänger und werden dabei immer leistungsfähiger. Der Energieverbrauch spielte noch vor einigen Jahrzehnten kaum eine Rolle, heute ist er ein wesentlicher Faktor. LED-Beleuchtung, frequenzgeregelte Motoren und Antriebe, nicht-lineare Verbraucher, effiziente Mittelspannungs-Trafos, stabilisierte Netzteile etc. sorgen für einen effizienten Energieverbrauch. Die ständige Weiterentwicklung von immer effizienteren elektrischen Verbrauchern sorgt einerseits dafür, dass der Energieverbrauch

sinkt. Andererseits führen genau diese neuen Produkte zu einer Verschlechterung der Strom- und Netzqualität, was wiederum zu Verlusten in der Energieübertragung führt. **Gäbe es ein perfektes elektrisches Netz, in dem alle elektrischen Verbraucher und die Verbindungen optimal aufeinander abgestimmt sind, wäre eine Effizienzsteigerung nicht möglich.** Die Realität ist aber eine andere. Durch die Komplexität und viele unbekannt GröÙen bei der Planung von Verbrauchern und elektrischen Netzen werden die Elektroplaner gezwungen, großzügige Reserven einzuplanen. Ebenso führen ständige Veränderungen und Erweiterungen im elektrischen Netz zu geänderten Bedingungen, so dass immer ein Effizienzsteigerungspotential vorhanden ist.

Nach über 150 Jahren hat sich die Elektrotechnik in seinen Grundprinzipien kaum verändert. Die Wissenschaft, neue Materialien, hochgenaue Messinstrumente und die ständige Weiterentwicklung tragen aber dazu bei vorhandene Effizienzpotentiale im Bereich der elektrischen Energie und zum Wohl von Mensch und Natur optimal zu nutzen. Digitalisierung, Vernetzung, Produktion, Globalisierung und somit Wohlstand für die Menschen wäre ohne elektrische Energie nicht möglich gewesen. Die rasante Entwicklung stellt uns aber vor neue Herausforderungen. Klimawandel und wachsender Energiebedarf fordern uns, verstärkt nachhaltig mit unseren Ressourcen umzugehen. Dies haben wir zu unserem Ziel gemacht und tragen dazu bei, den Energiebedarf zu optimieren.



## DER STROMMARKT DER ZUKUNFT

---

Was Mitte des 19. Jahrhunderts mit der Telegrafie und der Galvanik begann, mündete Ende des 19. Jahrhunderts in einem Stromkrieg zwischen dem Gleichstrom- und Wechselstromsystem, der zugunsten des Wechselstroms ausfiel. Das 20. Jahrhundert war geprägt von der Industrialisierung und der Globalisierung. Der Strommarkt war einfach aufgebaut mit einer zentralen Stromversorgungsstruktur und hoher Zuverlässigkeit. Strom war seither wie selbstverständlich vorhanden und niemand machte sich Gedanken wie und wo er produziert wurde. Die Zukunft sieht anders aus. Der Bau dezentraler Erzeugungsanlagen zur Stromerzeugung und – Speicherung wird forciert.

Steigende Energiekosten und Wettbewerbsdruck fordern Unternehmen heraus auf eine effiziente Produktion zu achten. Um Effizienzpotentiale zu erkennen, müssen zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden. Dank neuester Technologien und hochpräzisen Messinstrumenten kann heute sehr genau analysiert werden. Forschung und Entwicklung des Gesamtsystems und der Messmethode, weltweite Feldversuche mit unterschiedlichsten elektrischen Netzgegebenheiten und die Zusammenarbeit mit Universitäten waren die große Herausforderung um ein wirkungsvolles System zu schaffen, das weltweit in Unternehmen aus den unterschiedlichsten Branchen eingesetzt werden kann.



### VERSTEHEN UM ZU OPTIMIEREN

Das heutige Wissen, hochpräzise Messinstrumente, neue Materialien auf der Basis bewährter Technologien und physikalischen, elektrotechnischen Grundprinzipien haben dazu geführt, ein einzigartiges technisches Produkt zu entwickeln, welches eine garantierte Reduktion der Energieverluste (kWh) in einem gesamten Niederspannungsnetz von mindestens 2-6% erreicht. Das System mit integrierter Messtechnik und einem einmaligen verifizierten Messkonzept ermöglicht eine exakte Auswertung und kann dadurch wirtschaftlich und mit garantierten Amortisationszeiten angeboten werden.



## GRUNDLAGEN AUS DER ELEKTROTECHNIK

Das ohmsche Gesetz postuliert folgenden Zusammenhang: Wird an einem Objekt eine veränderliche elektrische Spannung angelegt, verändert sich der hindurchfließende elektrische Strom in seiner Stärke proportional zur Spannung. Mit anderen Worten, der als Quotient aus Spannung und Stromstärke definierte elektrische Widerstand ist konstant, also unabhängig von Spannung und Stromstärke. Tatsächlich gilt das Gesetz nur in engem Rahmen und nur für einige Stoffe – insbesondere für Metalle unter der Voraussetzung konstanter Temperatur. Dennoch ist es die Basis für das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Stromstärke und Spannung in elektrischen Stromkreisen. Georg Simon Ohm wollte eine Formel entwickeln, mit der sich «Wirkung fließender Elektrizität» (heute die Stromstärke) in Abhängigkeit von Material und von Dimensionen eines Drahtes berechnen lässt. Dabei ist er nicht zufällig auf das nach ihm benannte Gesetz gestoßen, sondern hat viel Zeit und viel zielgerichtete Arbeit investiert. Die von ihm gefundene Gesetzmässigkeit in der Form  $I = U : R$ .

Die Wirkleistung  $P$  wird in der Einheit in Watt angegeben. Bei gleichbleibender Spannung und gleichbleibender Stromstärke ist die Wirkleistung das Produkt Spannung  $U$  und Stromstärke  $I$ .

$P = U \times I$ . Als elektrische Energie (Formelzeichen  $E$ ) bezeichnet man Energie, die mittels Elektrizität übertragen oder in elektrischen Feldern gespeichert wird. Energie, die zwischen elektrischer Energie und anderen umgewandelt wird, heisst elektrische Arbeit (Formelzeichen  $W$ ). In der Energiewirtschaft wird die elektrische Energie auch Strommenge oder Elektrizitätsmenge genannt. Als Maßeinheit für elektrische Energie und Arbeit wird die Wattsekunde (Einheitenzeichen  $Ws$ ) oder gleichbedeutend das Joule ( $J$ ) verwendet. Bei quantitativen Angaben zum Energieumsatz im Bereich der elektrischen Energietechnik ist die größere Maßeinheit Kilowattstunde ( $kWh$ ) üblich.

Elektrische Energie ist vielseitig verwendbar, da sie sich mit geringen Verlusten in andere Energieformen umwandeln und gut transportieren lässt. Ihre Erzeugung und die Versorgung von Verbrauchern ist in modernen Gesellschaften von großer Bedeutung.

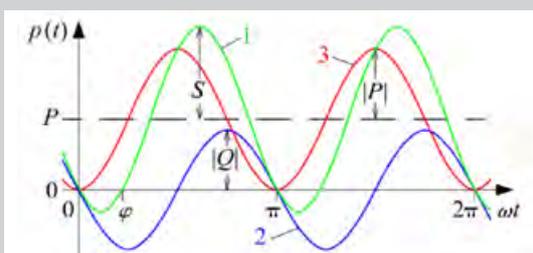
Als Verlustleistung bezeichnet man die Differenz zwischen aufgenommener Leistung (Leistungsaufnahme) und in der Form abgegebener Leistung (Leistungsabgabe) eines Geräts oder von Prozessen. Die physikalische Größe Leistung, auch Wirkleistung  $P$  genannt, ist die in einer Zeitspanne umgesetzte Energie, bezogen auf diese Zeitspanne und wird dann als elektrische Leistung bezeichnet. Bei Wechselstrom sind die Größen Spannung und Stromstärke von der Zeit ( $t$ ) abhängige Größen ( $u$ ) und ( $i$ ). Hier sind mehrere Leistungsbegriffe zu unterscheiden.

▪ **Augenblickswert ( $p$ )** der Leistung auch Momentanleistung genannt

▪ **Wirkleistung  $P$** , die tatsächliche umgesetzte Energie pro Zeitspanne. Sie wird in Watt (Einheitszeichen  $W$ ) angegeben.

▪ **Scheinleistung  $S$** , auch als Anschlusswert oder Anschlussleistung bezeichnet. Sie wird in Voltampere (Einheitszeichen  $VA$ ) angegeben.

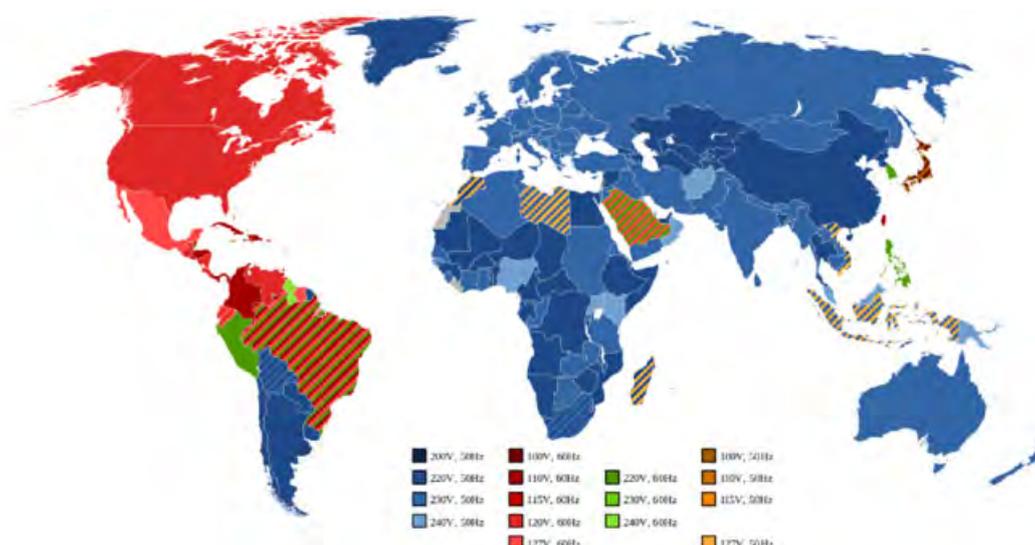
▪ **Blindleistung  $Q$** , eine im Regelfall unerwünschte und nicht nutzbare Energie pro Zeit. Sie wird in Var (Einheitszeichen  $VAR$ ) angegeben.



Augenblickswert  $p(t)$  der Leistung bei sinusförmigem Verlauf. Die tatsächliche bezogene Leistung (Kurve 1) kann als Überlagerung angesehen werden aus einem zur Wirkleistung beitragenden Anteil (Kurve 3) und einem Blindleistung beitragenden Anteil (Kurve 2).

## VERÄNDERUNG DER NETZSPANNUNG 1987-2008

Bereits Anfang der 1980er Jahre bestanden Bemühungen, die Nennspannung weltweit zu harmonisieren. In den Jahren 1987 – 2008 erfolgten innerhalb Europas mehrere Umstellungen. Die Auswirkungen der Spannungsumstellungen auf den Energieverbrauch wurden hierbei verstärkt behandelt. Es wurde der Anschein erweckt, dass durch eine Spannungsveränderung der elektrische Energieverbrauch beeinflusst werden kann. Entgegen der landläufigen Meinung bezog sich die Harmonisierung **auf das Niederspannungsnetz nach dem Mittelspannungstransformator, und nicht auf das Hochspannungsnetz.**



### NENNSPANNUNGEN AUF DER WELTKARTE

200V, 50 Hz	100V, 60 Hz	220V, 60 Hz	100V, 50 Hz
230V, 50 Hz	115V, 60 Hz	230V, 60 Hz	110V, 50 Hz
240V, 50 Hz	127V, 60 Hz	240V, 60 Hz	127V, 50 Hz

Die vereinbarte Netzspannung von 230 Volt war ein Kompromiss zwischen den gebräuchlichen Nennspannungen von 220/380 Volt und 240/415 Volt. **Hauptziel der Harmonisierung war, die weltweiten Marktchancen für elektrische Betriebsmittel und Ausrüstungen zu verbessern, was letztendlich auch den Verbrauchern zugute kommt.** Befürchtungen, die Umstellung der Nennspannung könne sicherheitstechnische negative Auswirkungen auf im Betrieb befindliche Geräte haben, bestätigten sich nicht. In welchem Umfang die Spannungsumstellung zu einem Mehrverbrauch von elektrischer Energie führen wird, konnte damals allerdings nicht exakt angegeben werden.

Klar war, dass sich bei Wärmeanwendungen regelmäßig kein höherer Verbrauch ergibt, da die Betriebstemperatur etwas schneller erreicht bzw. die Betriebszeit entsprechend verkürzt wird. Der Energieverbrauch bleibt insgesamt gleich. Entsprechendes gilt bei den Elektromotoren. Bei Glühlampen wiederum kann sich ein gewisser Energiemehrverbrauch ergeben, weil Glühlampen, die bei der bisherigen Nennspannung mit erhöhter Betriebsspannung betrieben werden, einerseits heller leuchten, andererseits aber auch etwas mehr elektrische Energie verbrauchen.

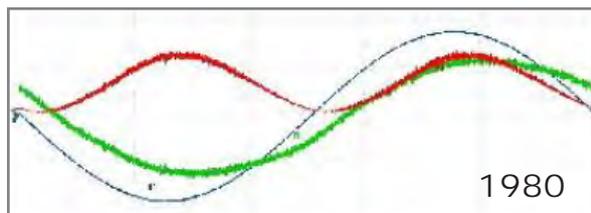
Diese Informationen wurden bereits im Jahre 1991 herausgegeben.

## VERÄNDERUNG DER WELLENFORM 1980 BIS HEUTE

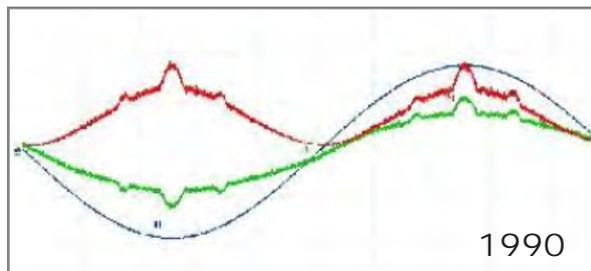
Abbildungen:

Grafische Darstellung der Wellenformen und die Veränderung über die letzten drei Jahrzehnte.

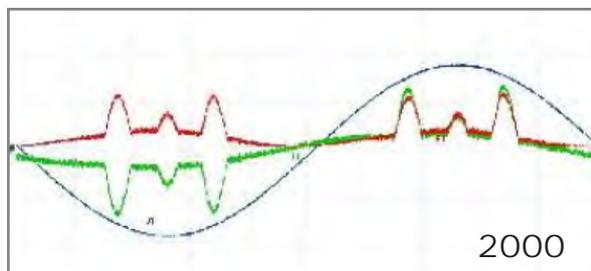
Strom (Grün) Leistung (Rot) Spannung (Blau)



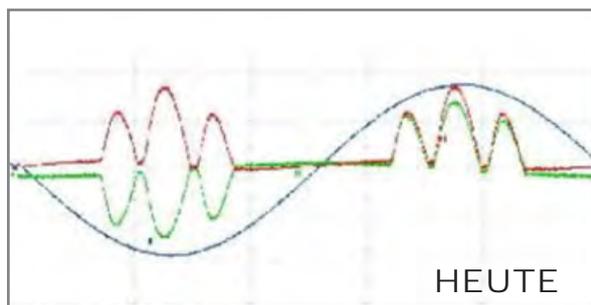
Bis zu dieser Zeit ist die Wellenform aller drei Größen nahezu sinusförmig und sauber. Die Stromkosten sind gering und Effizienz spielt kaum eine Rolle. Damals sind sehr viele lineare Lasten und noch sehr wenig nichtlineare Verbraucher im Einsatz.



Ende der 1980er Jahre werden die elektrotechnischen Bauteile immer kleiner und effizienter. Die Nuklearkatastrophe 1986 in Tschernobyl schärft das Bewusstsein der Menschen mit dem verschwenderischen Umgang von elektrischer Energie. Die Entwicklung neuer, effizienter werdenden Technologien rückt in den Vordergrund. Frequenzgeregelte Antriebe kommen zum Einsatz, die sich zwar positiv auf den Verbrauch auswirken, aber negativen Einfluss auf die Sinuskurve (Wellenform) haben.



Der Wunsch nach arbeits- und zeitsparenden elektrischen Maschinen und Produkten für den Unterhaltungsbereich wächst ständig. Immer mehr Leistungselektronik mit immer effizienteren Bauteilen geht ans Netz und verursacht weitere Verzerrungen auf der Sinuskurve. Diese unerwünschten Belastungen führen zu neuen technischen Herausforderungen und erhöhtem Energieverbrauch bei der Übertragung der elektrischen Energie.



Der weltweite elektrische Energieverbrauch wächst un-aufhaltsam. Weitere Naturkatastrophen wie der Atomreaktorunfall in Fukushima und der Klimawandel führen zu einem Umdenken. Die Energiewende wird beschlossen. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wächst. Der wachsende Anteil dezentraler Einspeisung stellt das traditionelle Energieversorgungsnetz vor neue Herausforderungen. Das gesamte Stromnetz kommt an seine Grenzen.

Ein «Blackout» hätte fatale Folgen und gilt es unbedingt zu vermeiden. Die Gewährleistung einer hohen Strom- und Netzqualität ist hierfür ein wichtiger Faktor. Die veränderten Bedingungen in der Erzeugung wie auch bei den Verbrauchern benötigt eine ganzheitliche Betrachtung. Heute ist es nicht nur wichtig, dass der Strom aus der Steckdose kommt, sondern auch in welcher Qualität.

BLACKOUT  
MORGEN

# AUSWIRKUNG DURCH SPANNUNGSVERÄNDERUNG

Damals wurde befürchtet, dass die Spannungserhöhung von 220 Volt auf 230 Volt neben einem erhöhten Stromverbrauch die Lebensdauer der Verbraucher durch Überhitzungen verkürzt oder die Gefahr von Kabelbränden bestehen könnte. Keine dieser befürchteten Konsequenzen ist eingetroffen.

Die Hersteller haben ihre Produkte an die neuen Normen angepasst, so dass eine Erhöhung der Nennspannung keinen Einfluss auf die elektrischen Verbraucher und den Verbrauch hat.

**Die Spannungserhöhung wurde genutzt um Produkte zu entwickeln, die die Spannung senken und dadurch Stromkosten einsparen sollen. Leider sind solche Aussagen nicht korrekt.** Bei linearen elektrischen Verbrauchern wie Glühbirnen, Dampf lampen, herkömmlichen Leuchtstofflampen, nicht geregelte Antriebe, etc. wirkt sich eine Spannungsänderung direkt auf die Leistung aus und nur in geringem Ausmaß auf den Energieverbrauch. Heutzutage sind alle elektrischen Geräte nichtlineare Verbraucher und somit spannungsunabhängig.

Um mehr Transparenz in dieses Thema zu bekommen, wurde 2009 vom VDE eine 34-seitige Anwenderregel veröffentlicht. Die darin vorgestellten Berechnungsverfahren ermitteln die Einsparung elektrischer Energie, die durch den Einsatz von Energieregler bei stationären und quasistationären Zuständen zu erzielen sind. In drei Beispielen wird gezeigt, was durch eine Spannungsveränderung in einem bestimmten Verbrauchernetzwerk möglich ist.

ALLE INFORMATIONEN FINDEN SIE UNTER DER NUMMER VDE-AR-E 2055-1:2009-10

Betrachtet wird eine Produktionseinheit, in der der Verbrauch pro Stunde bis 100 kWh mit einer konstanten Leistung von 100 kW entspricht und alle Lasten immer mit einer Spannungsdifferenz von -16 Volt in Betrieb sind.

## VARIANTE 1:

<b>40 kW</b> elektrische Widerstände	$\alpha=0,25$	40% des gesamten Verbrauches
20 kW Motoren gesteuert durch Wechselrichter	$\alpha=0,02$	
20 kW AC-Motoren	$\alpha=0,00$	
10 kW Beleuchtung EVG	$\alpha=0,02$	
10 kW EDV/ Informatik	$\alpha=0,02$	

$$\alpha = \frac{\sum_{i=0}^{tA} \alpha_i \times P_{\alpha,i} \times t_i}{\sum_{i=0}^{tA} P_i \times t_i} = 0.108$$

$$u = 1 - 214/230 = 0,06956$$

Reduzierung in % mit der Berechnungsformel  $= \alpha \cdot u \cdot (u-2)^n = 0,108 \times 0,06956 \times (2-0,06956) = 1,45\%$   
maximal erreichbare Einsparungen bei (AV = -16 Volt)

## VARIANTE 2:

<b>20 kW</b> elektrische Widerstände	$\alpha=0,25$	20% des gesamten Verbrauches
30 kW Motoren gesteuert durch Wechselrichter	$\alpha=0,02$	
30 kW AC-Motoren	$\alpha=0,00$	
10 kW Beleuchtung EVG	$\alpha=0,02$	
10 kW EDV/ Informatik	$\alpha=0,02$	<b>= 0,806%</b>

## VARIANTE 3:

<b>10 kW</b> elektrische Widerstände	$\alpha=0,25$	10% des gesamten Verbrauches
35 kW Motoren gesteuert durch Wechselrichter	$\alpha=0,02$	
35 kW AC-Motoren	$\alpha=0,00$	
10 kW Beleuchtung EVG	$\alpha=0,02$	
10 kW EDV/ Informatik	$\alpha=0,02$	<b>= 0,483%</b>

## FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

Die Voraussetzung für die Entwicklung elektrotechnischer Anlagen, die eine Energieeffizienzsteigerung auf eine komplexe elektrische Verbraucherstruktur bewirken, sind spezielle und hochgenaue Messgeräte. Diese sind für Messungen unter Laborbedingungen erforderlich, um Genauigkeit, Stabilität und Flexibilität überhaupt messen und validieren zu können. Mit einer stabilisierten Stromquelle können elektrische Parameter verändert und die jeweiligen Auswirkungen simuliert werden. Nur die Kombination heutiger technischer Möglichkeiten, viele Tests sowie jahrelange Erfahrung ermöglichen es, gute, hochgenaue und innovative Produkte auf den Markt zu bringen.

### Neuster Stand der Technik:

Die Anwendung PWM (Plusweitenmodulation) ist wichtig für die Entwicklung & Forschung unserer Anlagen.



Stromquelle: Programmierbare AC Power Generator Typ 61512 »CHROMA«

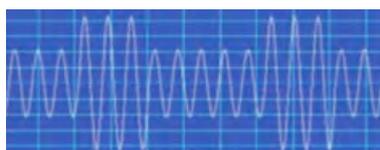
### Weitere technische Daten:

Nennleistung 18kVA, Spannungsbereich: 0-150V / 0-300V / Auto, Frequenz DC, 15Hz-1500Hz, Einphasiger oder dreiphasiger Ausgang wählbar, Programmierbare Spannung und Strombegrenzung, High Output Current Crest Faktor, ideal für Einschaltstromprüfung, ein-ausschalten von Phasenwinkelsteuerung, TL-Signal, das den Ausgangstransienten anzeigt, LIST-PULS-STEP-Modus-Funktion zur Prüfung von Stromleitungsstörung (PLD) Simulation, Spannungseinbrüche, kurz Unterbrechung und Spannungsvariation Simulation, Oberschwingungen, Inter-Harmonischen Wellenform Synthesizer, umfassende Messfähigkeit einschliesslich aktueller Harmonik, analoge programmierbare Schnittstellen, Leistungsfähigkeit kVA durch Implementierung Master-Slave Parallelbetrieb.

**Beispiel:** Zeigt verschiedene Arten von Stromleitungsstörungen die mit der Stromquelle erzeugt werden können



STEP Mode



PULS Mode



LIST Mode



Model 61512

Bei der Entwicklung unseres EPplus-Systems wurden bei den Messungen der Generator AC Power „Chroma“ als Stromquelle eingesetzt. Mit diesem hochwertigen und kalibrierten System war es möglich, unter Laborbedingungen Unsymmetrien oder nicht perfekte Wellenformen, harmonische Verzerrungen, Stromspitzen, Flicker etc. zu produzieren und somit Gegenmaßnahmen zu entwickeln, die zu einer Verbesserung führen.

Alle derzeitigen und zukünftigen elektrischen Verbraucher und Technologien werden immer effizienter, verursachen aber gleichzeitig eine Verschlechterung der Stromqualität, was die Übertragung der Energie und die Netzqualität beeinträchtigt.

Mit Hilfe des Generators „Chroma“ und der Möglichkeit, alle elektrischen Größen individuell und bewusst zu verändern, ist das vorhandene Potential einer Effizienzsteigerung unter Laborbedingungen zu messen und zu visualisieren gewährleistet.

## HOCHWERTIGE MESSTECHNIK

Für die Forschung und Entwicklung unseres Systems sind wir sehr tief in die Elektrotechnik gegangen. Mit 5 bis 50 Millionen Messpunkten innerhalb einer Sekunde und einer stabilisierten, hochpräzisen Stromquelle sind wir in der Lage, alle bekannten elektrotechnischen Parameter zu reproduzieren, zu messen und zu analysieren. Nur hochgenaue Leistungsmessungen ermöglichen einen realistischen Einblick in Energieverbrauch und Leistungsfähigkeit. **Die physikalischen Grundlagen können nicht geändert werden.** Was sich jedoch geändert hat, ist die rasante Weiterentwicklung der elektrischen Verbraucher und die Stromerzeugung. Beides führt zu einer permanenten Verschlechterung der Übertragungs- und Netzqualität. Dank dem Einsatz neuester und hochwertiger Messinstrumente, wie z.B. die Stromquelle „**CHROMA**“ und Leistungsanalytoren **YOKOGAWA** haben wir ein weltweit einzigartiges System entwickelt.

**YOKOGAWA WT 1800** (12 Kanal Messgerät 6 für Spannung / 6 für Strom)



Neben dem hochwertigen Generator als Stromquelle und mit integrierter Messtechnik, wurde auf bewährte und innovative digitale Messtechnik von **YOKOGAWA** gesetzt. Das neueste Gerät, der **WT1800 Leistungsanalysator**, zeichnet sich durch innovative Messfunktionen aus, die den Ingenieur bei der Messung der elektrischen Leistung unterstützen. Es ist damit die ideale Messlösung für die Ermittlung des Produktwirkungsgrads. Diese Messgeräte werden für die Entwicklung von Frequenzumformern, Motorantrieben, Beleuchtungen, unterbrechungsfreien Stromversorgungen und Flugzeug-Stromversorgungen, sowie bei Tests von Transformatoren und anderen Geräten zur Energieumwandlung eingesetzt. Konventionelle Leistungsmessinstrumente können keine genauen zeitbasierten Messungen durchführen und Oszilloskope wurden nicht für Leistungsmessungen entwickelt.

**YOKOGAWA PX 8000** (8 Kanal Messgerät 4 für Spannung / 4 für Strom)

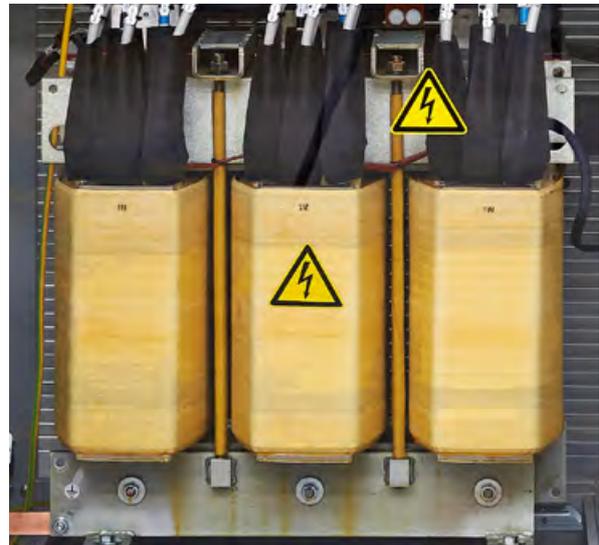


Der **PX8000** ist das weltweit erste Precision Power Scope, das die zeitbasierte Messung von Oszilloskopen in die Welt der Leistungsmesstechnik bringt. Er kann Spannungs- und Stromsignale genau erfassen und ermöglicht damit neue Anwendungen und Lösungen für unterschiedlichste Aufgaben in der Leistungsmessung. Der PX8000 bündelt die langjährige Erfahrung von YOKOGAWA in der Leistungsmessung und mit Oszilloskopen zu einer revolutionären Neuheit.

## EPplus-SYSTEM

Mit dem Ziel, eine Effizienzsteigerung auf einem gesamten elektrischen Verbrauchernetz zu erreichen, wurde auf der Basis bekannter Technologien in Verbindung mit neuen Materialien, Erkenntnissen aus der Steuerungs- und Regelungstechnik und hochpräzisen Messinstrumenten geforscht und entwickelt. Daraus entstand ein innovatives System, das zentral in der Hauptverteilung eingebaut wird. Dieses regelt, steuert, schaltet, verbessert und verändert alle elektrischen Parameter. Die Möglichkeit, diese technischen Veränderungen messtechnisch zu erfassen, und die Effizienzsteigerung zu visualisieren, macht das System einzigartig.

Das EPplus-System kann in allen Industrie- und Gewerbebetrieben, kommunalen und öffentlichen Einrichtungen mit einem Jahresstromverbrauch ab 500'000 kWh wirtschaftlich eingesetzt werden.

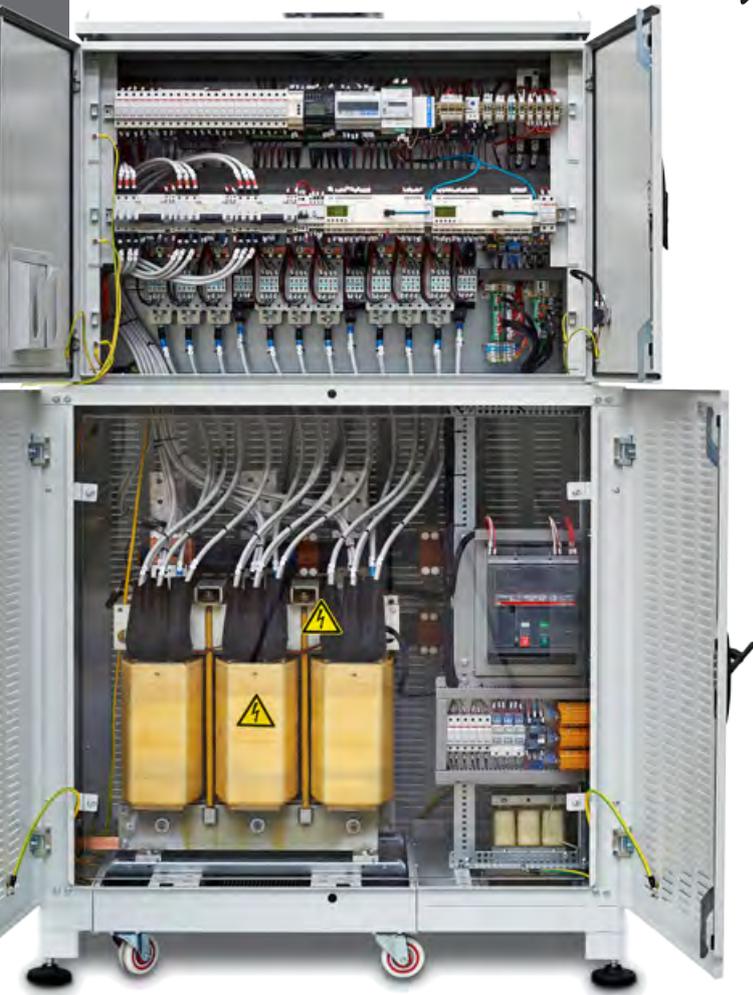


**GARANTIERTE  
REDUZIERUNG  
VON 2% - 6%  
AUF DEN  
GESAMTEN  
ENERGIEVERBRAUCH**



Die Anlagen werden ausschließlich von ausgewählten und geschulten Fachspezialisten installiert. Unsere Partner sind Fachfirmen aus der Elektrobranche und Energieversorgungsunternehmen.

Seit Beginn unserer Forschung und Entwicklung 2008 wurden weltweit mehrere hundert Systeme in Leistungsgrößen von 80 bis 4000 Ampere in unterschiedlichsten Branchen und Unternehmen mit einem großen Verbrauchernetz und mit alten sowie neuesten Technologien installiert und fortlaufend optimiert, um das System zur Marktreife zu entwickeln. Nach fast zehnjähriger Forschungs- und Entwicklungszeit können wir ein System anbieten, das durch die Veränderung des Stromverlauf und Wellenform, eine Verbesserung der Übertragung der elektrischen Energie in einem großen Verbrauchernetzwerk von 2%-6% erzielt.



# AUFBAU EPplus-SYSTEM

Das EPplus-System besteht aus drei Komponenten.

## STEUERSCHRANK (1)

Im Steuerschrank ist die gesamte Mess- und Steuerelektronik und die Übertragungstechnik eingebaut. Alle wesentlichen Bauteile sind Standardkomponenten von Herstellern wie ABB, Siemens, Schneider und Carlo Gavazzi. Eine speziell entwickelte übergeordnete Steuerung und Software steuert und regelt das System.

## MODIFIZIERTER TRENNTANSFORMATOR (2)

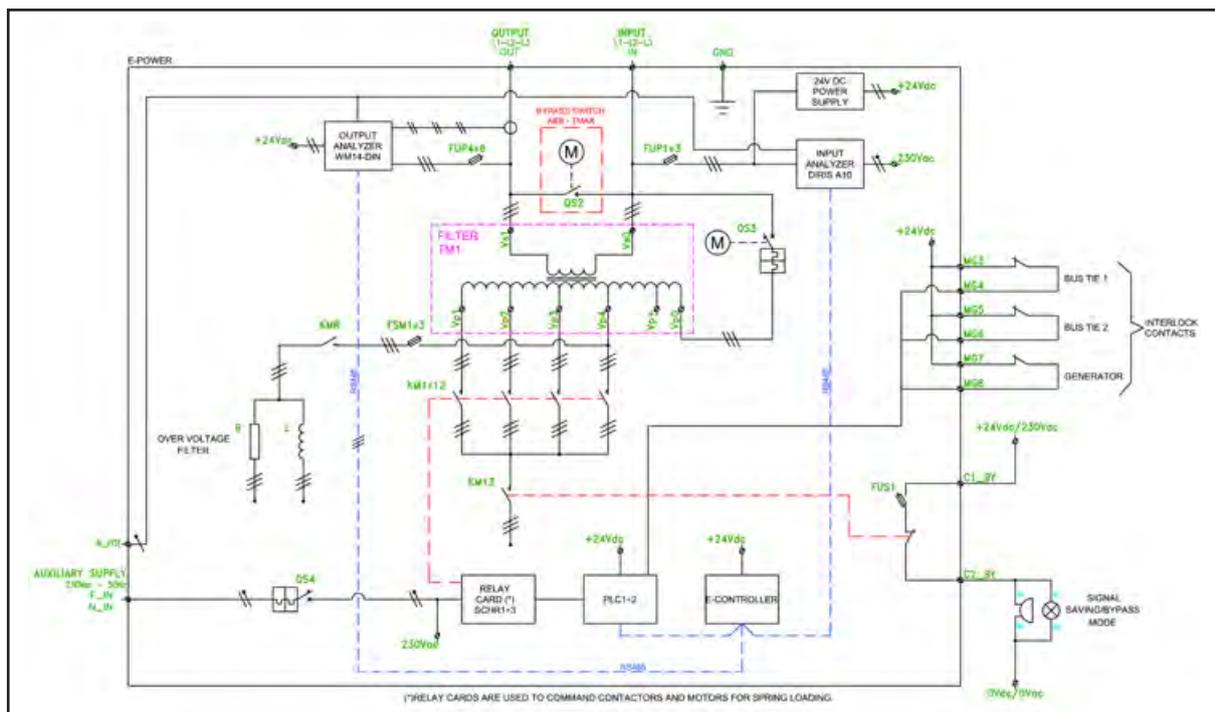
Der Trenntrafo ist das Herzstück des Systems. Durch eine technische Veränderung des Transformators verliert er die galvanische Trennung. Im System wird er mit dem Leistungsschalter und der Steuerung verbunden.

## LEISTUNGSSCHALTER ABB EMAX2 (3)

Der Leistungsschalter hat zwei wesentliche Funktionen. Neben der Sicherheitsfunktion kann dieser während dem laufenden Betrieb geschaltet werden.



## PRINZIPSCHEMA EPplus-System



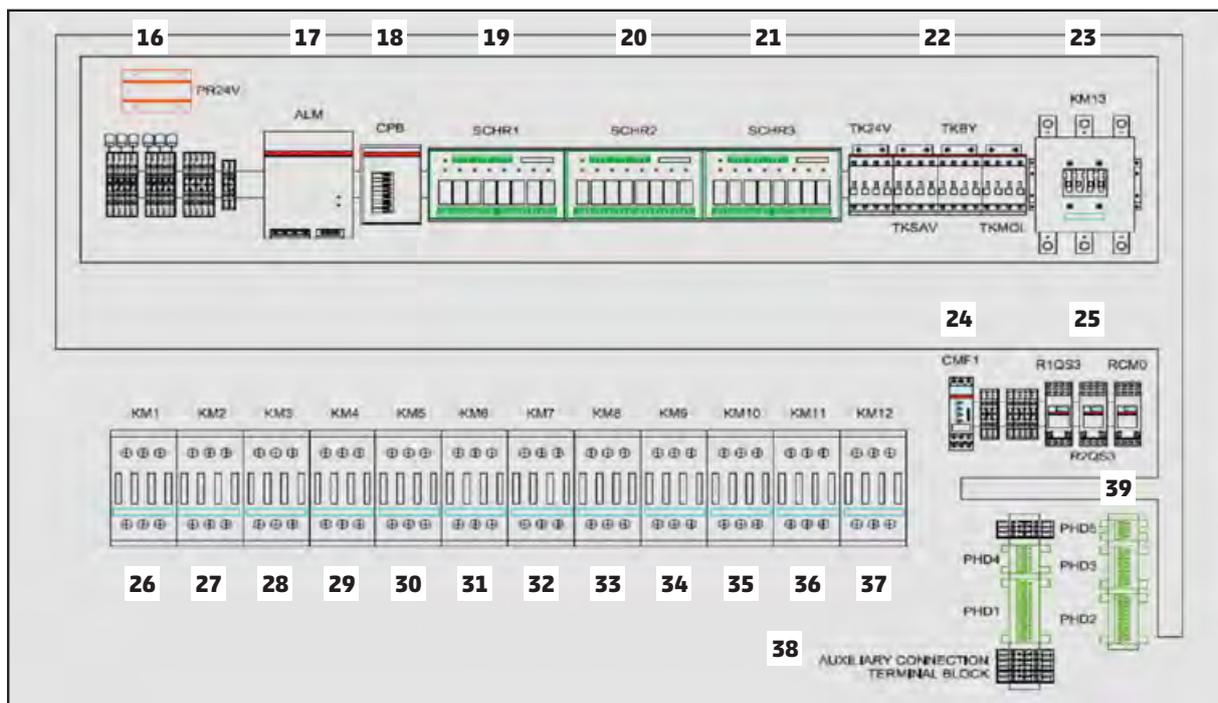


# AUFBAU UND KOMPONENTEN

## HINTERE EBENE

### BESCHREIBUNG

- |   |  |
|---|--|
| <p>16 <b>PR24V</b> Widerstandseinheit</p> <p>17 <b>ALM</b> 400VAC / 24 DC</p> <p>18 <b>CPB</b> Notstromversorgung inkl. Batterie für Steuereinheit des BYPASS-SYSTEMS</p> <p>19 <b>SCHR 1</b> Leiterplatte zur Steuerung der Schütze</p> <p>20 <b>SCHR 2</b> Leiterplatte zur Steuerung der Schütze</p> | <p>21 <b>SCHR3</b> Leiterplatte zur Steuerung der Schütze</p> <p>22 <b>TK24V/TKSAV/TKBY/TKMOL</b> Kontakte zur Steuerung des Motor ABB Emax2</p> <p>23 <b>KM13</b> Schütz zur Steuerung des virtuellen neuen Sternpunkt des Filters</p> <p>24 <b>CMF1</b> Kontrolle und Steuerung der Phasenfolge</p> <p>25 <b>R1QS3/RCM0/R2QS3</b> Relais</p> |
|---|--|

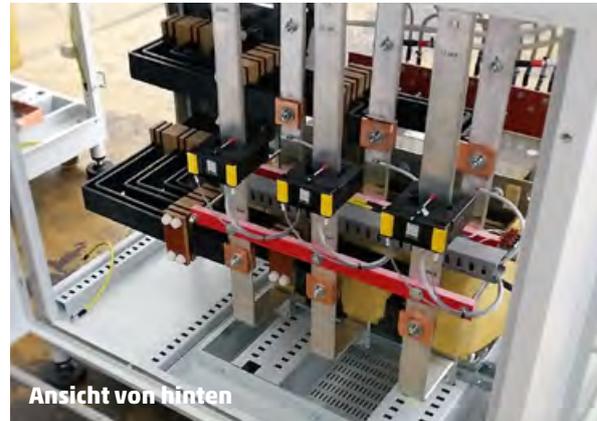
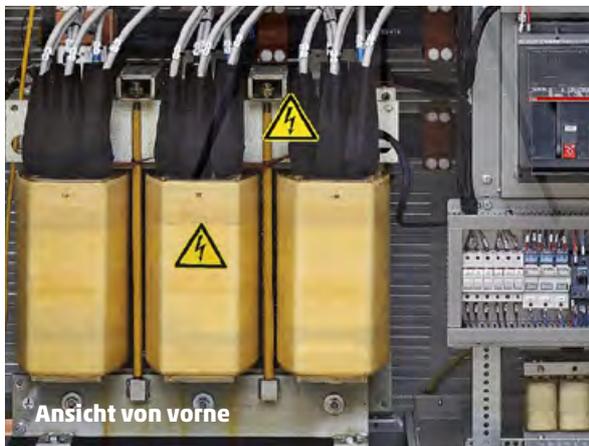


### BESCHREIBUNG

- |  |  |
|--|--|
| <p>26 <b>KM 1 / Stufe 4</b> / U1 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>27 <b>KM 2 / Stufe 3</b> / U1 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>28 <b>KM 3 / Stufe 2</b> / U1 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>29 <b>KM 4 / Stufe 1</b> / U1 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>30 <b>KM 5 / Stufe 4</b> / V2 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>31 <b>KM 6 / Stufe 3</b> / V2 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>32 <b>KM 7 / Stufe 2</b> / V2 Schütz Primäre Wicklung</p> | <p>33 <b>KM 8 / Stufe 1</b> / V2 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>34 <b>KM 9 / Stufe 4</b> / W3 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>35 <b>KM 10 / Stufe 3</b> / W3 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>36 <b>KM 11 / Stufe 2</b> / W3 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>37 <b>KM 12 / Stufe 1</b> / W3 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>38 <b>AUX</b> / V2 Schütz Primäre Wicklung</p> <p>39 <b>PHD 1 bis PHD 2</b> Verbindungsklemme Steuerschrank zu Leistungsteil/Filter/ABB Emax2</p> |
|--|--|

## BYPASS-SYSTEM & SICHERHEIT

Das Wichtigste für ein Unternehmen ist ein absolut sicheres Stromversorgungsnetz. Was auch immer angesteuert, verändert oder zugeschaltet wird, eine Hauptzuleitung und Stromzufuhr zu allen elektrischen Komponenten muss immer zu 100 Prozent gewährleistet sein. Unsere technische Lösung mit dem **ABB Emax2** Leistungsschalter garantiert dies. Das **EPplus**-System kann zu jeder Zeit unterbrechungsfrei ausgeschaltet werden, ohne dass es im Betrieb/Unternehmen bemerkt wird.



Der motorisierte **ABB Emax2** Leistungsschalter kann über einen integrierten, auffälligen Not-Aus-Taster oder über einen zweiten, in die Steuerung integrierten Schalter, ausgeschaltet werden. Ein manuelles Schalten direkt am ON/OFF Taster bei **ABB Emax2** Schalter ist untersagt. **Die Schaltkontakte beim Emax2 sind im Nichtbetrieb des Systems immer ZU.** Die motorisierten Schaltkontakte sind nur dann **OFFEN**, wenn das System in Funktion ist. Die wichtigste Eigenschaft des Systems, die für die 100-prozentige Sicherheit sorgt ist somit, dass der Leistungsschalter in umgekehrter Funktion mit der integrierten Steuerung geregelt wird. Sollte die Steuerung ausfallen, schaltet das System innerhalb von 10 - 20 Millisekunden auf **BYPASS**. Das System ist so konzipiert, dass bei einer Stromunterbrechung oder einem Defekt im **ABB Emax2** Leistungsschalter die Kontakte aus Sicherheitsgründen immer geschlossen bleiben. Dieses System wurde mit der **Nr. VI2007A00272 patentiert** und ist in seiner Funktion speziell und einzigartig. Ein zusätzlicher **BYPASS** ist nicht nötig, da das **BYPASS**-System gegenüber handelsüblichen Leistungsschaltern nur in Funktion ist wenn der Filter (**SAVING**) eingeschaltet und aktiv ist.

»Somit fließt der gesamte Strom, bei ausgeschaltetem **EPplus**-System, über den **BYPASS**. Es wird also wirkungslos, lediglich die Spannung 400V/230V an den **IN-Anschlüssen** und **OUT-Anschlüssen** kann gemessen werden«



## SICHERHEIT & QUALITÄT



Fernwartung, Fernschaltung, Information, Energiedaten, Archivierung aller Befehle und Support sind weitere Sicherheitsaspekte, die ein elektrotechnisches System heute erfüllen muss. Neben einem manuellen NOT-AUS-Taster direkt an der Anlage verfügt unser System über eine Anbindungsmöglichkeit über das Internet. Über Mobilfunk oder Kabel stehen verschiedene Übertragungsmöglichkeiten zur Auswahl. Der Fernzugriff ermöglicht einerseits die Übermittlung großer Datenvolumen und andererseits die Möglichkeit, jederzeit auf das EPplus-System zuzugreifen. Ausserdem kann ein Benachrichtigungssystem aktiviert werden, das jederzeit über die verschiedenen Zustände informiert und somit eine zuverlässige Verfügbarkeit gewährleistet ist.

**WEB** – durch den Zugriff einer LINUX-basierenden Energiedatenmanagement-Software kann der Stromverbrauch in Echtzeit visualisiert werden. Sämtliche elektrische Energiedaten werden alle 2 Sekunden gemessen und gespeichert. Innerhalb kürzester Zeit reagiert das System auf Fehlfunktionen, wie zum Beispiel eine Stromunterbrechung oder größere Spannungsschwankungen und schaltet sofort auf BYPASS oder passt sich automatisch den voreingestellten elektrischen Parameter an. Alle Informationen und der Status des Systems können permanent und in Real-Time verfolgt und überwacht werden. Diese Überwachungsfunktionen kombiniert mit dem einzigartigen BYPASS-System sorgen für 100% Sicherheit.

### EUROPÄISCHES QUALITÄTSPRODUKT

Als europäisches Qualitätsprodukt ist es selbstverständlich, dass die Herstellung unter sehr hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandards ausgeführt werden. Das EPplus-System erfüllt neben den Anforderungen der Schaltanlagen-Norm DIN EN (IEC) 61439-1 und 61439-2 auch weitere internationale Prüfzeichen.



Übereinstimmend mit der Norm DIN EN (IEC) 61439-1 und 61439-2



Erfüllt die Anforderungen der EMV Normen/Richtlinien 61000-2 und 61000-4



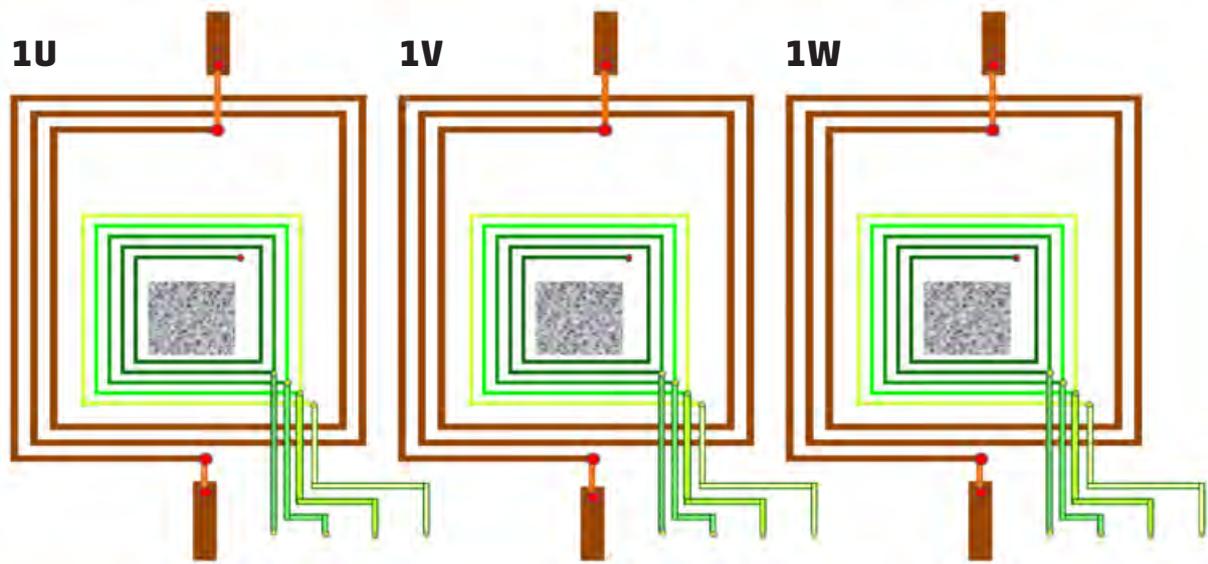
Erfüllt die nationalen kanadischen und amerikanischen Sicherheitsstandards



Erfüllt die nationale RMC-Norm für Australien und Neuseeland

## TECHNIK & FUNKTIONSPRINZIP

Die Grundlage für die Entwicklung des EPplus-Systems lag in der Audio- und Akustik-Technologie. Verzerrungen sind Nebengeräusche, die im Akustikbereich unerwünscht sind, die aber mit Filtertechnologien direkt am Verbraucher eliminiert werden können. Dafür werden Transduktoren-Regelungen eingesetzt, die eine optimale Ton- und Bildübertragungsqualität gewährleisten.



Bedingt durch neue Verbrauchertypen haben wir vermehrt Störungen in der Übertragung auf dem elektrischen Netz und somit eine schlechtere Stromqualität, was letztlich zu Energieverlusten und unnötigen Kosten führt, wie ähnlich im Audio- und Akustikbereich. Die Erkenntnisse aus dem Audio- und Akustikbereich und die neuen Bedingungen im elektrischen Netz waren auch die Basis für die Forschung und Entwicklung. Mit dem Ziel, eine Optimierung der Energieübertragung und eine Reduzierung der Verluste im Netz zu erreichen. Dafür wurde ein Trenntransformator als Basis verwendet und abgestimmt auf unsere Bedürfnisse entwickelt. Dabei ist die Kombination und Zusammensetzung der eingesetzten Materialien entscheidend. Nur mit der richtigen **Kombination** von **Gewicht**, den eingesetzten **Materialien** und dem **Wicklungsverhältnis** erreichen wir die nötige Wirkung.

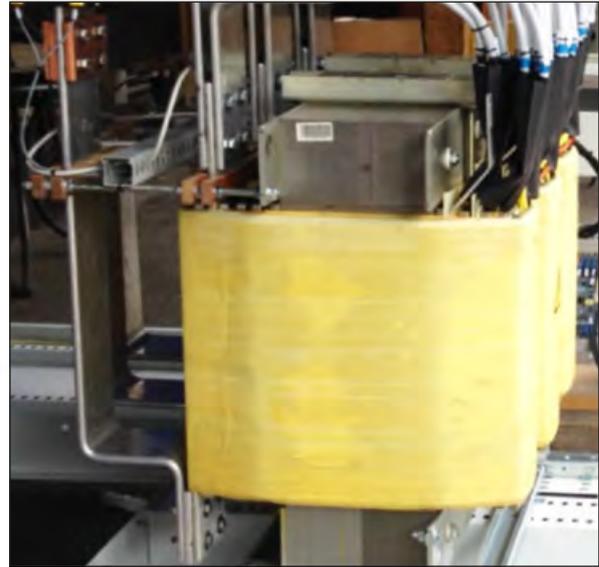


Ein Vergleich mit handelsüblichen Trenntransformatoren oder sonstigen ähnlichen Transformatoren ist somit völlig ausgeschlossen.



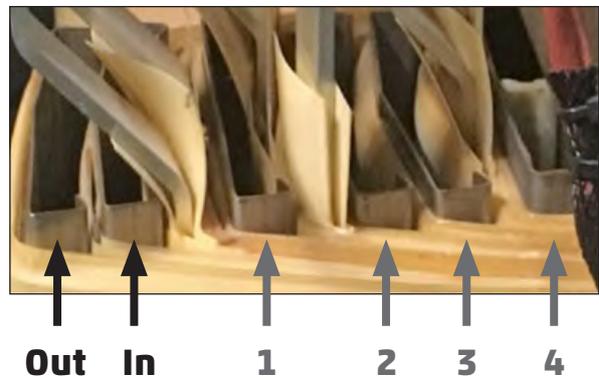
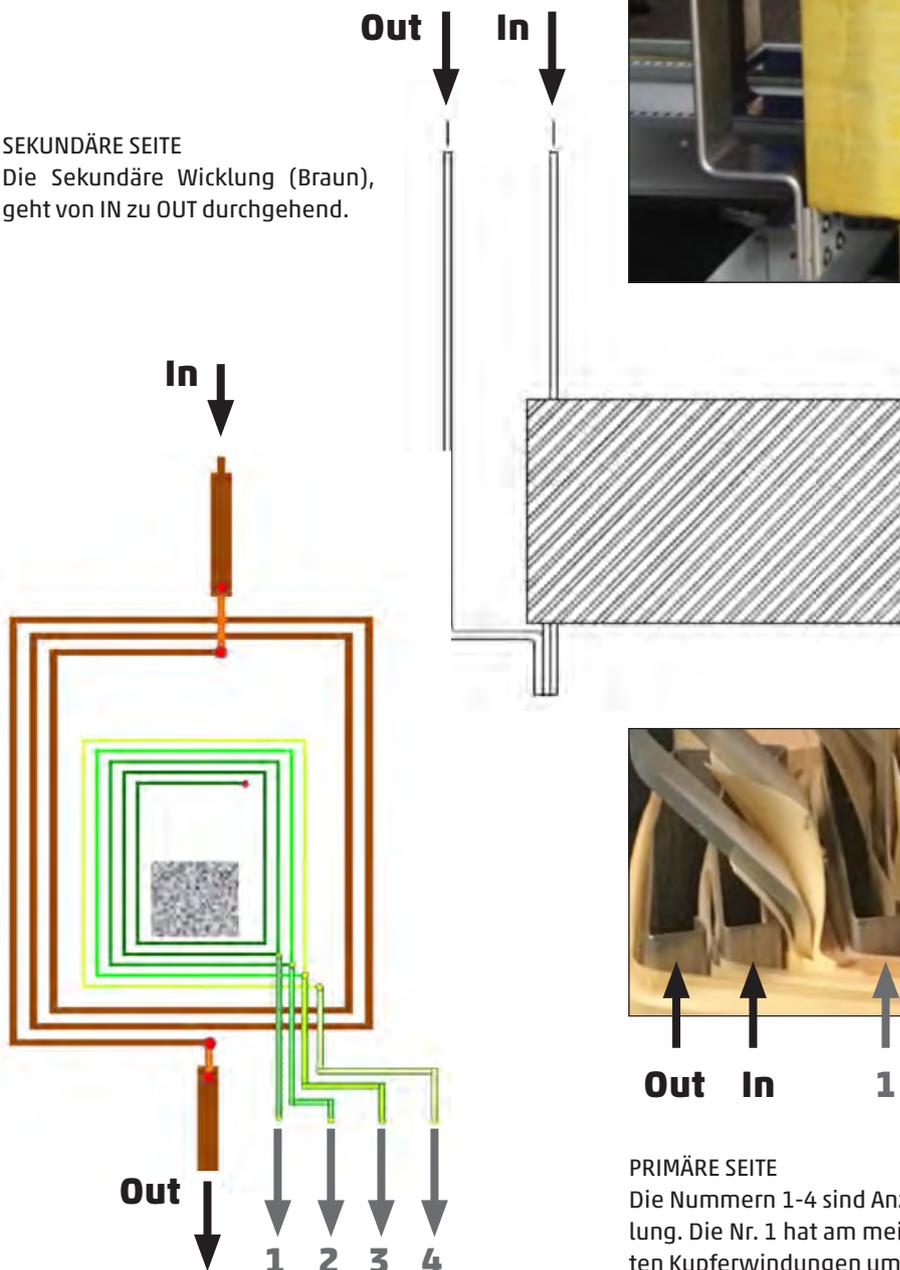
# AUFBAU TRENNTANSFORMATOR

Abgebildet ist nur ein Teil des Trenntransformators (1U). Die Skizze unten zeigt den Aufbau eines herkömmlichen Trenntransformators mit zwei Wicklungen; sekundäre Seite IN / OUT und primäre Seite mit den Anzapfungen 1 bis 4 galvanisch getrennt. So wird er speziell für uns hergestellt und geliefert.



## SEKUNDÄRE SEITE

Die Sekundäre Wicklung (Braun), geht von IN zu OUT durchgehend.



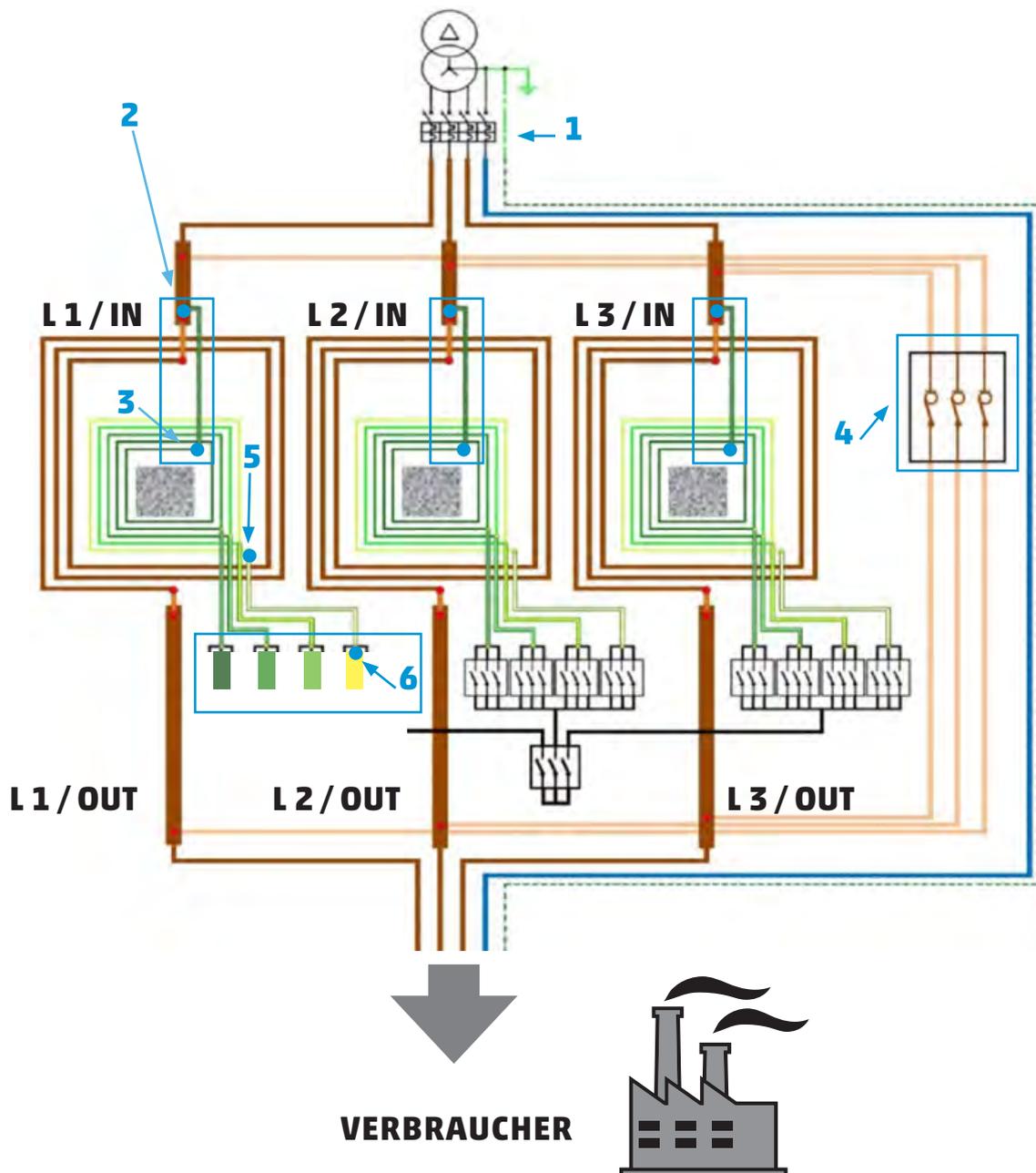
## PRIMÄRE SEITE

Die Nummern 1-4 sind Anzapfungen der primären Wicklung. Die Nr. 1 hat am meisten und die Nr. 4 am wenigsten Kupferwindungen um den Eisenkern.

## MODIFIKATION NR.1: VERBINDUNG SEKUNDÄRE MIT PRIMÄRSEITE

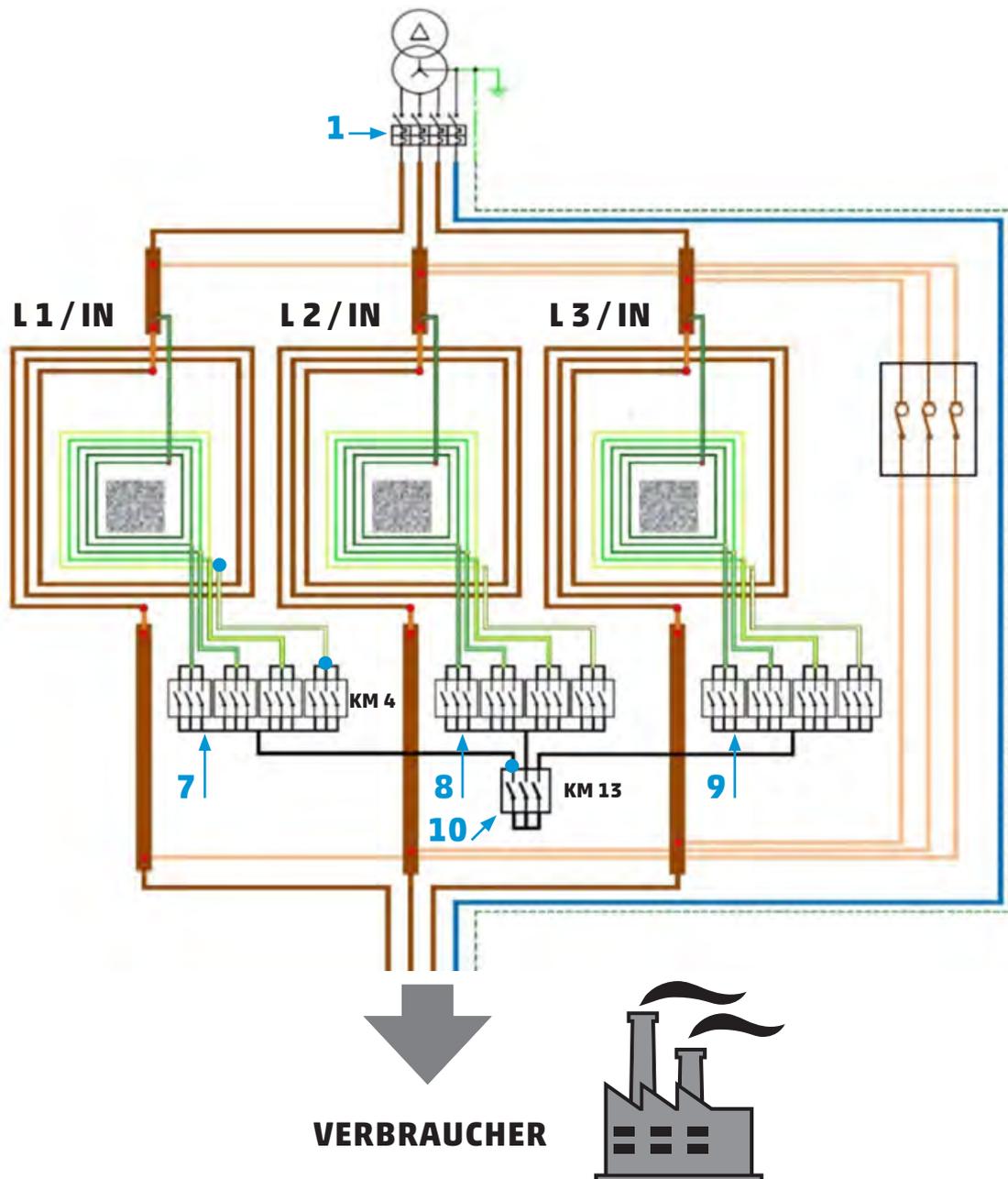
Die erste Modifikation des Trenntransformators: Die sekundäre Wicklung **L1 / IN (2)** wird mit der primären Wicklung **(3)** mit einem Kupferkabel (Grün) verbunden. Das gleiche wird auch an L2/IN und L3/IN gemacht. Dadurch verliert der Trenntransformator seine galvanische Trennung.

Insgesamt gibt es jeweils vier Verbindungskabel **(5)** auf der primären Wicklung, die nach unterschiedlichen Windungsanzahlen wieder aus dem Trafo **(6)** geführt werden. Der Hauptschalter **(1)** und der Leistungsschalter ABB Emax2 **(4)** sind nicht in Betrieb.

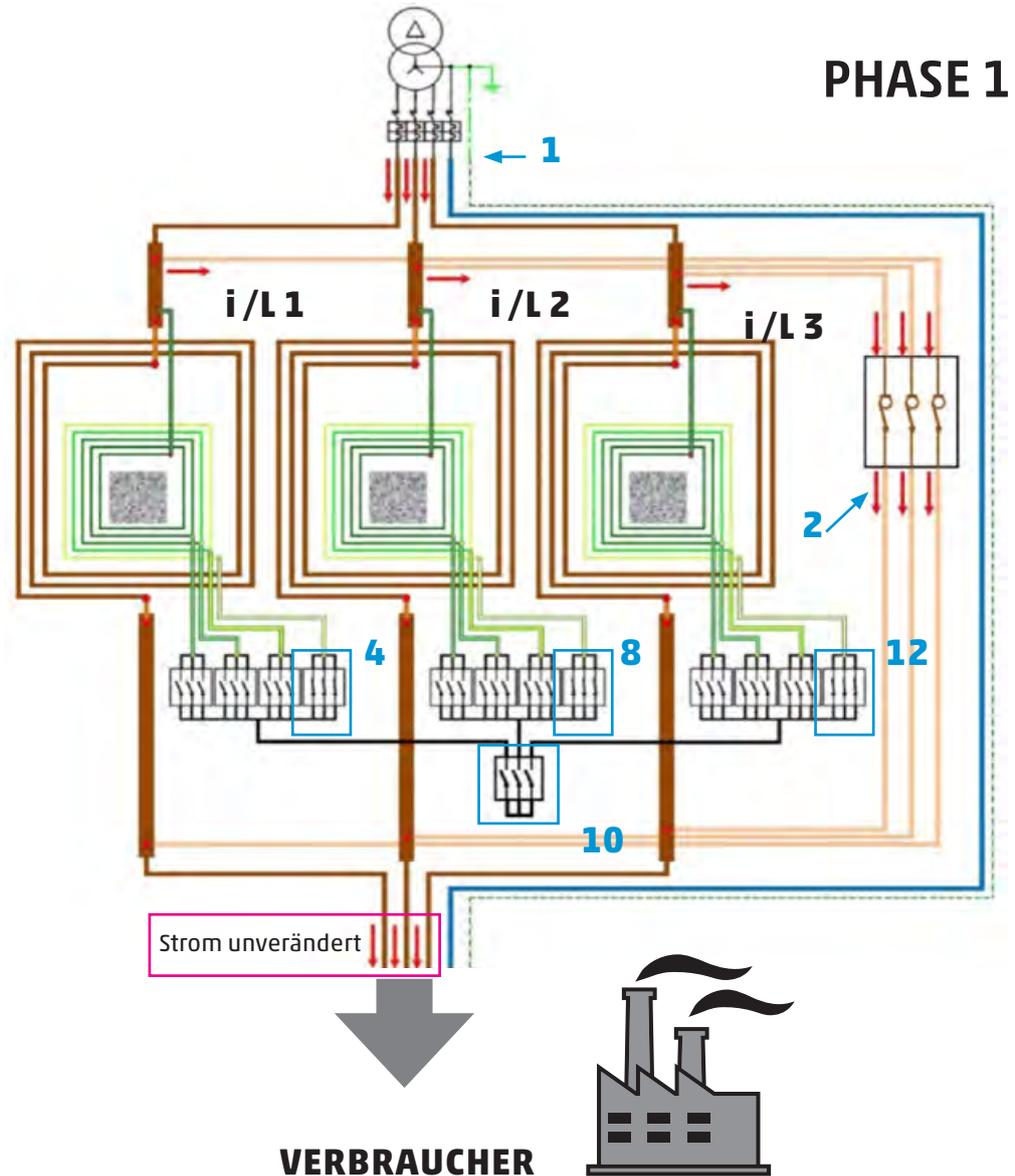


## MODIFIKATION NR.2: VERBINDUNG DER KABEL MIT LEISTUNGSSCHÜTZEN

Die zweite Modifikation: Im Steuerschrank werden herkömmliche, dreiphasige Leistungsschütze eingebaut. Die Schützenreihen (7/8/9) bestehen jeweils aus 4 Stück dreiphasigen Leistungsschützen die mit den Kabeln von den primären Wicklungen verbunden werden. Beispiel Schützenreihe (7) Schütz KM4 wird mit der primären Wicklung mit der größten Windungszahl verbunden. Der Ausgang von KM4 wird mit dem KM13 Schütz (10) verbunden. So bekommt jede Wicklung seinen Schütz. Der Schütz (10) bildet am Schluss den Sternpunkt und schliesst den Kreis von L1, L2, L3.



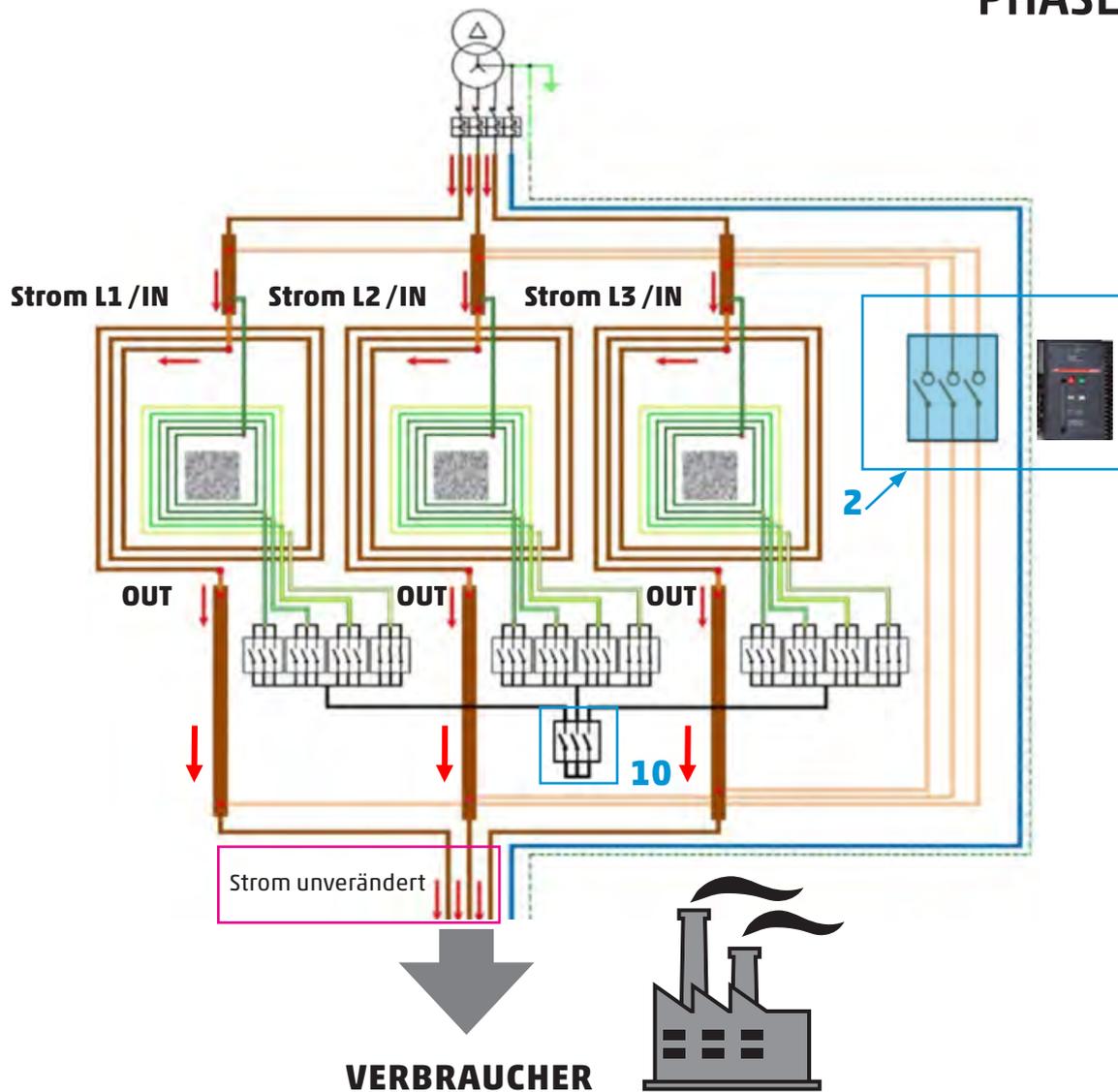
## HAUPTSCHALTER (1) EIN: STROM FLIESST DURCH DEN ABB EMAX2



Nachdem der Hauptschalter (1) geschlossen und die Steuerspannung eingeschaltet wird, schalten die Schütze (4,8,12) ein. Gleichzeitig überprüft die programmierte PLC Software das System auf Fehler. Sämtliche Kabelverbindungen und eingebauten Teile werden auf Funktion und Sicherheit überprüft. Da der Leistungsschalter ABB Emax2 (2) aus Sicherheitsgründen in umgekehrter Weise funktioniert, sind die Kontakte zu diesem Zeitpunkt immer noch geschlossen und deaktiviert. In der Bypass-Funktion steht der Leistungsschalter deshalb auf dem Status **EIN**. Der gesamte Strom (i) fließt deshalb nur über den Leistungsschalter ABB Emax2 (2) zu den Verbrauchern. Nach wie vor ist das System nicht aktiv und hat keine Wirkung auf den Stromfluss. Der Schütz (10) ist immer noch offen.

## ABB EMAX2 SCHALTER (2) EIN: STROM FLIESST DURCH EPplus-SYSTEM

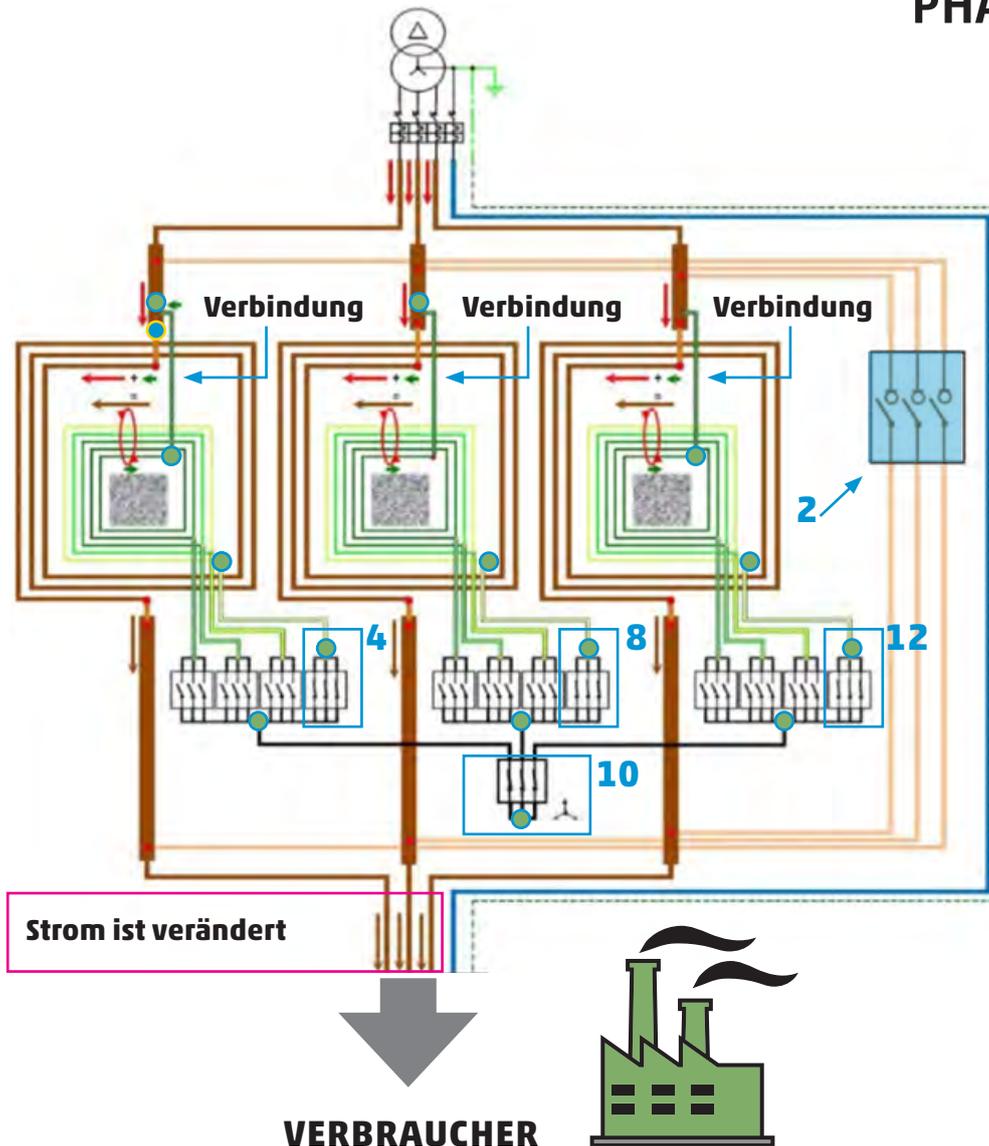
### PHASE 2



Nachdem die Funktion **SAVING ON** eingeschaltet wurde und die Software erneut alle elektrischen Parameter prüft, schaltet sich der BYPASS Schalter (**2**) EIN und geht in Funktion (Kontakte offen). Erst jetzt fließt der gesamte Strom und die Last zu 100% über die sekundäre Seite (**Braun**) von (**L1/L2/L3-IN**) zu (**OUT**) und zu den Verbrauchern. Der Leistungsschalter ABB Emax2 (**2**) ist jetzt für das SYSTEM **in Betrieb** und steht im Status in umgekehrter Funktion auf **AUS**. Das System ist noch nicht in Betrieb, die primäre Wicklung (**Grün**) hat noch keine Wirkung und der Schütz (**10**) ist immer noch offen.

# NEUER STERNPUNKT, LEISTUNGSSCHÜTZ (10) EIN: SYSTEM IN FUNKTION

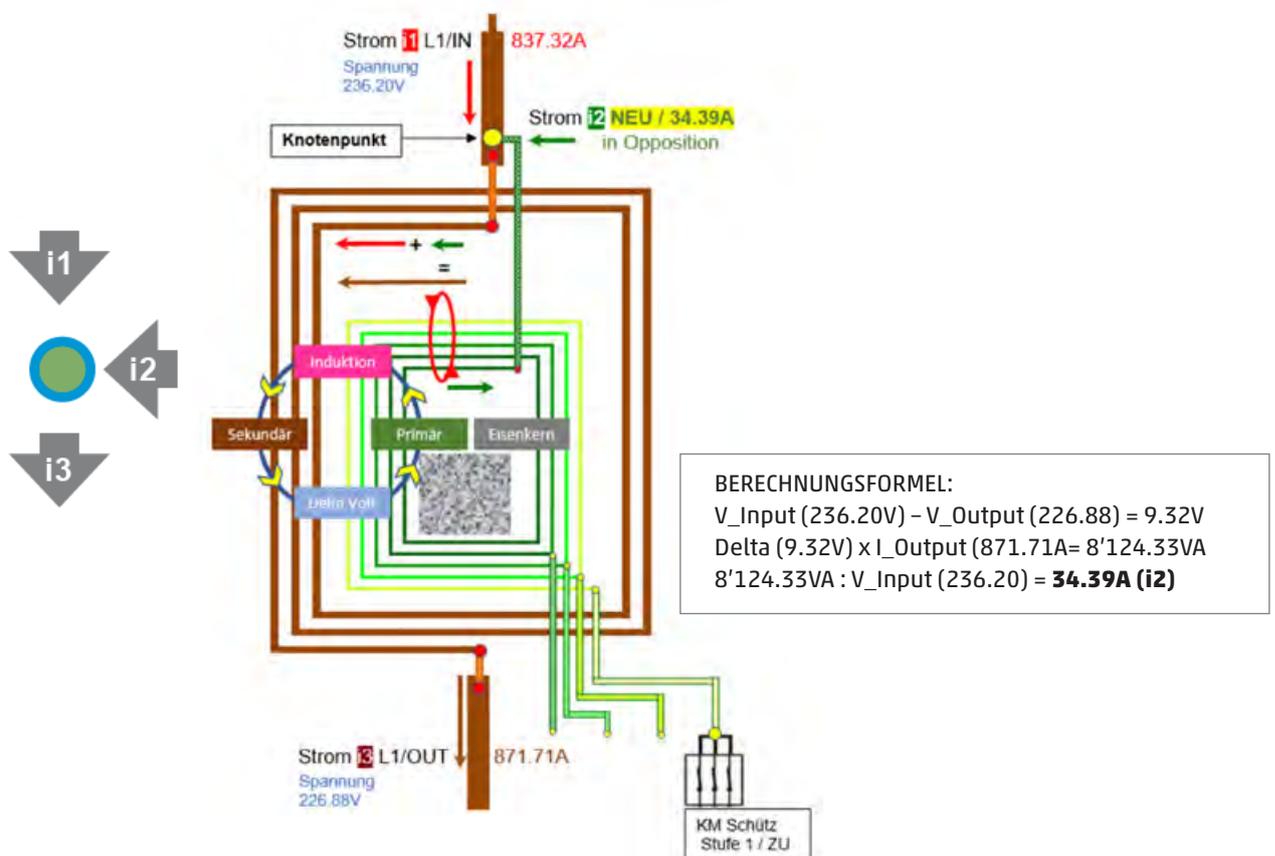
## PHASE 3



**LETZTE UND WICHTIGSTE PHASE.** Nachdem der BYPASS Schalter (2) in Funktion ist und die Kontakte offen sind, prüft die Software nochmals alle elektrischen Parameter bevor der Leistungsschutz (10) den Kontakt und damit den Sternpunkt schliesst. An der Verbindung von der primären (Grün) zur sekundären Wicklung (IN/Braun) liegt nun eine Spannung von 230V an. **Durch die Induktion der primäre zur sekundäre Wicklung fließt nun einen Anteil Strom der durch die primäre Wicklung mit dem größten Windungsverhältnis zum Schütz (4/8/12).** Über den Schütz (10) werden alle Phasen (L1/L2/L3) kurzgeschlossen und bilden somit einen neuen Sternpunkt. Der ursprünglich galvanisch getrennte Trenntransformator verliert durch das Einschalten des Systems die galvanische Trennung und wirkt jetzt wie ein Transduktor und gleichzeitig wie ein Magnetverstärker.

## BESCHREIBUNG DER FUNKTION AUF STUFE 1

Beim Aktivieren des Systems entsteht eine Induktivität. Durch die unterschiedlichen Windungsverhältnisse der Wicklung verändert sich das Delta der Spannung zwischen der sekundären Seite (Braun) zur primären Seite (Grün). Das Delta (Spannung) x (Nennstrom) ergibt die Voltampere (VA) auf der primären Seite (Grün). Diese Voltampere dividiert durch die angelegte Spannung auf der primären Seite (Grün) ergibt den Strom (**i2**). Genau dieser veränderte Stromanteil, der durch die Induktion des Magnetfeldes entsteht, wird auf die primäre Seite (Grün) übertragen und fließt wieder über den Knotenpunkt (Kirchhoffsche Gesetz) zurück ins Netz zu den Verbrauchern. Je nachdem, welches Windungsverhältnis auf der primären Seite (Grün) durch schalten des Schützes aktiviert ist, verändert sich auch die damit verbundene Induktivität und somit auch der Stromanteil (**i2**). Das Beispiel zeigt Schütz (**4**) geschlossen mit der grössten Wicklung auf der primären Seite mit dem kleinsten Stromanteil Stufe 1.



### KIRCHHOFFSCHE REGELN

Die kirchhoffschen Regeln werden im Rahmen der elektrischen Schaltungstechnik bei Netzwerkanalysen verwendet. Sie unterteilen sich in zwei grundlegende und zusammenhängende Sätze, den Knotenpunktsatz und den Maschensatz, und beschreiben jeweils den Zusammenhang zwischen mehreren elektrischen Strömen und zwischen mehreren elektrischen Spannungen in einem Netzwerk. In einem Knotenpunkt eines elektrischen Netzwerkes ist die Summe des zufließenden Stromes gleich mit der Summe des abfließenden Stroms. Auch in unserem Fall wird diese Regel angewendet, der Stromanteil **i1** und **i2** müssen gleich viel wie **i3** ergeben. Der Unterschied liegt aber daran, **dass i2 neu durch unsere Induktion zwischen der primären und sekundären Seite induziert wird, und so in einer Gegenrichtung zurück zum Knotenpunkt fließt. In dem Moment wo das System aktiv ist, verändert sich der gesamte Stromfluss weil i2 in Opposition dagegen wirkt.**

# WIRKUNG KIRCHHOFF GESETZ UND MESSUNG

Je größer der Rückkopplungsstrom (Stromanteil  $i_2$ ) ist, desto größer sind die Veränderungen aller elektrischen bekannten Größen. Formfaktor, Scheitelfaktor, Oberwellen und Nullleiterstrom können verändert und angepasst werden. Ebenso die Veränderung des Powerfaktors,  $\cos \Phi$  und Ausbalancierung der Ströme sowie Spannung. Der Rückkopplungsstrom (Stromanteil  $i_2$ ) kann je nach eingestellter Stufe 4% bis 9% des Nennstroms betragen. Dieser Stromanteil  $i_2$  der in Opposition zum Nennstrom zurück ins Netz fließt, verändert unerwünschte Nebengeräusche und verbessert die Stromqualität. Aktiv- oder Passivfilter haben ähnliche Wirkungen, werden aber bewusst auf be-

kannte vorhandene Verzerrungen abgestimmt und benötigen dafür zusätzliche elektrische Energie.

### FORMEL ZUR RÜCKKOPPLUNGSSTROM $i_2$

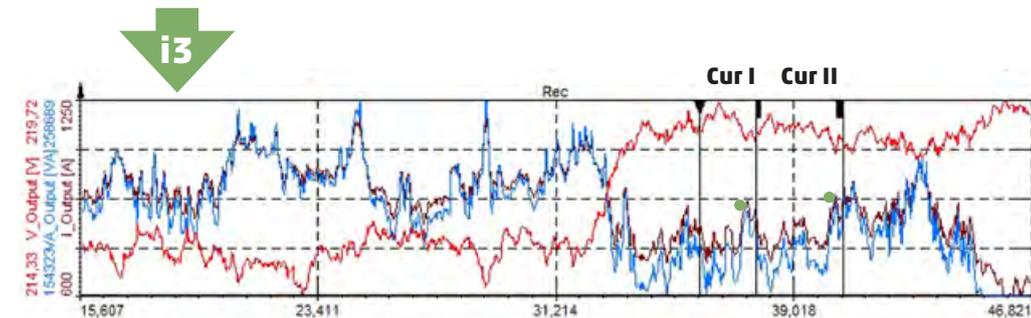
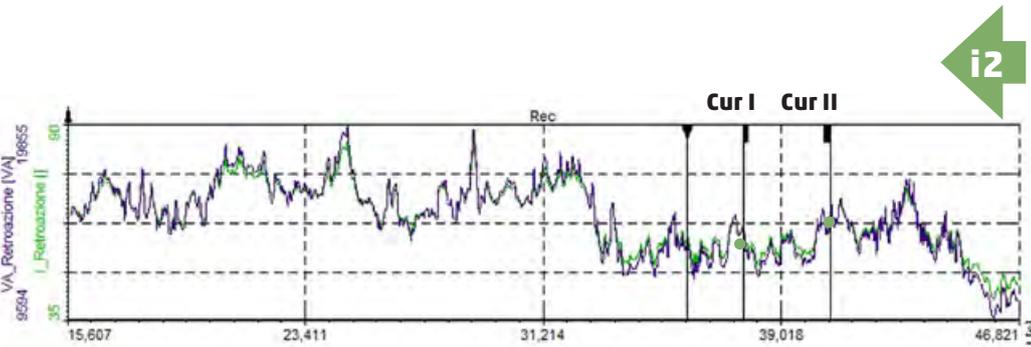
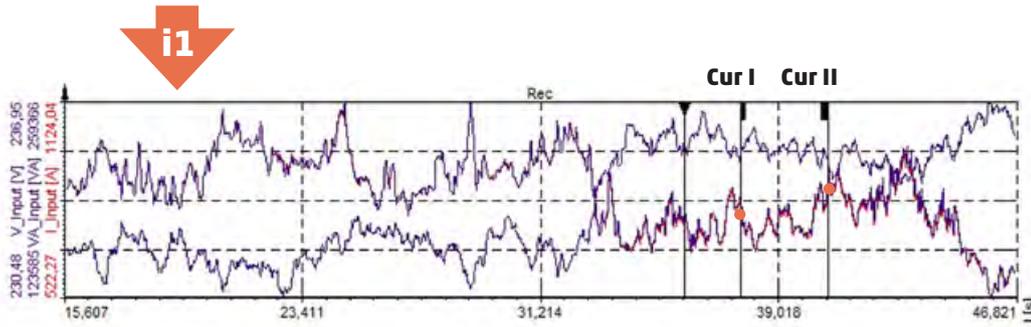
$$V\_Input (235.37V) - V\_Output (218.79) = 16.58V$$

$$\Delta (16.58V) \times I\_Output (831.62A) = 13788.25VA$$

$$13788.25VA : V\_Input (235.37) = \mathbf{58.581A}$$

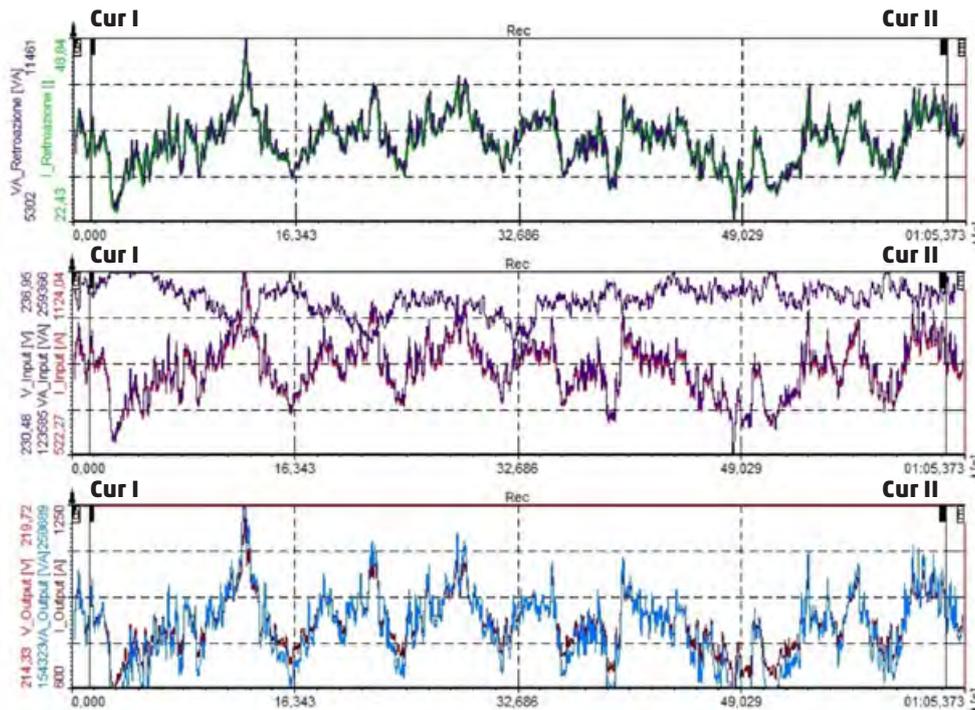
Bei der Messung 1 «Cur1» betrug der Rückkopplungsstromanteil in Opposition **58.57A** bei der zweiten Messung betrug der Rückkopplungsstrom bei «Cur2» **66.40A**

## STUFE 3 / RÜCKKOPPLUNG STROM MESSUNG



# WEITERE MESSUNGEN STUFE 1 UND STUFE 2

## STUFE 1 / RÜCKKOPPLUNG STROM MESSUNG



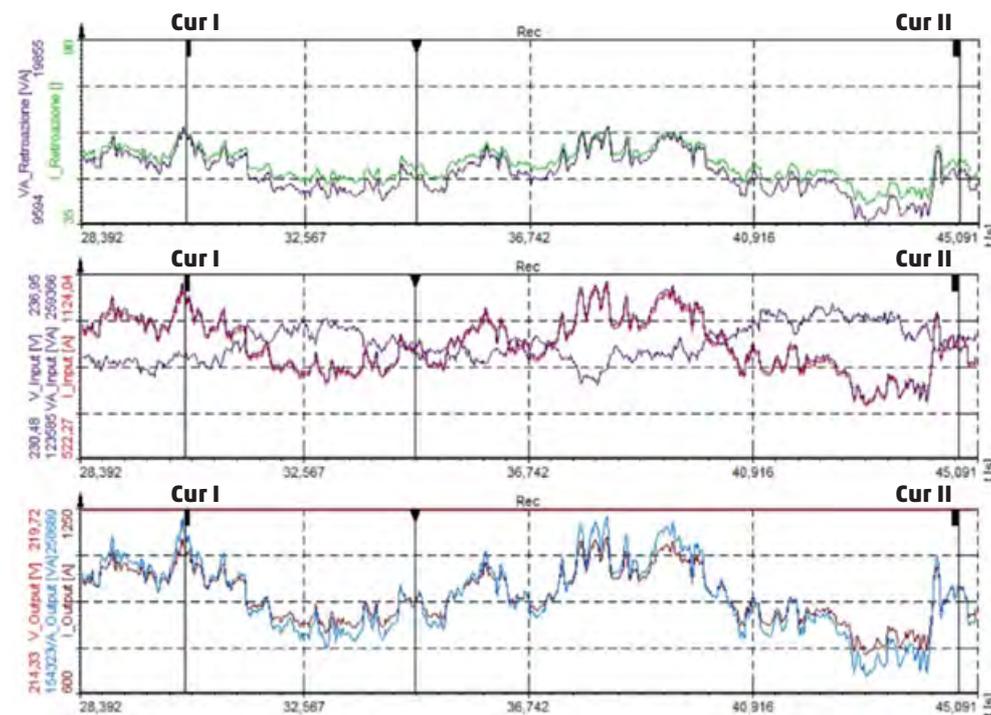
### Rückkopplungsstrom i2

Cursor values		
Cur I	Cur II	Delta
I_Retroazione	35,93	-0,29
VA_Retroazione [VA]	8204	82

Cursor values		
Cur I	Cur II	Delta
I_input [A]	787,36	-49,96
VA_input [VA]	186378	-11400
V_input [V]	236,71	0,51

Cursor values		
Cur I	Cur II	Delta
I_Output [A]	822,02	-49,69
VA_Output [VA]	186267	-11492
V_Output [V]	226,82	-0,05

## STUFE 2 / RÜCKKOPPLUNG STROM MESSUNG



### Rückkopplungsstrom i2

Cursor values		
Cur I	Cur II	Delta
I_Retroazione	54,04	-7,18
VA_Retroazione [VA]	12662	-1676

Cursor values		
Cur I	Cur II	Delta
I_input [A]	916,86	-108,03
VA_input [VA]	214815	-25206
V_input [V]	234,29	0,10

Cursor values		
Cur I	Cur II	Delta
I_Output [A]	970,90	-115,21
VA_Output [VA]	214966	-24912
V_Output [V]	221,25	0,26

## KLEINE VERÄNDERUNG MIT GROSSER WIRKUNG

Die Auswirkungen die der Rückkopplungsstrom (Gegenstrom) hat und die durch verschiedene Messungen mit hochauflösenden Messinstrumenten nachgewiesen werden konnten, sind beeindruckend. In zahlreichen Laboruntersuchungen, auch mit Fachhochschulen und Universitäten, vielen Feldmessungen in Unternehmen mit verschiedenen Verbraucherstrukturen und unterschiedlichsten Produktionsabläufen, haben gezeigt, dass durch das Einschalten des Systems eine Energieeffizienzsteigerung auf ein gesamtes elektrisches Netz erzielt wird.

Das System während des laufenden Betriebs unterbrechungsfrei «EIN» und «AUS» schalten zu können, und die permanente Messung der elektrischen Größen machen das **EP**plus-System einzigartig. Durch diese Kombination ist es überhaupt erst möglich, eine Steigerung der Energieeffizienz auf ein gesamtes Verbrauchernetz zu erzielen und zu belegen.



### **DIE VORTEILE:** Energieeffizienzsteigerung und Senkung des Energieverbrauchs und weitere technische Vorteile als Nebeneffekte!



Der Haupteffekt des Systems ist die nachweisliche Reduzierung des elektrischen Energieverbrauchs in kWh. Dabei unterscheiden wir zwischen der funktionierenden und der nicht funktionierenden Energie. Durch das Entgegenwirken des Stromanteils  $i_2$ , ist das System in der Lage, alle Werte der Leistungen wie (p) Momentleistung oder Augenblickswert, (VAR) Blindleistung, (VA) Scheinleistung und (P) Leistung zu verbessern. Die Veränderungen wirken auch auf den Powerfaktor,  $\cos\Phi$  und somit auf alle THD Werte aus. Welche Veränderungen und wie groß diese sein werden kann nicht vorausbestimmt oder gemessen werden. Sowohl Verbraucherart und Baujahr als auch Aufbau des gesamten elektrischen Netzes von der Verkabelung bis zur Installation sind mitentscheidende Faktoren. Belastungen wie Wärmeentwicklung und Verzerrungen in einem elektrischen Netz, meist verursacht durch neue, hocheffiziente Verbraucher, werden verstärkt und haben eine große Auswirkung auf die Übertragung der Energie. Diese nicht funktionierenden Energien haben keine Wirkfunktionen sondern erhöhen die Verlustenergie. Genau diese werden mit unserem System verringert.

Darüber hinaus bringt das System zahlreiche weitere technische Vorteile mit sich, die nicht direkt mit monetären Zahlen bewertet werden können. Positive Auswirkungen hat die Begrenzung und Verbesserung von Strom- und Spannungsspitzen, den sogenannten Flicker. Dies führt zu einer Reduzierung von Schäden an Elektronikplatinen und minimieren somit Ausfälle von Maschinen und Produktionslinien. Eine minimale Phasenausgleichverbesserung auf allen drei Phasen und eine Verringerung des Nullleiterstroms sorgen ebenso für eine bessere Übertragung. Durch die Induktion und das Windungsverhältnis zwischen der primären und sekundären Wicklung führt automatisch zu einer Absenkung der Nennspannung auf der sekundären Seite. Hier ist es wichtig, im Vorfeld mit dem Kunden die untere Toleranzgrenze festzulegen. Dieser Nebeneffekt erweckt bei Nichtfachleuten häufig den Eindruck, dass durch eine niedrigere Nennspannung auf der Sekundärseite eine Energiereduzierung erreicht werden soll. Eine Senkung oder Erhöhung der Nennspannung, führt in industrialisierten Produktionsländern definitiv weder zu einer Reduzierung noch zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs. Heute sind nur noch ganz wenige spannungsabhängige elektrische Verbraucher installiert und in Zukunft werden sie ganz verschwunden sein.

# EIGENVERBRAUCHSMESSUNG

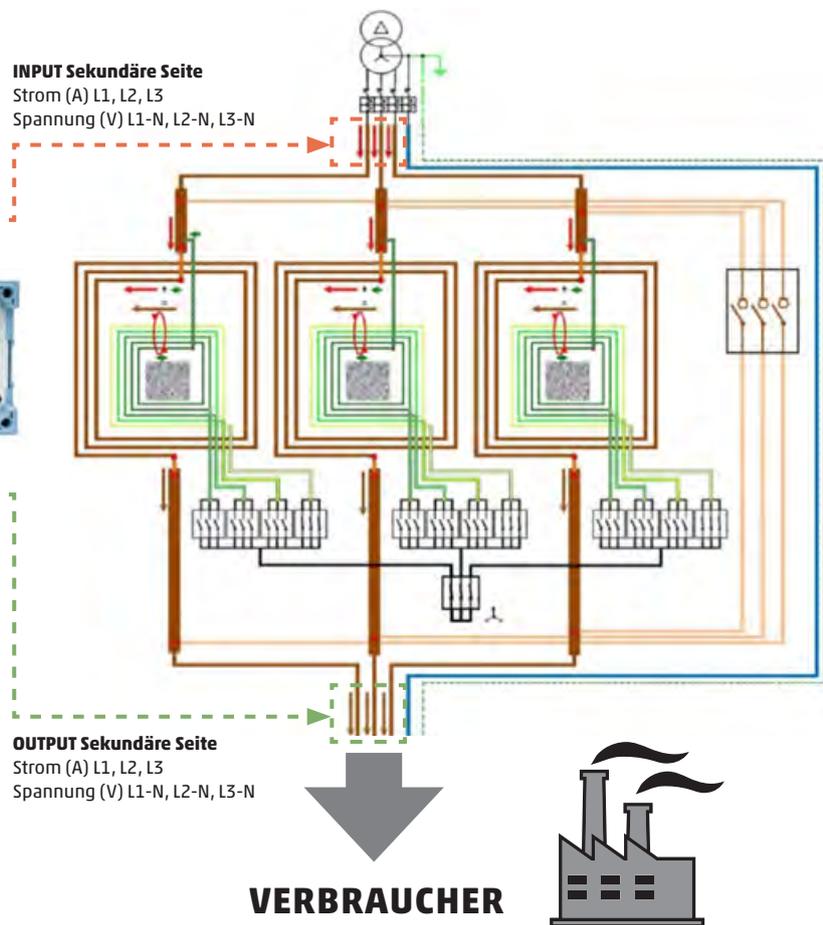
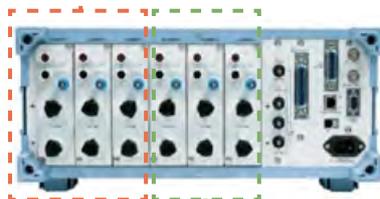
Ein wichtiger Punkt ist der Eigenverbrauch des Systems. Dies ist für eine Technologie zur Effizienzsteigerung aus wirtschaftlicher Sicht entscheidend. Da das System weder über Leistungselektronik oder Kondensatoren verfügt, um die Wirkung zu erreichen, ist der Eigenverbrauch sehr gering und kann präzise mit dem 12-Kanal Messinstrument von YOKOGAWA WT1800 gemessen werden. Der tatsächliche Eigenverbrauch ist von der jeweiligen Auslastung des Systems abhängig.

**Beispiel:** Messung über 1 Stunde einer 800 Ampere Anlage mit einer Auslastung von 27.94% (223.52 A), liegt der Eigenverbrauch bei 0.2876%. Je höher die Auslastung, desto geringer ist der Eigenverbrauch.

MESSGERÄT YOKOGAWA WT1800  
(VORDERSEITE)



YOKOGAWA  
Rückseite mit 12 Anschlüssen



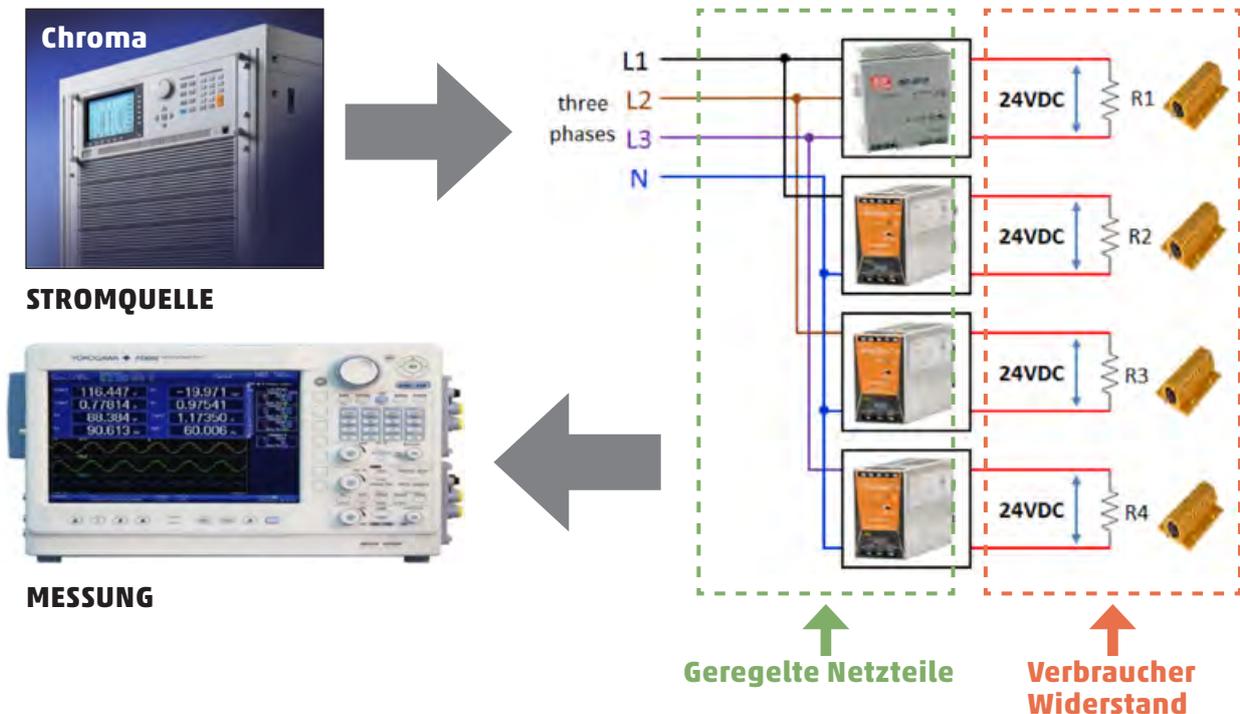
TIME TEST	Input				Output				Eigenverbrauch		% of use
	P mittel kWh	P max. kWh	P min. kWh	Energie kWh	P mittel kW	P max. kW	P min. kW	Energie kWh	kWh	%	EP 800A
15 Min.	144,63	175,9	111,2	36,1574	144,17	175,4	110,8	36,0425	0,114870	0,3177%	27,60 %
60 Min.	146,41	234,1	105,7	146,4140	145,99	233,5	105,4	145,9930	0,421040	0,2876%	27,94 %

## BEISPIEL: EFFEKTE UNTER LABORBEDINGUNGEN

Unter Laborbedingungen können Effekte und Wirkung des System genau analysiert und aufgezeigt werden. Die Veränderung aller elektrischen Parameter wie Strom, Spannung, Leistung, THD, etc. können im Augenblickswert ( $p$ ), auch Momentanlast genannt, mit hochauflösenden Messinstrumenten erfasst und dokumentiert werden. Ziel der Labormessungen ist, eine oder mehrere konstante elektrische Verbraucher mit oder ohne Einwirkung des Systems zu messen.

**Umwandlung von gleichbleibender Energie in Arbeit =**

Wärme, gleichbleibende Arbeit bei Veränderung der drei Phasen von 360V AC bis 440V AC



### WAS BESTIMMT DIE WELLENFORM DER MOMENTANEN LEISTUNG: $p(t) = v(t) \times i(t)$

Alle Effekte wurden im Labor mit hochgenauen Messinstrumenten gemessen. Die Ergebnisse sind jedoch nur teilweise auf ein in der Realität bestehendes elektrisches Verbrauchernetz zu übertragen, da in einem Echtbetrieb die Bedingungen viel schlechter sind und somit die Effekte eine noch grössere Auswirkung auf das Einsparpotential haben. Die Veränderung der elektrischen Parameter werden mit hochauflösenden Messinstrumenten erfasst und dokumentiert. Mit den Messungen unter Laborbedingungen konnten die Auswirkungen des **EP**plus-Systems auf einen und mehrere konstante elektrische Verbraucher nachgewiesen werden.

# BEISPIELMESSUNG UNTER LABORBEDINGUNGEN

In einer Periode von 20 Millisekunden und mit einem Messintervall von 5 Millionen/pro Sekunden, zeigt die Messung (Bild 1) drei elektrische Größen des Augenblickswert, **v(t) Blau die Momentanspannung**, **i(t) Grün der Momentanstrom** und **p(t) Rot die Momentanlast**. Bestimmend ist die Momentanlast p(t) die aus der Momentanspannung und Momentanstrom besteht. In einem industrialisierten Produktionsunternehmen mit modernster Infrastruktur sind die elektrischen Verbraucher so geregelt, dass sie die benötigte Leistung erhalten. Das Hauptziel des EPplus-System ist die **Senkung der Stromspitze Ipk (Bild 2)** und **Glättung des Momentstroms di/dt (Bild 3)**.

Bild 1

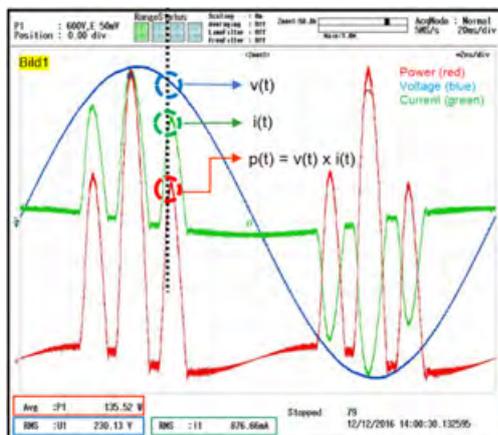


Bild 2

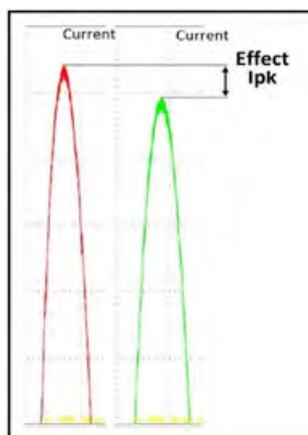


Bild 3

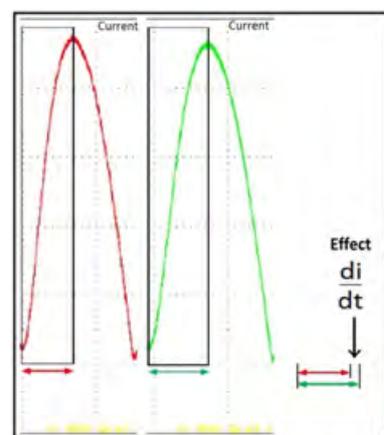
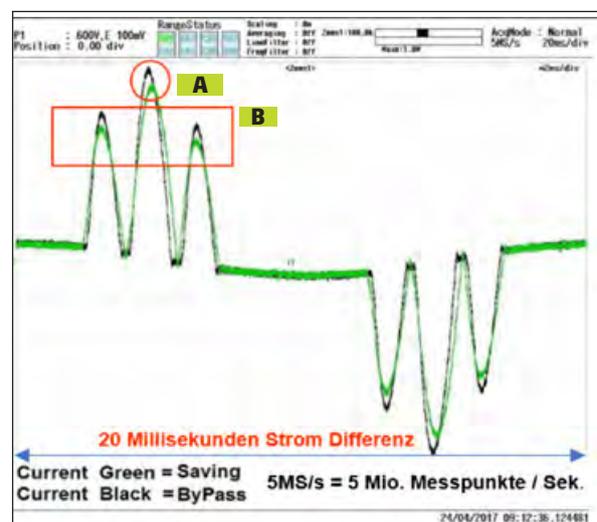


Bild 4 und Bild 5 zeigen 2 Messung gleichzeitig **BYPASS / SAVING**. Die Wellenform zeigt was für ein elektrischer Verbrauchertyp A= Einphasiger Verbrauchertyp und B=Dreiphasiger Verbrauchertyp angeschlossen ist.

Bild 4 = Momentan-Last



Bild 5 = Momentan-Strom

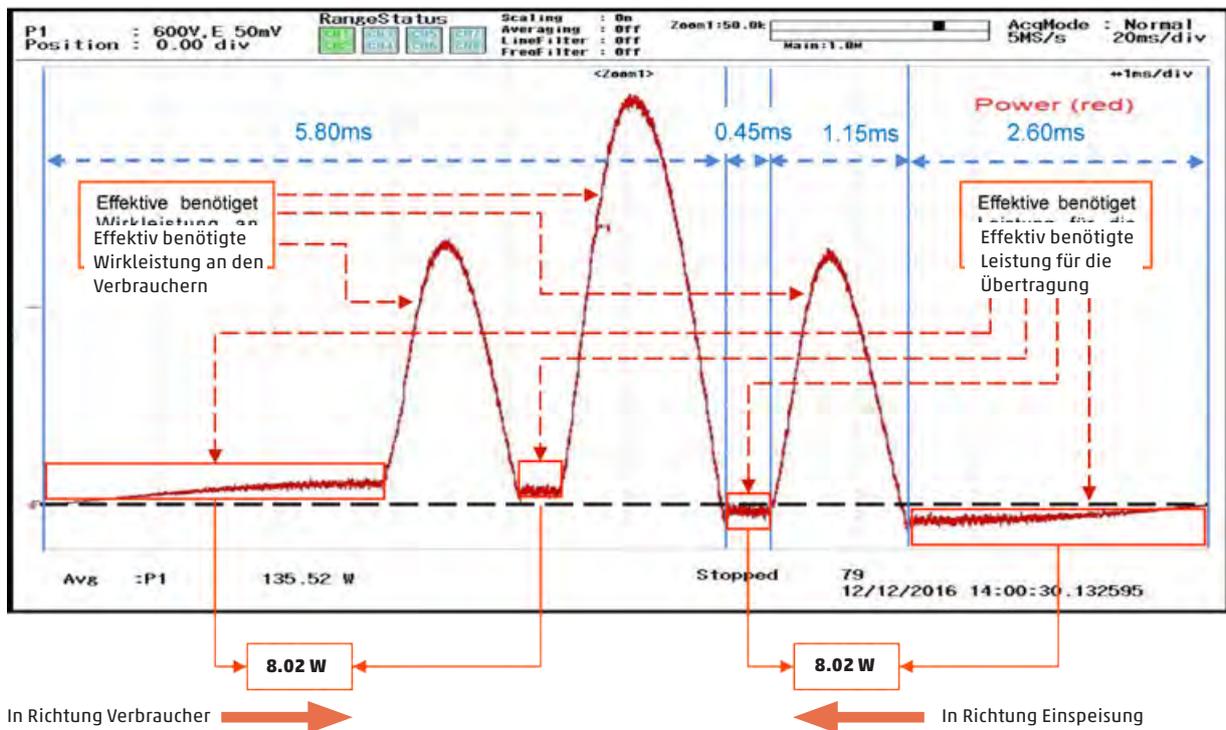


# EFFIZIENZNACHWEIS UNTER LABORBEDINGUNGEN

Ein Vergleich der beiden Messungen zeigt, wie groß die Veränderung der **aufgenommenen** Momentlast von BYPASS zu SAVING ist.

Ein weiterer aussagekräftiger Vergleich ist die **übertragene** Momentlast und Effizienz auf der Leitung. Bei unserer Laboranalyse ist die Verlustleistung zu vernachlässigen, da diese unter maximal optimierten Übertragungsbedingungen ausgeführt wurde.

DARSTELLUNG ZEIGT DIE AUFTeilUNG DER MOMENTLAST IN BEIDE RICHTUNGEN INNERHALB VON 10 MILLISEKUNDEN



## Energiequelle



**BYPASS** = 135.52 + 8.02 + 8.02 = **151.56W**

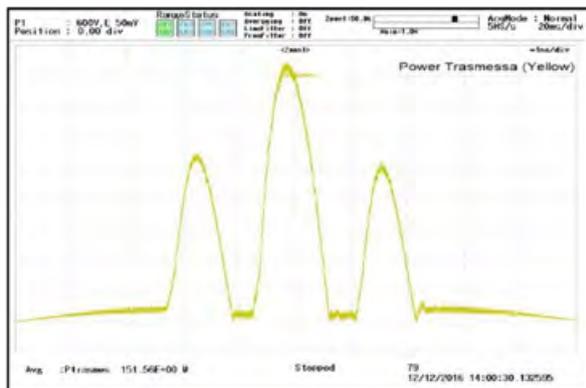
**SAVING** = 134.92 + 6.15 + 6.15 = **147.22W**

Diese Laboranalyse zeigt eine klare Effizienzsteigerung in der Übertragung der Momentlast von **30.30%**. Was bedeutet dies? Dass durch den permanenten Wechsel des Energieflusses von Mittelspannungstransformatoren zu den Verbrauchern und zurück und durch den Einsatz des Systems in SAVING eine Effizienzsteigerung erreicht wird. Dies bedeutet, dass dadurch weniger elektrische Transportenergie benötigt wird um die gleiche elektrische Arbeit zu verrichten, in diesem Beispiel um genau **2,94%**

## UNTERSCHIEDE UNTER LABORBEDINGUNGEN

Der Vergleich zeigt, wie sich die Momentanlast im BYPASS-Betrieb gegenüber im SAVING-Betrieb bei exakt gleicher stabilisierter Arbeit verhält. Bei diesem Versuchsaufbau wurde zwischen der Stromquelle und dem Verbraucher ein 6 Meter langes 2,5 qmm/Kupferkabel vom Typ No7-G9K verwendet mit einem Widerstand von  $R=0.00891 \text{ Ohm/Meter}$  und  $XL=0.000155 \text{ Ohm/Meter}$ . Mit einer Stromstärke von weniger als 1 Ampere kann also bei einer solchen Leitungslänge und mit 2.5 qmm Kabelquerschnitt, der Leistungsverlust bei der Messung vernachlässigt werden.

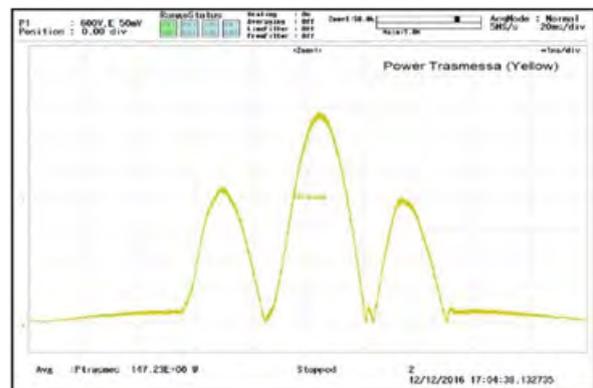
In **BYPASS** benötigte Momentanlast von Total  
**151.56 Watt** für Verbraucher und Übertragung



Avg :P1transmes 151.56E+00 W

79  
12/12/2016 14:00:30.132595

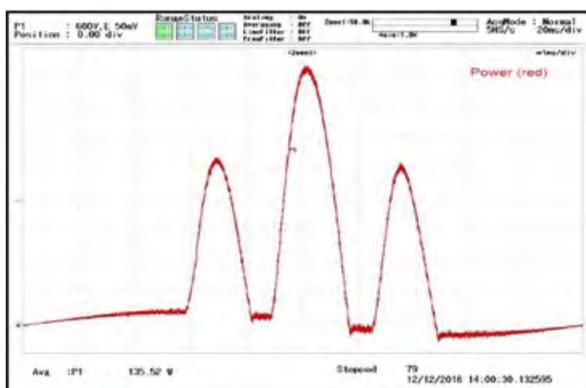
In **SAVING** benötigte Momentanlast von Total  
**147.23 Watt** um die für Verbraucher und Übertragung



Avg :P1transmes 147.23E+00 W

2  
12/12/2016 17:04:38.132735

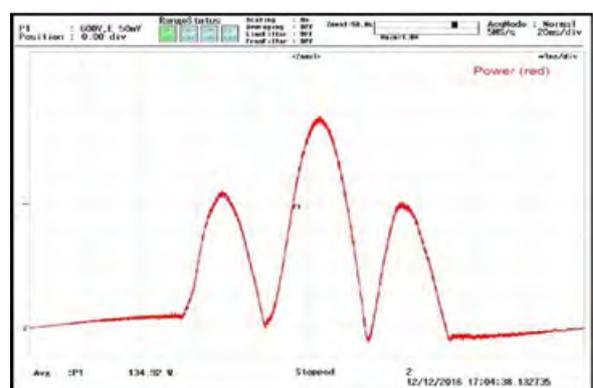
In **BYPASS** benötigte Momentanlast von Total  
**135.52 Watt** nur für den Verbraucher



Avg :P1 135.52 W

79  
12/12/2016 14:00:30.132595

In **SAVING** benötigte Momentanlast von Total  
**134.92 Watt** nur für den Verbraucher



Avg :P1 134.92 W

2  
12/12/2016 17:04:38.132735

**BYPASS:** 151.56 W - 135.52 W = **16.04 W**

**SAVING:** 147.23 W - 134.92 W = **12.31 W**



**EINE VERBESSERUNG DER EFFIZIENZÜBERTRAGUNG  
VON 16.04 W - 12.31 W = 3.73 W / 2,94%**

## EFFIZIENZNACHWEIS IN EINEM NETZWERK

Effekt-Analyse unter Laborbedingungen zeigt drei Unterschiede der Momentmessung ohne und mit **EP**plus-System in einem Netzwerk.



### BYPASS

**P-Übertragung**<sub>1</sub> = 78,397 W  
**Verlust Leitung** = 0,41416 W  
**P-Aktiv** = 67,749 W

### SAVING

**P-Übertragung**<sub>1</sub> = 76,563 W  
**Verlust Leitung** = 0,39126 W  
**P-Aktiv** = 67,411 W



Last 1



### BYPASS

**P-Übertragung**<sub>2</sub> = 76,428 W  
**Verlust Leitung** = 0,33466 W  
**P-Aktiv** = 67,166 W

### SAVING

**P-Übertragung**<sub>2</sub> = 74,590 W  
**Verlust Leitung** = 0,31776 W  
**P-Aktiv** = 67,096 W



Last 2



### BYPASS

**P-Übertragung**<sub>3</sub> = 151,04 W  
**Verlust Leitung** = 0,76332 W  
**P-Aktiv** = 135,04 W

### SAVING

**P-Übertragung**<sub>3</sub> = 147,06 W  
**Verlust Leitung** = 0,72105 W  
**P-Aktiv** = 134,79 W



Last 1 + 2

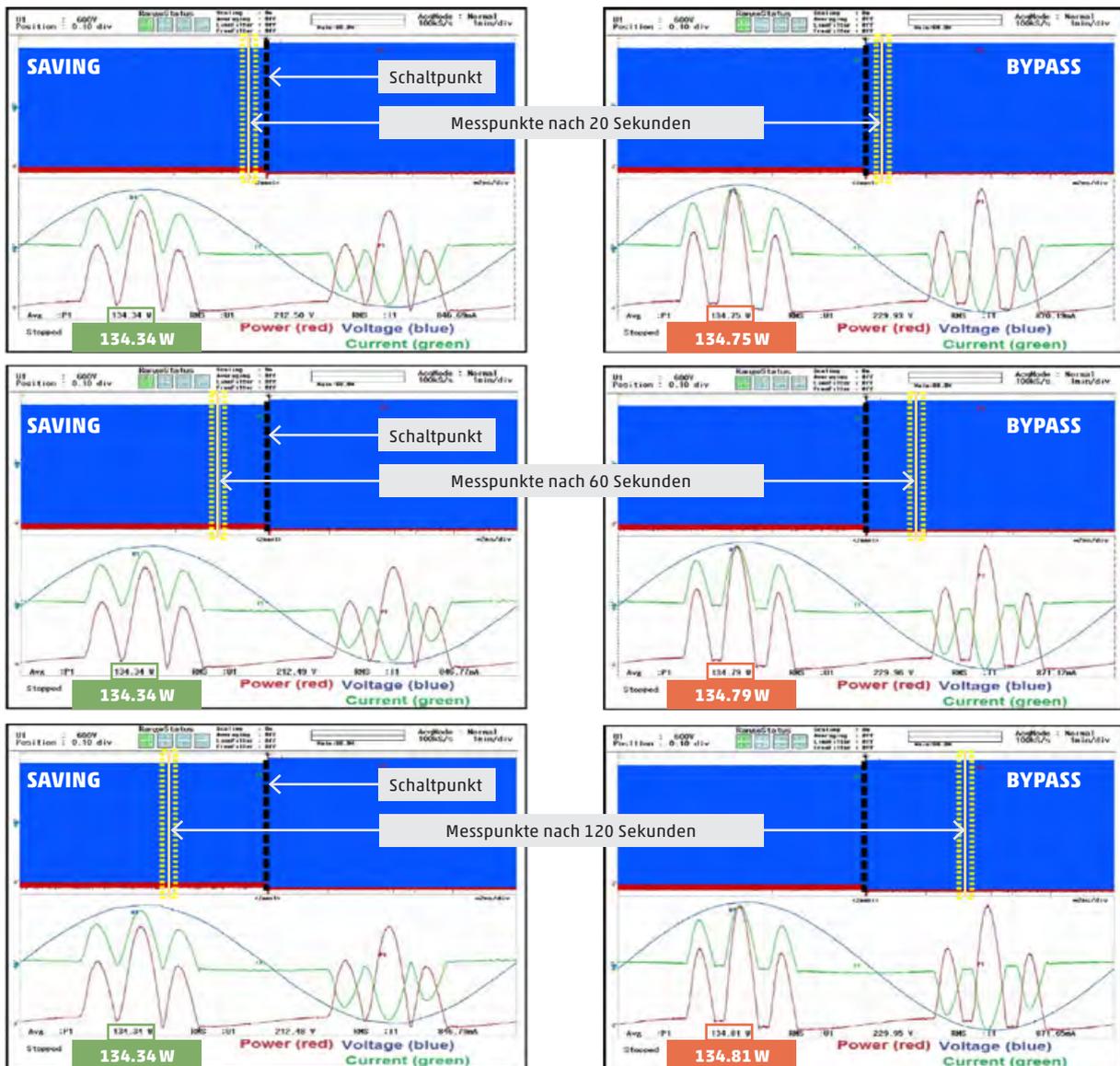
Bei dieser Messanalyse geht es um die Verbesserung der Effizienz der übertragenen Energie in einem Netzwerk zwischen den angeschlossenen Lasten und der Energiequelle selbst. Das Beispiel zeigt, dass der Verbrauch von einzeln gemessenen Verbrauchern (Lasten) zusammenaddiert, nicht das gleiche Ergebnis ist, wie wenn die Verbraucher in einem Netzwerk zusammen geschaltet gemessen werden.

	BYPASS	SAVING
P-Übertragung Last 1 + P-Übertragung Last 2	154.825 W 78.397 W + 76.428 W	151.153 W 76.563 W + 74.590 W
P-Übertragung Last 3	151.040 W	147.093 W
Erhöhung der Effizienzübertragung und Nutzen	<b>3.785 W</b>	<b>4.093 W</b>

Differenz von 4.093W – 3.785W = **0.308W / 8.13%** ist die Verbesserung bei konstanter Wirkleistung bei unserem abgebildeten Netzwerk. Das **EP**plus-System verbessert den Energieaustausch zwischen den Lasten, was wiederum eine Effizienzsteigerung in der Energieübertragung bedeutet.

# EFFEKT DER MOMENTANLAST AUF DAUER

Labormessung der Momentanlast auf Zeit und bei konstantem Verbrauch mit und ohne EPplus-System in einem Netzwerk.



Messpunkt vor und nach der Schaltung	Momentlast mit EPplus-System	Momentlast ohne EPplus-System	Differenz in Watt W	Differenz in Prozent %
Abstand 20 Sekunden	134.34 W	134.75 W	+ 0.41 W	+ 0.3043 %
Abstand 60 Sekunden	134.34 W	134.79 W	+ 0.45 W	+ 0.0339 %
Abstand 120 Sekunden	134.34 W	134.81 W	+ 0.47 W	+ 0.3486 %

Diese Laboranalyse zeigt, dass mit dem Einsatz des **EPplus**-Systems die Momentanlast innerhalb 120 Sekunden immer konstant bei 134.34W bleibt. Im BYPASS-Betrieb verschlechtert sich die Übertragung der Energie, die Verluste sind größer und somit ergibt sich ein Mehrverbrauch der Energie.

## MEHRERE ZIELE BEI DER ENTWICKLUNG VERFOLGT

### VORTEILE UND NACHTEILE VON NICHT LINEAREN VERBRAUCHERN!

Die Leistungselektronik bei nicht linearen Verbrauchern bestimmen die Leistung die von den Verbrauchern benötigt werden. Zu solchen Geräten zählen Netzteile, elektronische Vorschaltgeräte, Frequenzumrichter oder Induktionsöfen um nur einige Beispiele zu nennen. Sie produzieren Oberwellenströme, welche die Neutralleiter belasten und sich bei ungünstigen Elektroinstallationen über die Schutzleiter als Kriechströme (vagabundierende Ströme) innerhalb des Stromnetzes ausbreiten können. **Heute sind beinahe alle am Stromnetz angeschlossenen Geräte nicht lineare Verbraucher.**

Der Vorteil von nicht linearen Verbrauchern ist, dass sie sehr effizient sind und somit den Energieverbrauch senken. Der Nachteil aber ist, dass sie Oberwellenströme und elektromagnetische Störungen auf den Leitungen verursachen. Je grösser der Oberwellenstrom ist, desto grösser ist das Störpotential. Bereits bei wenigen Milliampere können Datenleitungen gestört sein. Die nicht linearen Ströme führen zu kurzzeitigen Spannungsabfällen, die über die gemeinsame Neutralleiterimpedanz auf andere Phasen überspringen und wiederum „dortige“ Verbraucher stören. Dieses Störpotential verursacht nicht nur Ausfälle bei hochsensiblen Bauteilen, sondern auch ein Mehrverbrauch auf der Übertragung der elektrischen Energie.

Dieser Mehrverbrauch wurde und wird hingenommen, da die Verbesserung der Leistungselektronik auf der Verbraucherseite um ein vielfaches höher ist und die Vorteile überwiegen. Mit dem **EPplus**-System ist es uns gelungen ein System zu entwickeln, dass genau auf dieses vorhandene Störpotential in einem gesamten elektrischen Verbrauchernetzwerk wirkt und dadurch eine Effizienzsteigerung auf den gesamten elektrischen Energiebedarf von 2-6% erreicht wird.

In zahlreichen Laboruntersuchungen und mit Hilfe von Fachhochschulen und Universitäten konnte die Wirkung des **EPplus**-Systems wissenschaftlich belegt werden. Die Veränderung der **Wellenform** wirkt sich positiv auf die Transmission aus und führt zu einer Effizienzsteigerung auf dem gesamten elektrischen Verbrauchernetz d.h. verändert man **p(t)** verändert man den elektrischen Energieaufwand.

Die Wellenform des Stroms

Die Wellenform der Spannung

THDI

THDV

Wellenform des Stroms (I-Effektiv / I-Mitte)

Wellenform der Spannung (V-Effektiv / V-Mitte)

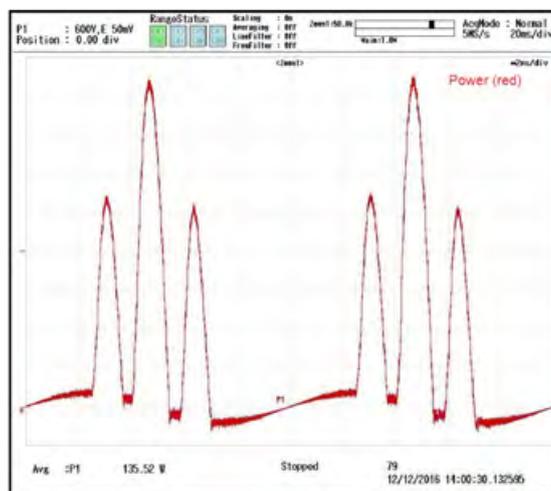
Crest Faktor des Stroms (I-Max / I-Effektiv)

Crest Faktor der Spannung (V-Max / V-Effektiv)

IPK

VPK

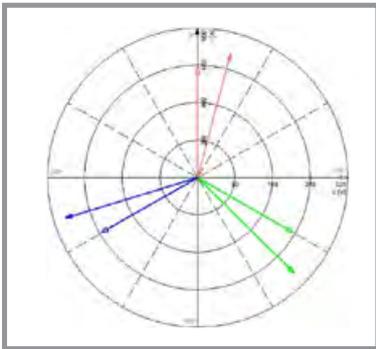
Glättung Effekt d-i / d-t



# WIRKUNG UND EFFEKTE

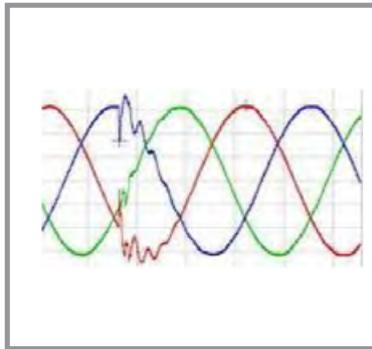
Das EPplus-System bringt zahlreiche technische Vorteile mit sich, die sich jedoch nicht direkt in monetären Zahlen bewerten lassen. Diese positiven Auswirkungen führen zu einer Reduzierung von Schäden an Elektronikplatinen und minimieren somit Ausfälle von Maschinen und Produktionslinien.

## Sternpunkt



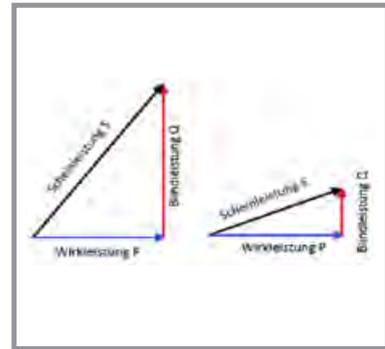
Verringert die Distanz zwischen dem Sternpunkt des Stromversorgers und dem Sternpunkt des Verbrauchers und reduziert so die Absorptionsverluste.

## Hamonisierung von Strom- und Spannungskurve



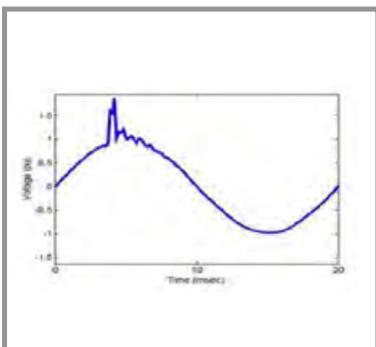
Vermindert die harmonischen Verzerrungen und verbessert damit den Verlauf der Stromkurve.

## Korrektur des Formfaktors



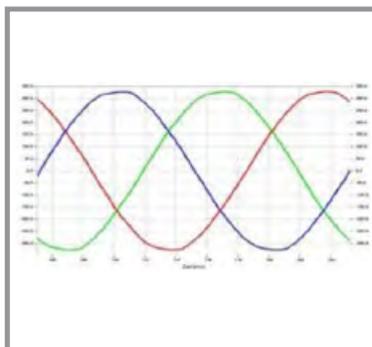
Verbessert den Leistungsfaktor und den  $\cos \phi$ .

## Begrenzung der Strom- und Spannungsspitzen



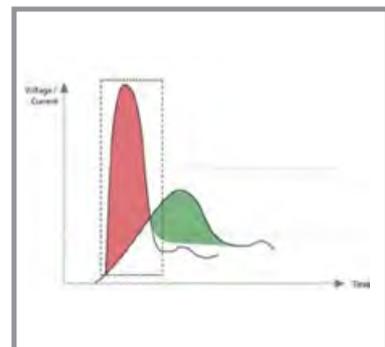
Kontrolliert und vermindert die Strom- und Spannungsspitzen und stabilisiert so die Stromversorgung.

## Phasenausgleich



Verbesserter Ausgleich der Spannungsversorgung auf den 3 Phasen.

## Soft-Start Effekt



Vermindert die Stromspitzen, verursacht durch das Einschalten von Motoren und anderen angeschlossenen Verbrauchern.

# MESSINSTRUMENTE MIT HÖCHSTER PRÄZISION



Neben den Labormessungen wurden zahlreiche Messungen im Live-Betrieb durchgeführt, um die Wirkungen des Systems und das Verhalten in einem großen Netzwerk besser analysieren und visualisieren zu können. Mit hochpräziser, mobiler Messtechnik können die Effekte des **EPplus**-Systems in der realen elektrischen Verbraucherstruktur gemessen werden. Dabei wird das **EPplus**-System mit dem eingebauten ABB Emax2 Leistungsschalter unterbrechungsfrei und bei laufendem Betrieb EIN und AUS geschaltet. Somit können die Veränderungen der elektrischen Größen in einem kurzen Abstand gemessen werden.



DEWESoft Netzqualitätsanalyse

Hierbei kommt der **Power Quality Analyzer von DEWESoft** zum Einsatz. Die Systeme gehören zu den marktführenden Präzisionsmessinstrumenten und werden in Forschungszentren zur Entwicklung neuer Technologien und z.B. für Leistungsmessungen von ...



Motoren



Umrichter



Transformatoren



Lichttechnik



Anlagentechnik

... sowie NETZQUALITÄTSANALYSEN & STROMVERSORGUNGSSYSTEMEN eingesetzt.



Intelligente Netze und Energiemanagement



Netzqualitätsanalyse



Erneuerbare Energien



Flugzeuge



Schiffsantriebe

**DEWESoft** bietet HIGH-END-Lösungen für Netzqualitätsanalysen an, welche alle elektrischen Größen in einem Millisekundenbereich erfassen und visualisieren können. Die hochauflösende Genauigkeit und die **All-In-One Lösung** des Messgeräts bietet Mobilität, Online-Messung und schnelle Resultate, einfache Handhabung, ist ausbaubar und deckt alle elektrotechnisch messbaren Daten ab.

# NETZQUALITÄTSANALYSATOR

## HIGHLIGHTS

- Netzqualitätsanalysator Klasse A (IEC 61000-4-30)
- Harmonische und Höher-Frequente Analyse bis zu 150 kHz (IEC61000-4-7)
- Flicker, Flicker Emission und Schnelle Spannungsänderungen (IEC61000-4-15)
- Unsymmetrie mit Periodenwerten für Mit-, Gegen- und Nullsystem
- Unbegrenzte Rohdatenspeicherung
- Datenanalyse während und nach der Messung
- Zusätzliche Funktionalität: Oszilloskop, hochpräzise Leistungsmessung, FFT-Analyse, Datenlogging, Transientenaufzeichnung



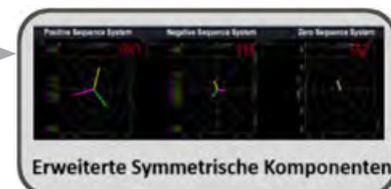
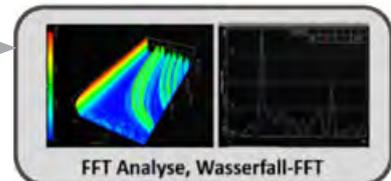
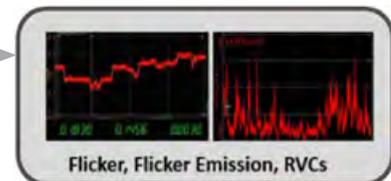
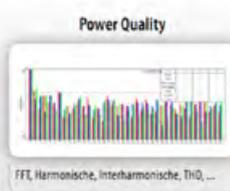
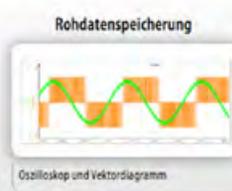
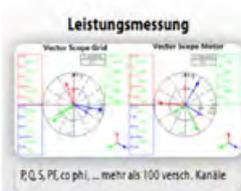
## KEY FACTS MESSGERÄT

- Hoch-genau Messeingänge (0,03 %) mit hoher Bandbreite (2 MHz) und hoher Abtastrate (1 MS/s)
- Anschluss beliebiger Stromsensorik (Rogowski-Schleifen, Eisenkernzangen, AC/DC Hallzangen, Shunts, etc.)
- Spannungseingänge bis zu 1600V DC (CAT II 1000V / CATIII 600V)
- Für stationären und mobilen Betrieb (bis zu 9 Stunden Stand-alone Betrieb)
- Synchronisation mit anderen DEWESoft Netzqualitätsmessgeräten

## KEY FACTS NETZQUALITÄTSANALYSE

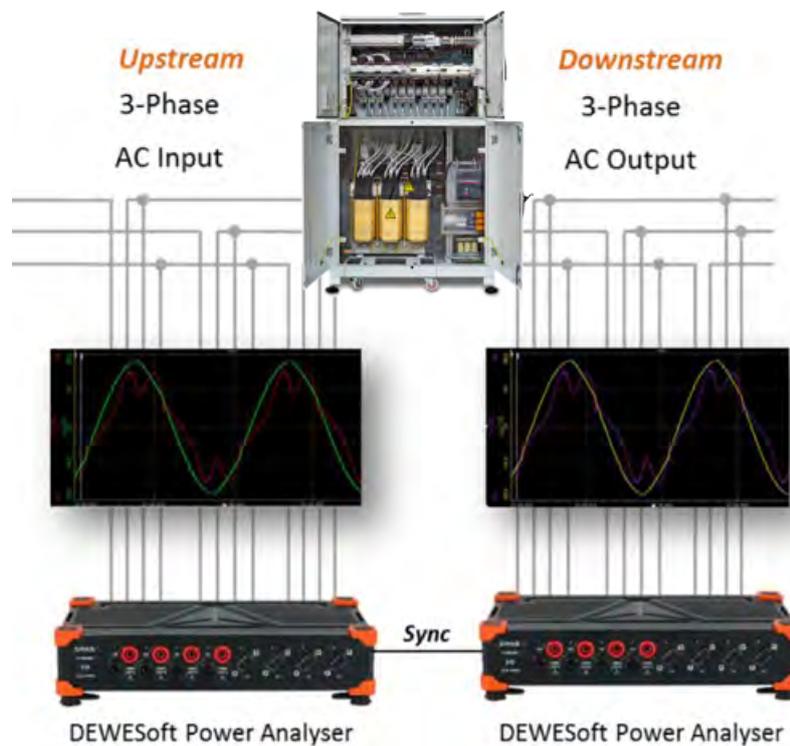
- Standardmäßig werden mehr als 300 verschiedene Werte: wie Spannungen, Ströme (rms, rm, ave) und Frequenz
- Wirk-, Blind- & Scheinleistung, Leistungsfaktor (P,Q,S,PF, cos phi,)
- Verzerrungsparameter (D, DH, QH, K, THD I, THD U)
- Harmonische, Interharmonische, Höher-Frequente bis zu 150 kHz
- Flicker und Flicker Emission, Schnelle Spannungsänderungen
- Unsymmetrie und Symmetrische Komponenten (Mit-, Gegen- & Nullsystem)
- Stern-Dreiecksumrechnung von RMS Werten und der Wellenform
- Periodenwerte mit Überlappung (bis zu 1ms – Leistungswerte)

## AUFBAU DES MESSEQUIPMENTS



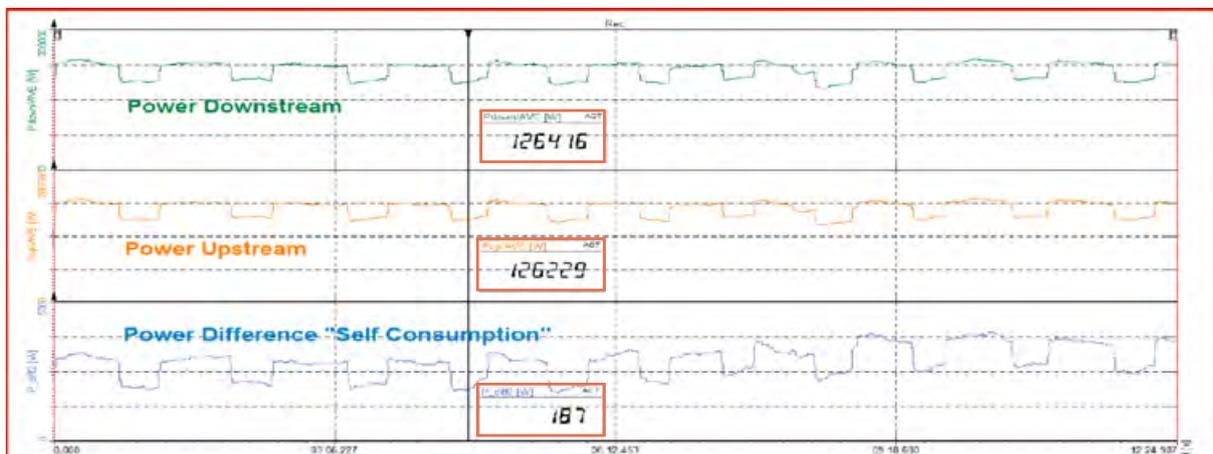
# EIGENVERBRAUCHSMESSUNG

Der Eigenverbrauch des **EP**plus-System kann auch mit dem DEWESoft gemessen werden. Zur Messung des Eigenverbrauchs wurden der 3-phasige AC-Eingang des Stromnetzes „Upstream“ und der 3-phasige AC-Ausgang des als „Downstream“ bezeichneten Systems gemessen. Der folgende Aufbau zeigt die Messkonfiguration.



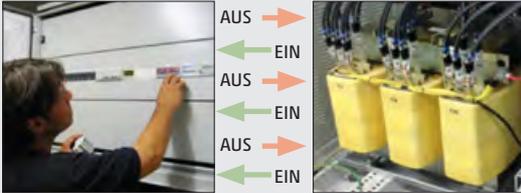
## BEISPIEL: MESSANALYSE DES EIGENVERBRAUCHS

30-Minuten-Messung eines **EP**plus-Systems 800 Ampere mit einer momentanen Belastung von 25% des Nennstromes. Der Eigenverbrauch beträgt während des gemessenen Zeitraumes im Durchschnitt 0.2% / 187W. Bei größerer Belastung wird der Eigenverbrauch des **EP**plus-Systems geringer.



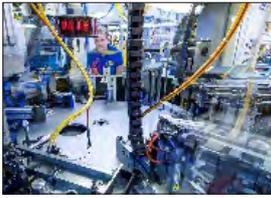
# UNTERBRECHUNGSFREIES SCHALTEN

Die Herausforderung solcher Schaltungen bei produzierenden Industrien mit großen Maschinenparks oder mit hochsensiblen Instrumenten ist technisch sehr anspruchsvoll. Stromstärken von bis zu 4000 Ampere können durch unser patentiertes SAVING/BYPASS System unterbrechungsfrei geschaltet werden.



AUS →  
← EIN  
AUS →  
← EIN  
AUS →  
← EIN





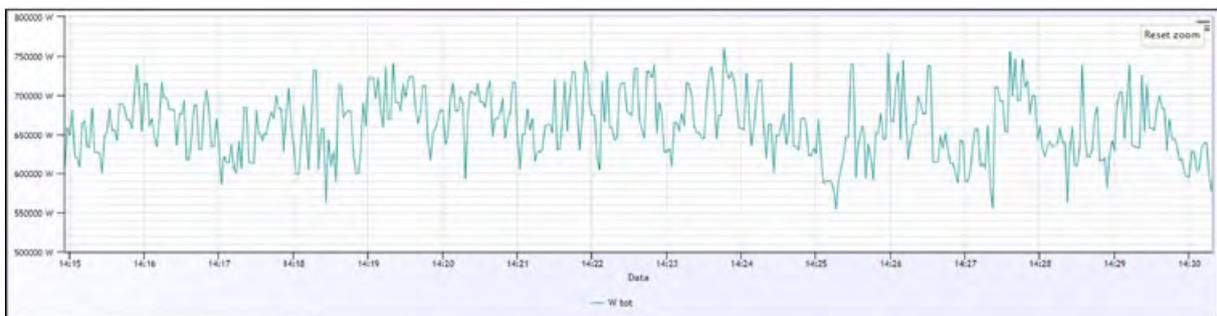







Eine weitere Herausforderung ist, abzuschätzen, wie hoch die erreichte Energieeffizienz in kWh im jeweiligen Unternehmen sein wird. Ebenso, die Energieeffizienz durch den Einsatz des EPplus-System zu visualisieren und gleichzeitig den Nachweis in einer sich ständig verändernden Lastkurve bei nie gleichem Energieverbrauch zu erbringen.

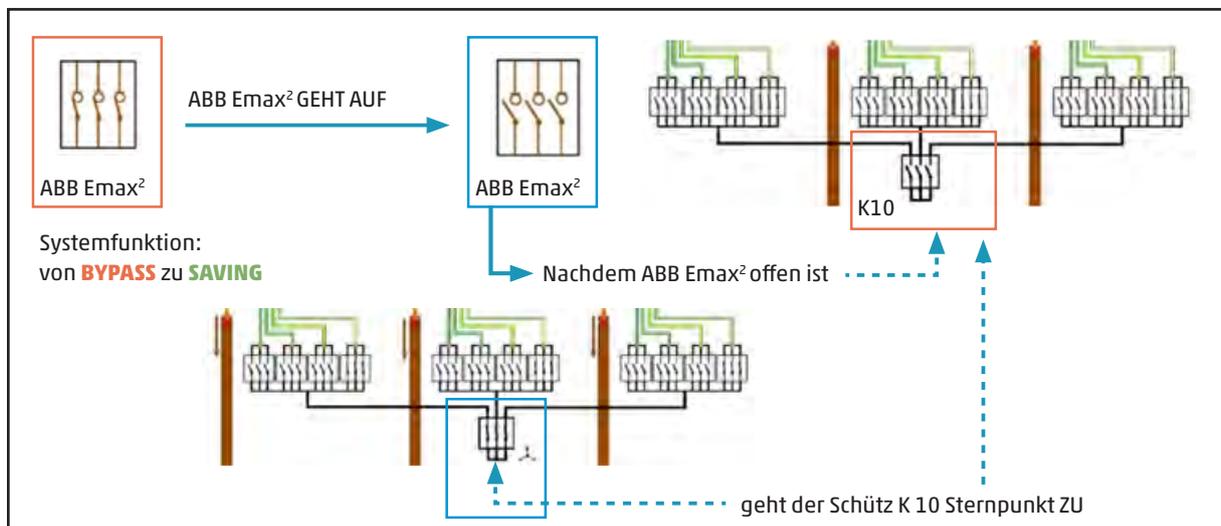
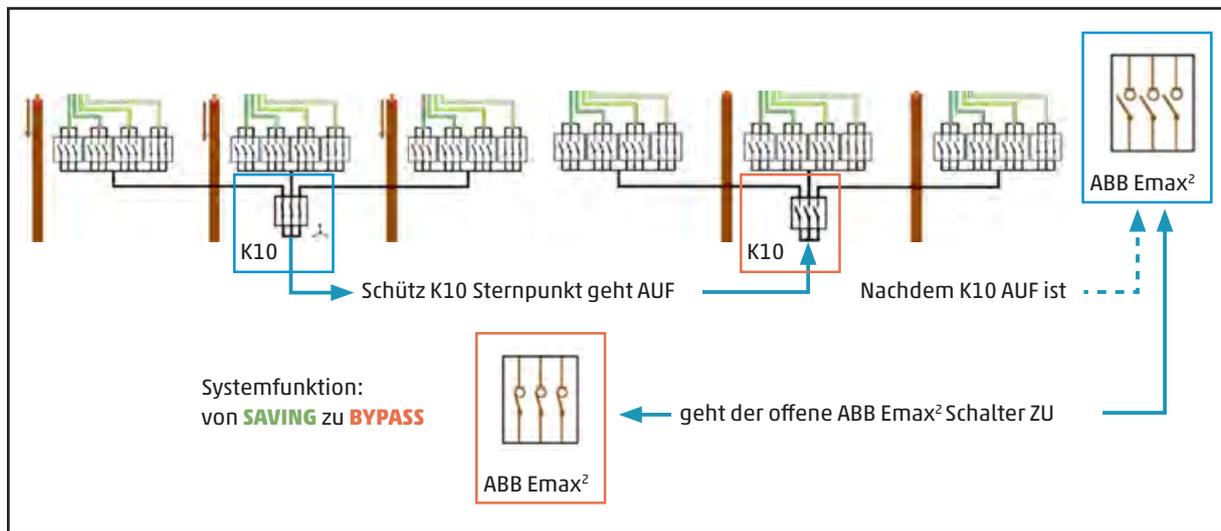
Leistungskurve kW / Zeitfenster von 15 Minuten / Messintervall 2 Sekunden. Es ist gut zu erkennen wie sich der Leistungsbedarf innerhalb von Sekunden von 550 kW auf 700 kW verändert.



Date	Power (W)
14.15	~600,000
14.16	~650,000
14.17	~600,000
14.18	~650,000
14.19	~650,000
14.20	~600,000
14.21	~650,000
14.22	~650,000
14.23	~650,000
14.24	~650,000
14.25	~600,000
14.26	~650,000
14.27	~600,000
14.28	~650,000
14.29	~600,000
14.30	~600,000

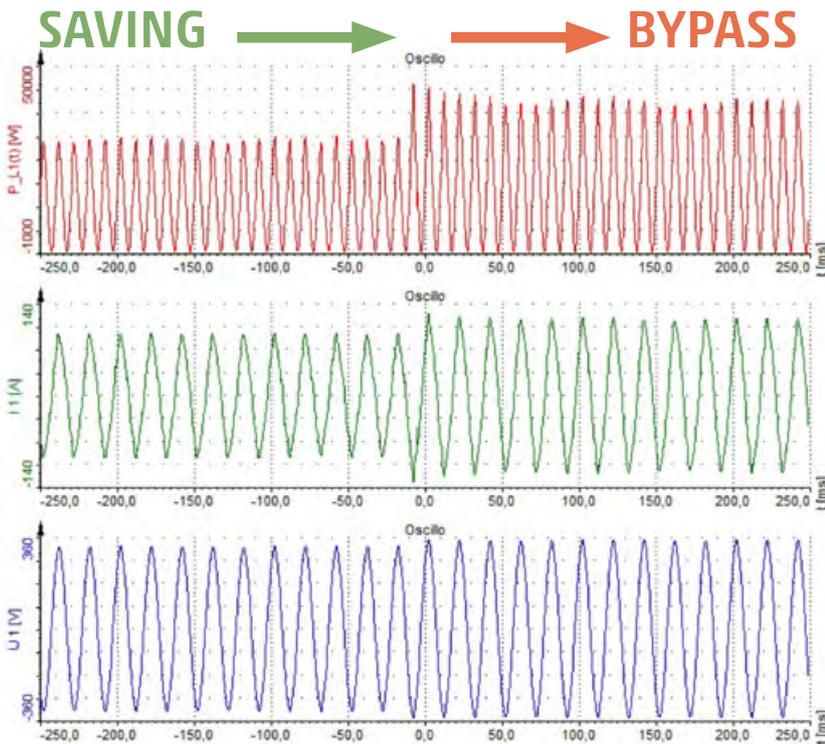
# FUNKTIONSBESCHREIBUNG SAVING/BYPASS

Die Momentanmessung zeigt den Effekt bei der **Kommutationsmessung** von SAVING (System EIN) zu BY-PASS (System AUS). Dieser Vorgang SAVING/BYPASS/SAVING/.... usw, wird durch eine Software in einer speziellen Sequenz gesteuert, um die Funktion und Sicherheit aller angeschlossenen hochsensiblen elektrischen Verbraucher immer zu garantieren. Das System schaltet den Schütz K10 (Sternpunkt) **AUS**, danach geht der ABB Emax2 Schalter auf die Position **ZU**, so wird die gegenseitige Induktivität der sekundären Wicklung zur primären Wicklung unterbrochen. Es fließt kein Rückkopplungsstromanteil ( $I_2$ ) zurück, das System ist jetzt außer Betrieb. Innerhalb weniger Minuten kann dieser Vorgang wiederholt werden. Aus Garantiegründen ist dieser Zyklus alle 5 Minuten technisch ausführbar.



# WIRKUNG UNTERBRECHUNGSLOS

Diese Momentaufnahme mit dem Oszilloskop zeigt eine Schaltung von SAVING nach BYPASS. Aufnahme von L1 (P), L1 (I) und L1(V) in einem Zeitraum von 0.5 Sekunden. Die ersten 0.25 Sekunden arbeitet das System im SAVING danach wird die Anlage auf BYPASS gestellt. Abbildung zeigt beim Schaltpunkt keine Unterbrechung der drei Größen.



Aufgrund der inzwischen über 700 überwiegend im Industriebereich installierten Systeme können wir alle Risikofaktoren gut beurteilen und Betriebsicherheit garantieren. Trotzdem können nie alle Faktoren vorab berücksichtigt werden. Deshalb wird jede Anlage individuell auf die jeweilige Anforderung abgestimmt.



**effect on harmonic configuration**

Ithd4 60.461 %			Ithd4 54.342 %		
Order	I4 [A]	hdf [%]	Order	I4 [A]	hdf [%]
Total	1.207		Total	1.214	
1	1.032	100.000	1	1.067	100.000
3	0.350	33.934	3	0.356	33.413
5	0.044	4.248	5	0.022	2.027
7	0.039	3.803	7	0.037	3.467
9	0.192	18.590	9	0.181	16.989
11	0.384	36.258	11	0.325	30.461
13	0.280	27.160	13	0.231	21.676
15	0.077	7.489	15	0.060	5.603
17	0.062	5.970	17	0.077	7.198
19	0.063	6.126	19	0.054	5.093
21	0.015	1.500	21	0.015	1.450
23	0.028	2.699	23	0.022	2.049
25	0.016	1.573	25	0.028	2.619
27	0.023	2.226	27	0.021	2.014
29	0.013	1.243	29	0.018	1.668
31	0.009	0.892	31	0.017	1.591
33	0.013	1.266	33	0.012	1.111
35	0.021	2.023	35	0.008	0.709
37	0.011	1.106	37	0.004	0.342
39	0.008	0.746	39	0.006	0.597

**Effect TripleN UNBALANCED VOLTAGE**

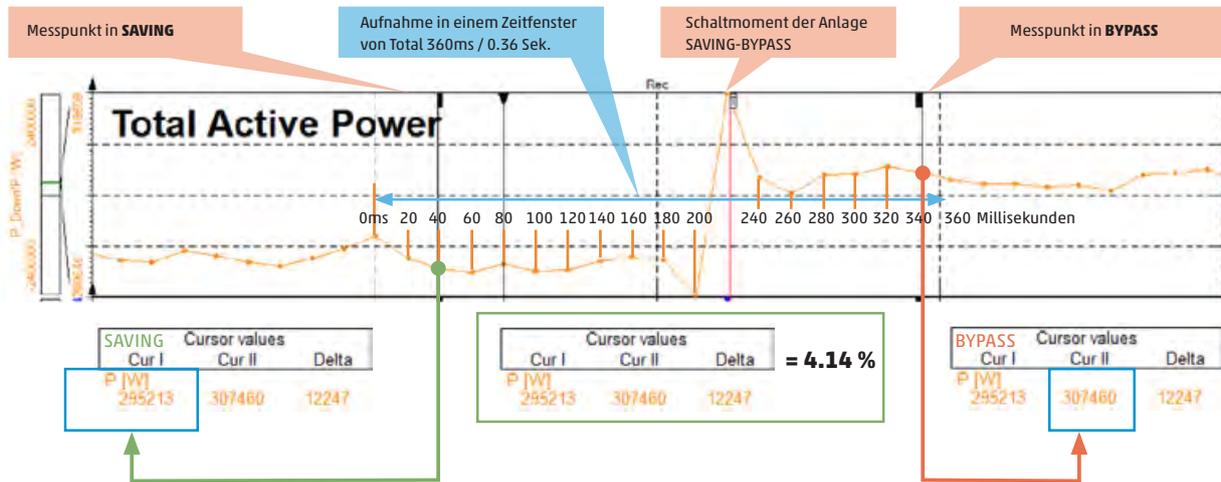
Ithd4 153.333			Ithd5 199.873			Ithd6 162.632		
Order	I4 [A]	hdf [%]	Order	I5 [A]	hdf [%]	Order	I6 [A]	hdf [%]
3	0.114	27.543		0.127	66.116		0.236	67.723
9	0.112	26.918		0.103	53.692		0.186	53.340
15	0.090	21.549		0.066	34.488		0.113	32.457
21	0.054	13.116		0.034	17.446		0.056	15.958
27	0.030	7.283		0.021	10.766		0.024	6.990
33	0.022	5.245		0.016	8.407		0.009	2.586
39	0.011	2.677		0.009	4.693		0.004	1.210

Ithd4 142.874			Ithd5 179.671			Ithd6 151.562		
Order	I4 [A]	hdf [%]	Order	I5 [A]	hdf [%]	Order	I6 [A]	hdf [%]
3	0.109	26.148		0.114	54.686		0.220	62.095
9	0.098	23.479		0.086	40.907		0.161	45.372
15	0.069	16.454		0.046	21.794		0.085	24.062
21	0.036	8.557		0.020	9.734		0.041	11.631
27	0.023	5.546		0.019	9.111		0.023	6.351
33	0.015	3.506		0.012	5.969		0.006	1.566
39	0.006	1.493		0.002	1.097		0.004	1.149

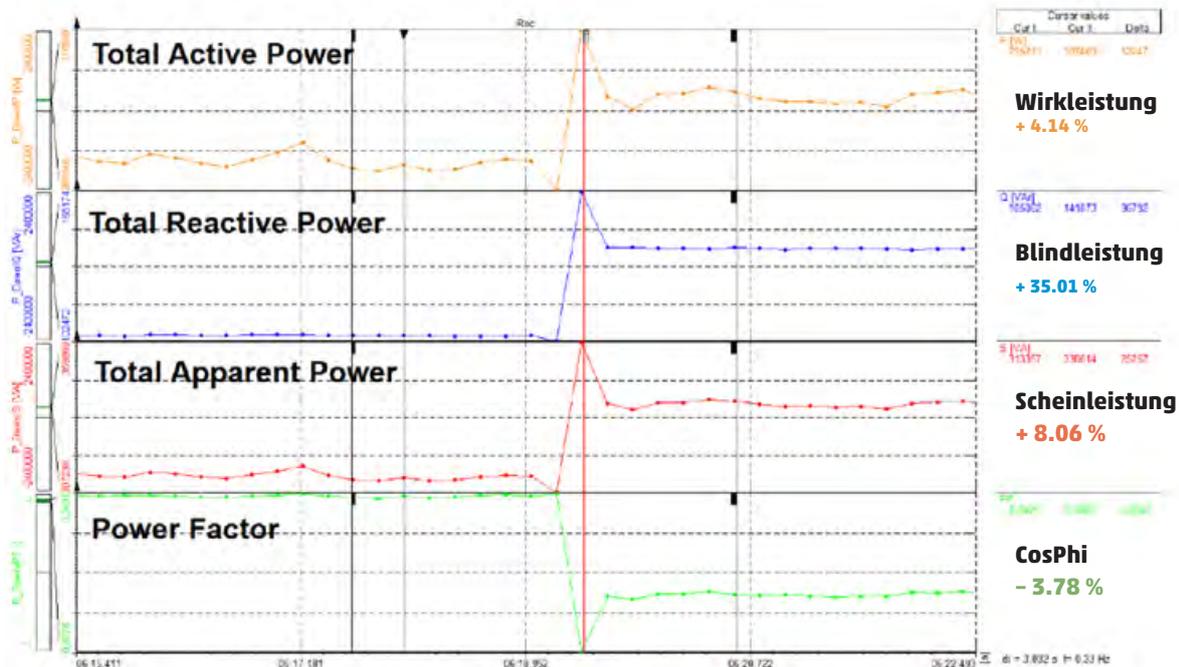
# WIRKUNG UND REDUZIERUNG

Abgebildet ist eine Kommutationsmessung von SAVING nach BYPASS in einem Industrieunternehmen mit einem großem Maschinenpark. In diesem Aufnahmemoment werden Wirkleistung (Total Active Power), Blindleistung (Total Reactive Power), Scheinleistung (Total Apparent Power) und der CosPhi (Power Factor) in Abstand von 20 Millisekunden pro Messpunkt visualisiert. Diese Momentaufnahme zeigt einen Mehrverbrauch in BYPASS von 12247 Watt oder 4.14% des gesamten aktuellen Leistungsbedarfs. Auch ersichtlich ist, dass während der Aufnahme von 0.36 Sekunden, kein grosser zusätzlicher Verbraucher EIN oder AUS geschaltet worden ist, da die Kennlinie der wichtigsten elektrischen Parameter vor und nach der Schaltung weiter konstant bleiben und sich nicht verändern.



BEISPIEL 1:

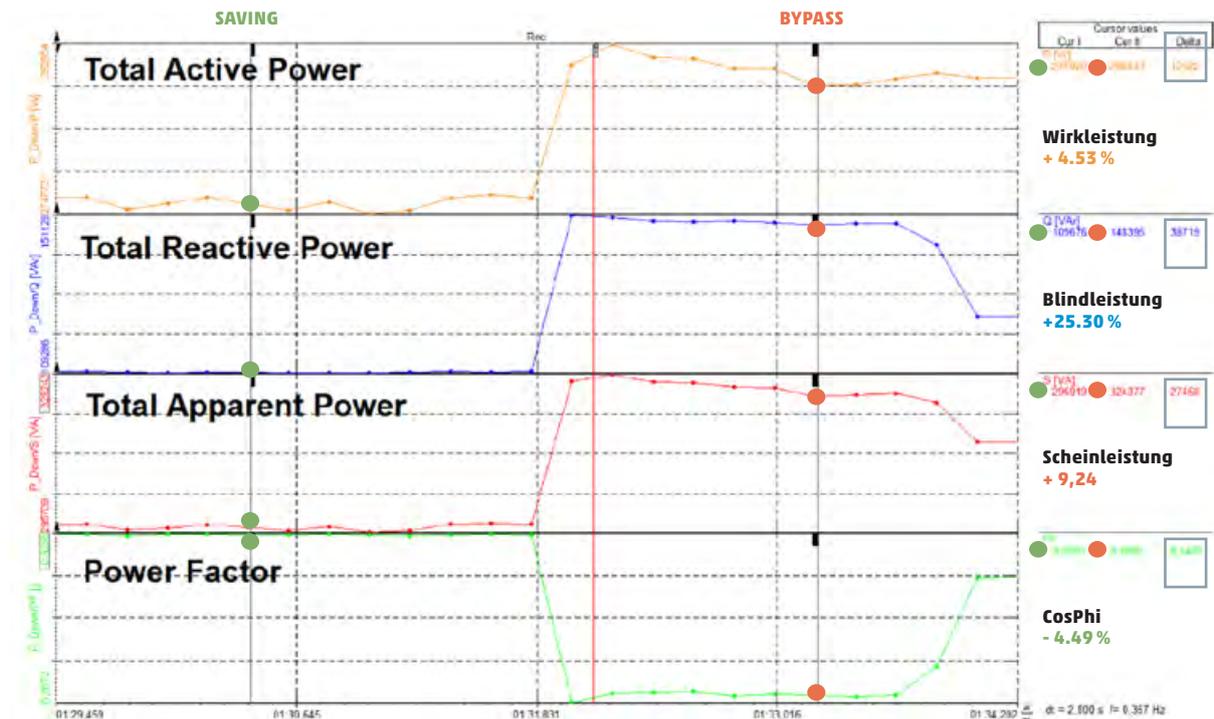
DIFFERENZ ZEIGT EIN MEHRVERBRAUCH IN BYPASS, BEOBSACHTUNGSZEITRAUM 0.70 SEKUNDEN



# WIRKUNG UND REDUZIERUNG

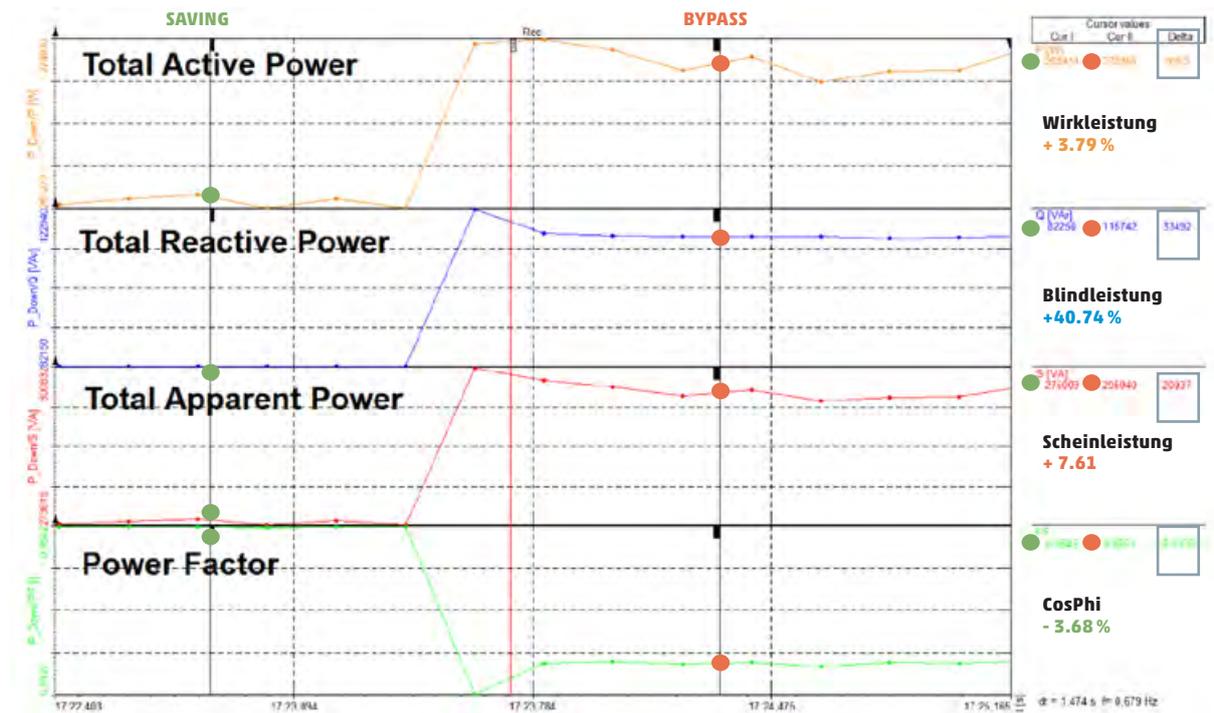
BEISPIEL 2:

DIFFERENZ ZEIGT EIN MEHRVERBRAUCH IN **BYPASS**, MESSZEITRAUM 0.48 SEKUNDEN



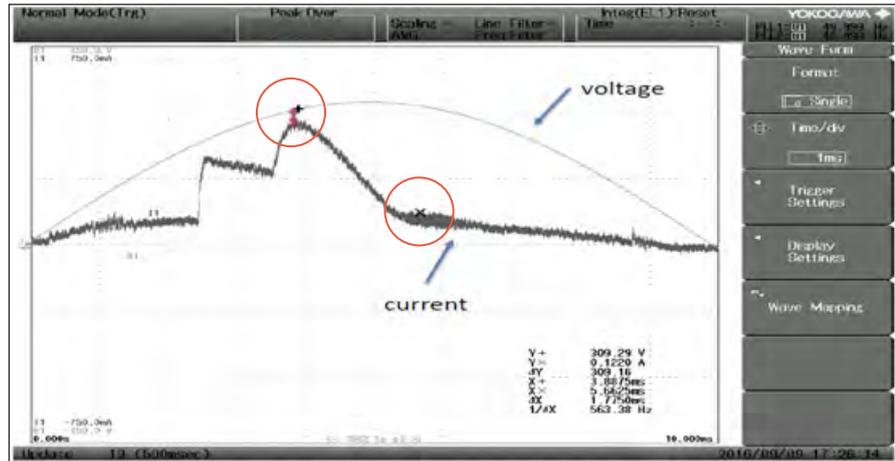
BEISPIEL 3:

DIFFERENZ ZEIGT EIN MEHRVERBRAUCH IN **BYPASS**, MESSZEITRAUM 0.28 SEKUNDEN

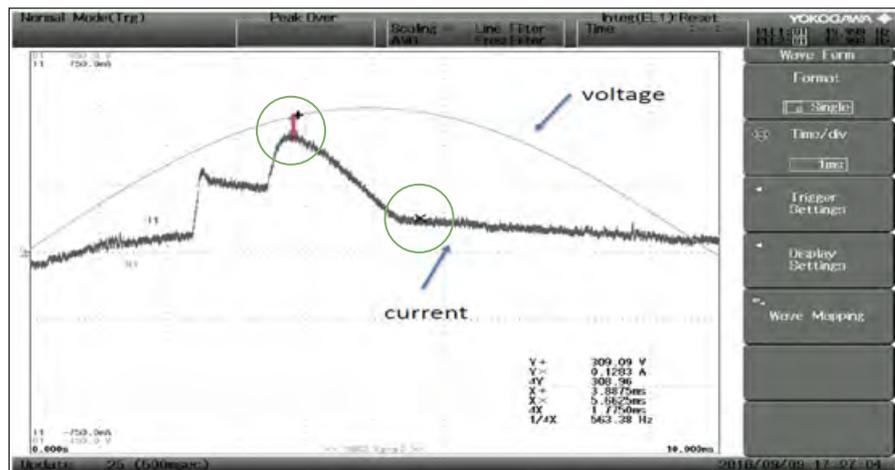


# UNTERSCHIEDE UNTER LABORBEDINGUNGEN

## System AUS

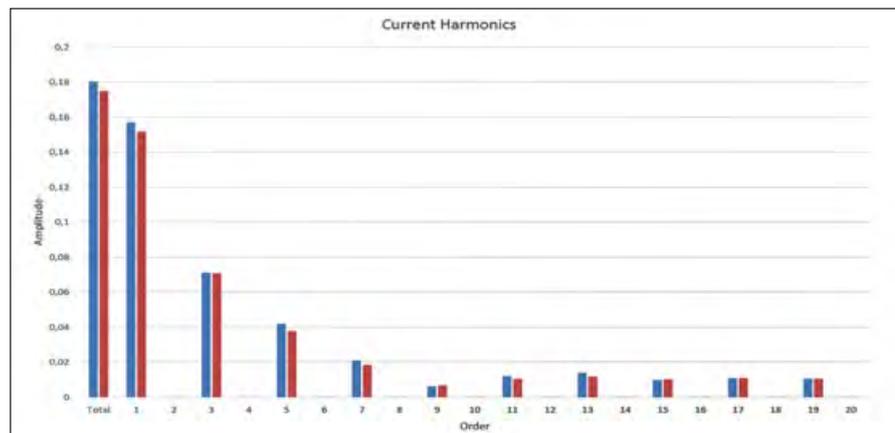


## System EIN



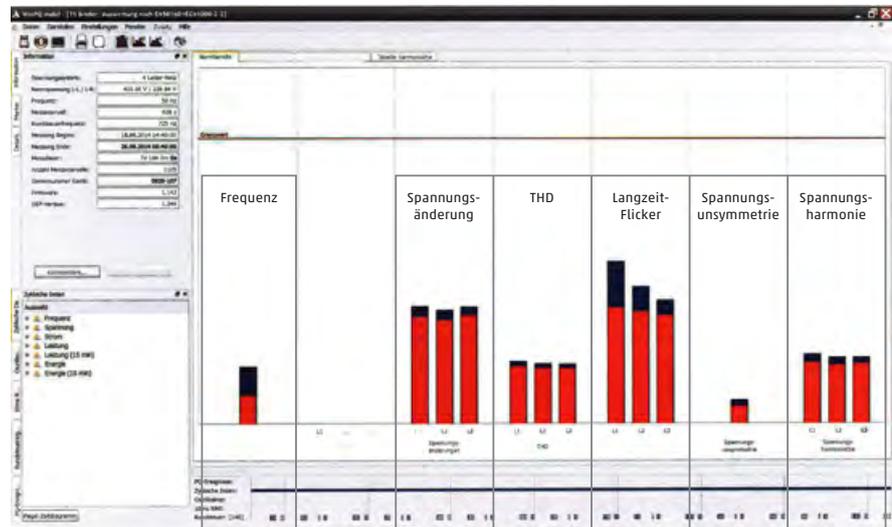
## Die Situationen im Vergleich

- █ BLAU: System AUS
- █ ROT: System EIN

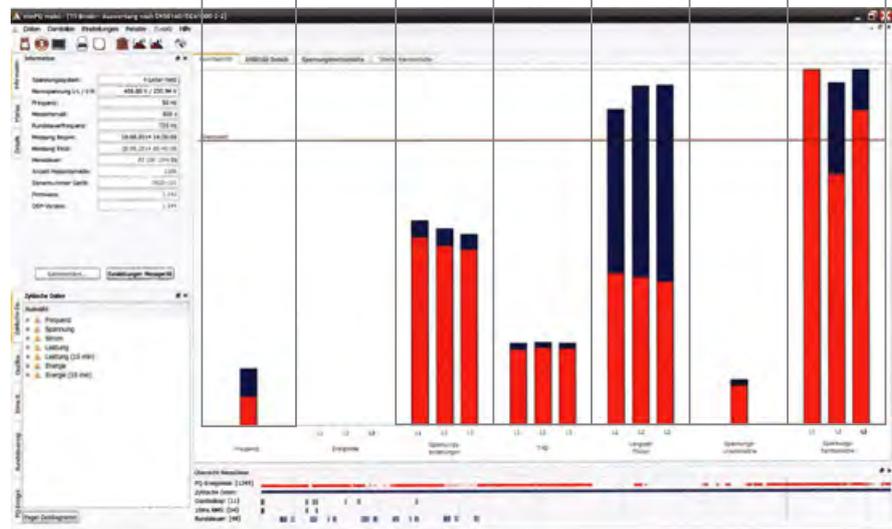


# UNTERSCHIEDE BEI GROSSEM MASCHINENPARK

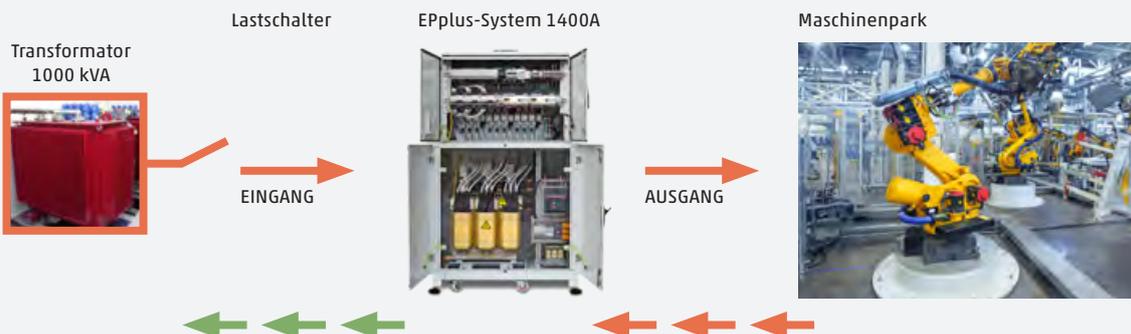
MESSUNG AM EINGANG



MESSUNG AM AUSGANG

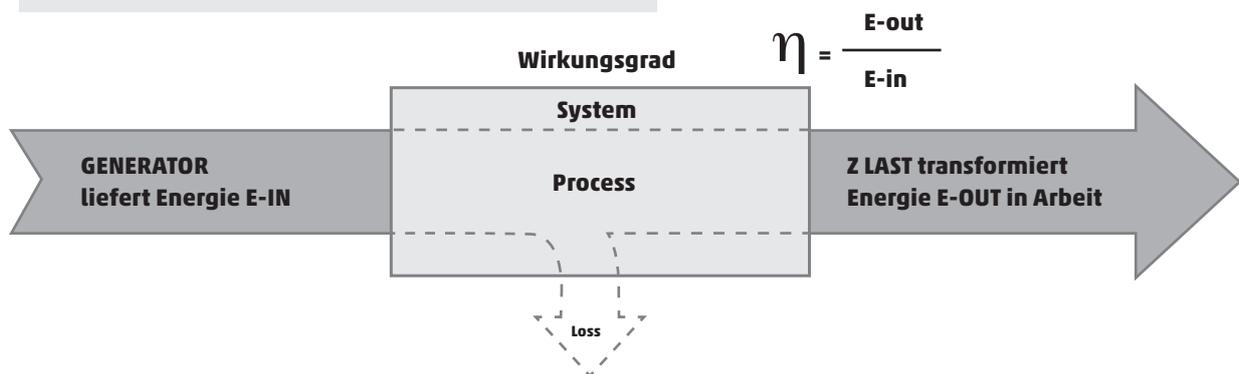
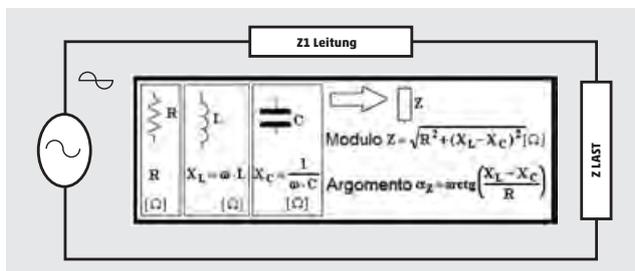
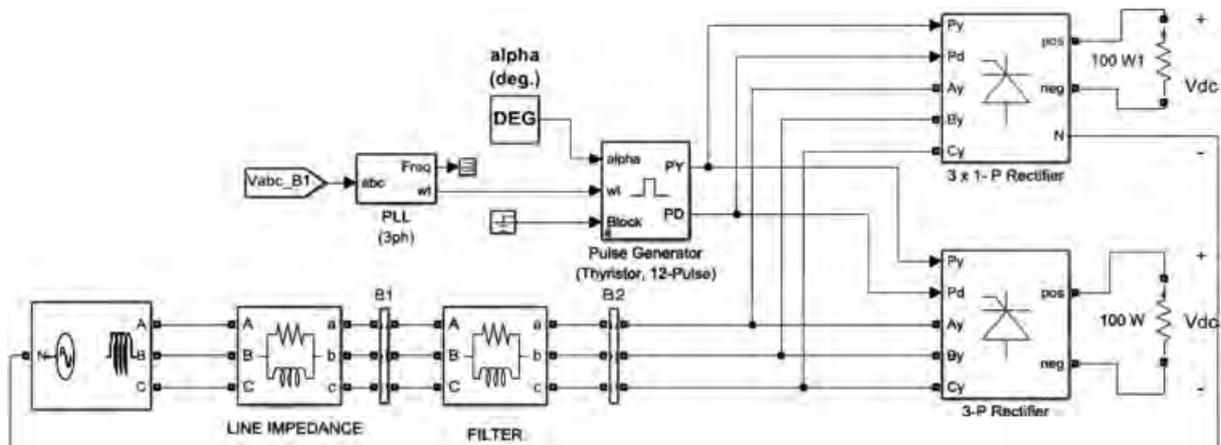
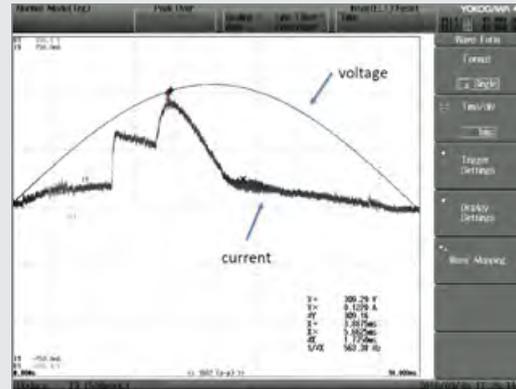


## VERBESSERUNG DER NETZRÜCKWIRKUNG UND ENERGIEÜBERTRAGUNG



# MESSPROTOKOLL UND NACHWEIS UNTER LABORBEDINGUNGEN

Eine Effizienzsteigerung in einem elektrischen Netzwerk, mit unzähligen angeschlossenen Verbrauchern nachzuweisen ist nicht einfach, da sich die Lasten und somit die Leistung und der dadurch erforderliche Energieverbrauch sich ständig ändert. Unter Laborbedingungen konnten die Effekte und Wirkung sowie die Veränderung der elektrischen Parameter gemessen und nachgewiesen werden. Diese Veränderungen führen zu einer Effizienzsteigerung und somit Senkung der Energieverluste. Dies konnte unter der Beobachtung und Zusammenarbeit der unabhängige elektrotechnischen Universität in Florenz analysiert und bestätigt werden.

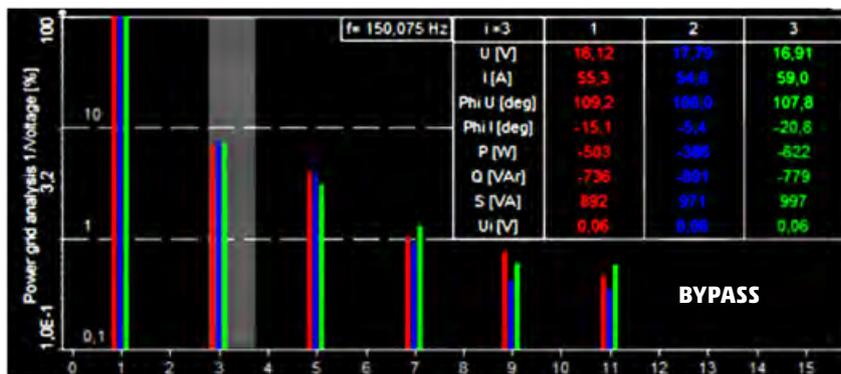
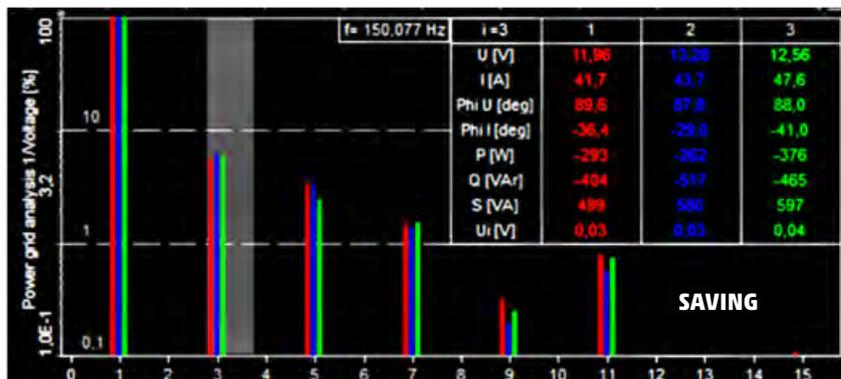


$$\eta = \frac{E\text{-out}}{E\text{-in}}$$

# MESSPROTOKOLL UND NACHWEIS DER FELDMESSUNG

Nachdem die Wirkung und Effekte im Labor mit hochauflösenden Messinstrumenten belegt wurden, war eine weitere Herausforderung, die Feldmessung bei komplexen elektrischen Netzwerken mit hohem Energiebedarf und bei unterschiedlichen Verbraucherstrukturen, messen zu können.

Bei dieser Feldmessung werden Momentaufnahmen in kurzen Zeiträumen herangezogen. Diese Analysen zeigen die Effekte innerhalb wenigen Millisekunden aller veränderten elektrischen Größen und bei unstabiler Last. Die Momentaufnahmen zeigen den Trend der Effizienzsteigerung in einem kompletten elektrischen Niederspannungsnetz nach dem Mittelspannungstransformator bis hin zum Verbraucher.



## LABOR- UND FELDMESSUNGEN

Beide Messanalysen zeigen Effekte und Veränderungen auf allen elektrischen Größen und die damit verbundene Wirkung, die mit dem EPplus-System damit erreicht werden kann. Gemessen und abgerechnet wird beim Energieversorger in Kilowattstunden (kWh), also nur die effektiv benötigte elektrische Energie. Der Unterschied der beiden Messungen liegt darin, dass bei der Feldmessung (Momentanmessung) in der realen elektrischen Verbraucherstruktur gemessen wird und daher jede Messung unterschiedlich ist, was im Labor nicht der Fall ist. Mit mehreren Momentanmessungen werden Messwerte in verschiedenen Zeitzonen und mit unterschiedlichsten Lasten gemessen, um so einen Mittelwert der Reduzierung der Energieverluste zu ermitteln. Deshalb beurteilen wir die Momentanmessung auch als Trendmessung und erhalten so einen Mittelwert des reduzierten Energieverbrauchs in der gesamten elektrischen Verbraucherstruktur.

## EFFEKTIVER NACHWEIS DER EFFIZIENZSTEIGERUNG

Da sich alle bisherigen Effizienzsteigerungsmaßnahmen auf die einzelnen elektrischen Verbraucher bezogen haben und nicht auf ein gesamtes elektrisches Verbrauchernetz, musste ein geeignetes Messverfahren entwickelt werden. Da sich bis heute niemand mit der Frage, wie eine Effizienzsteigerung in einem gesamten elektrischen Verbrauchernetz (nach dem Mittelspannungstransformator) erzielt und gemessen werden kann, auseinandergesetzt hatte, musste in Zusammenarbeit mit Universitäten und Experten dieses zuerst entwickelt werden.

Die Herausforderung war gross, da in einem gesamten elektrischen Verbrauchernetz der Energiebedarf zu keinem Zeitpunkt gleich ist und laufend Verbraucher zu- und weggeschaltet werden. Die Analyse unzähliger Lastgangdaten und Energieverbräuche in unterschiedlichsten Branchen und Unternehmen mit enorm schwankenden Verbräuchen haben neue Erkenntnisse in der Elektrotechnik gebracht.



**DIE ERKENNTNIS**, dass bei einer Vergleichsmessung von maximal 5 Minuten des elektrischen Energieverbrauchs (kWh) über einen Zeitraum von mindestens 24 Stunden in einem gesamten elektrischen Verbrauchernetz sich ausgleicht, **IST NEU**



Diese Erkenntnis ist revolutionierend und ist derzeit die einzige Möglichkeit, eine Effizienzsteigerung in einem gesamten elektrischen Verbrauchernetz verlässlich nachzuweisen. Diese Erkenntnisse und unser Messverfahren sind zukunftsweisend und ein neuer Massstab, wenn es um Energieeffizienzsteigerung geht! Das neue Wissen, das bei einem Energieverbrauchsvergleich zwischen 240 – 300 Sekunden über einen Zeitraum eines ganzen Tages, mehrerer Tage und Wochen ausgleicht, wurde in zahlreichen Studien und Analysen in Zusammenarbeit mit Universitäten und Experten erarbeitet. Auf Basis dieses neuen Wissens konnte das **EP**plus-System so weiterentwickelt werden, dass die Effizienzsteigerung in einem gesamten elektrischen Verbrauchernetz gemessen und visualisiert werden kann.

In einer umfangreichen Studie in einem Echtbetrieb, konnte durch die international tätigen Zertifizierungsgesellschaft IMQ, die Messungen auf Richtigkeit und Genauigkeit nachvollzogen werden.



**EINE GESAMTE ENERGIEMESSUNG MIT NACHWEIS**

# MESSDATENERFASSUNG & ARCHIVIERUNG

Mit dem eingebauten Energieverbrauchszähler werden sämtliche elektrischen Grössen gemessen, gespeichert und archiviert.

DIESE GRÖSSEN  
IN 1 - MINUTEN ABSTAND ABRUFBAR

V L1-N	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V L2-N	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V L3-N	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V L1-L2	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V L2-L3	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V L3-L1	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V tot	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
A-L1	A	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
A-L2	A	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
A-L3	A	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
A max	A	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
A n	A	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
P-L1	W	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
P-L2	W	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
P-L3	W	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
W tot	W	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VA L1	VA	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VA L2	VA	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VA L3	VA	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VA tot	VA	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VAR L1	VAR	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VAR L2	VAR	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VAR L3	VAR	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VAR tot	VAR	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Energy	kWh	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Reactive Energy	KVARh	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Frequency	Hz	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Capacitive PF tot	PF	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Inductive PF tot	PF	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■

DIESE GRÖSSEN  
IN 2-SEKUNDEN ABSTAND ABRUFBAR

V L1-N	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V L2-N	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
V L3-N	V	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Energy	kWh	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Reactive Energy	KVARh	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
W tot	W	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
VAR tot	VAR	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Inductive PF tot	PF	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
Capacitive PF tot	PF	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
THD I1	%	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
THD I2	%	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
THD I3	%	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
THD V1	%	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■
THD V2	%	ana	<input checked="" type="checkbox"/>	■

Für eine Energiedifferenz- und Energiereferenzmessung werden die oben aufgeführten Grössen in einer 2 Sekunden Auflösung verwendet. Nur bei einer Erfassung von maximal 2 Sekunden kann eine Energiereferenzmessung realisiert werden. Sämtliche Daten stehen sofort zur Verfügung und können als EXCEL Datei, CSV-Datei oder als Grafik über unseren Server abgerufen werden.

BEISPIEL GRAFIK 2-SEKUNDEN MESSUNG



## MESSVERFAHREN EPplus-SYSTEM

Alle bisherigen Effizienzsteigerungsmassnahmen in der Elektrotechnik haben sich auf die einzelnen elektrischen Verbraucher und Querschnittstechnologien bezogen und nicht auf ein gesamtes elektrisches Verbrauchernetz. Da sich bisher niemand mit diesem Thema, wie eine Effizienzsteigerung in einem gesamten elektrischen Verbrauchernetz (nach dem Mittelspannungstransformator) erzielt und gemessen werden kann auseinandergesetzt hatte, musste ein neues Messverfahren entwickelt werden. Mit den vorhandenen Kenntnissen und in Zusammenarbeit mit Universitäten wurde das nachfolgend beschriebene Messverfahren entwickelt und durch eine unabhängige Zertifizierungsgesellschaft validiert.

Die Herausforderung war gross, da in einem gesamten elektrischen Netz der Verbrauch zu keinem Zeitpunkt gleich ist und laufend Verbraucher zu- und weggeschaltet werden. Die Auswertung und Analyse unzähliger Lastgang- und Energiedaten in vielen Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen wurden durchgeführt und haben neue Erkenntnisse gebracht

### ENERGIEVERBRAUCH-VERGLEICHSMESSUNG MIT UND OHNE EPplus-System

Grundlage für die Genauigkeit für die Energievergleichsmessung ist ein zuverlässiges und hochauflösendes Mess-equipment. Das EPplus-System kann während dem laufenden Betrieb, jederzeit EIN und AUS geschaltet werden. Die Messung erfolgt über einen Zeitraum von 24 Stunden, wobei das EPplus-System alle 300 Sekunden EIN und AUS geschaltet wird. Insgesamt ergibt das 144 Zeitabschnitte von 300 Sekunden SAVING (EIN) und 144 Zeitabschnitte von 300 Sekunden in BYPASS (AUS) Status ist. Damit die Messgenauigkeit bei der Vergleichsmessung gewährleistet werden kann, wird die Energiemessung während dem Statuswechsel (20 Sekunden) und beim Schaltzyklus (2 Sekunden) nicht mit einbezogen. Die Energiemessung für diese Zeit wird separat ausgewiesen. Die insgesamt 288 Schaltungen über einen Zeitraum von 24 Stunden werden nach der Inbetriebnahme und zu einem beliebigen Zeitpunkt programmiert.

Die gleichen Energieverbrauch-Vergleichsmessungen werden ebenfalls unter den gleichen Bedingungen und ohne Schaltungen über einen Zeitraum von mindestens 21 Tagen ausgeführt. Gleiche Bedingungen heisst, dass auch hier sekundengenaue Zeitabschnitte gegenübergestellt werden. Nur durch die hundertprozentige Vergleichbarkeit der Energieverbrauchsmessungen kann die Genauigkeit der Effizienzsteigerung gewährleistet und nachgewiesen werden.



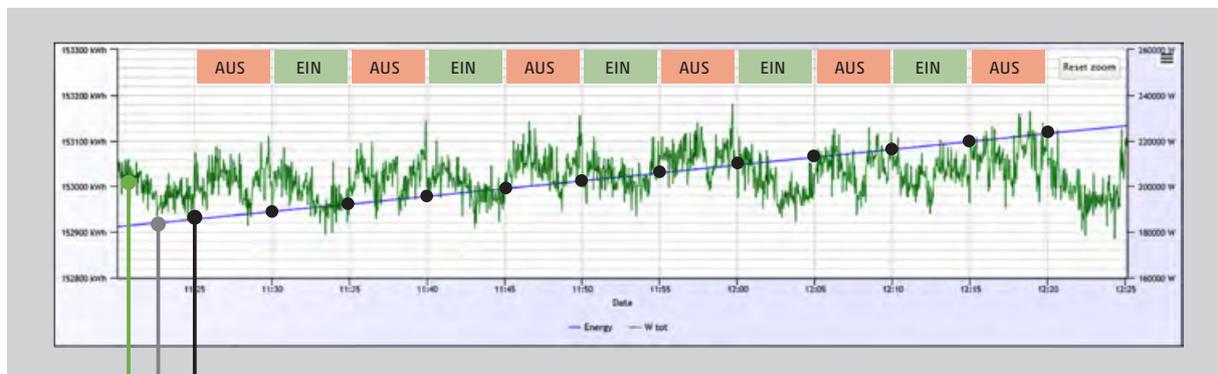
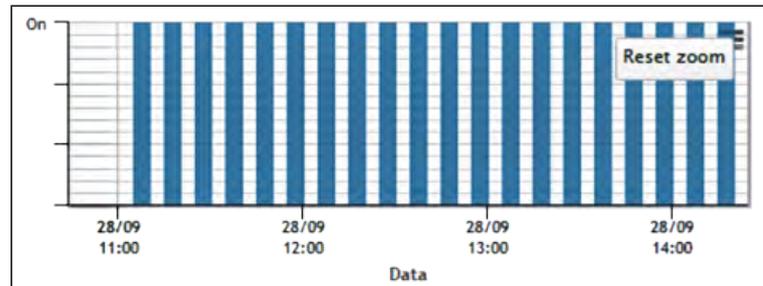
### WUSSTEN SIE SCHON:

Dass die elektrische Effizienzsteigerung in einem gesamten Netzwerk mit vielen elektrischen Verbrauchern und unterschiedlichen Lasten erstmals mit unserem Messverfahren messbar und nachvollziehbar ist



# MESSVERFAHREN EPplus-SYSTEM

Mit dem integrierten Messequipment werden sämtliche elektrischen Grössen gemessen, gespeichert und auf dem Server archiviert. Grafik zeigt programmierte Schaltzyklen (Blau: EPplus-System-AUS / Weiss: EPplus-System-EIN). Insgesamt 288 Schaltungen.



Schaltung alle 300 Sekunden

Blaue Linie: Energieverbrauch in kWh

Permanent  
veränderte  
Lastkurve  
Verbrauch in kW

Datum /Uhrzeit	Status	Energiezähler (kWh)	ΔE SAVING	Zeit(s) sav	ΔE BYPASS	Zeit(s) by	Δzeit (s)
28/09/2017 10.59.56		216,9					20
28/09/2017 11.00.16		216,9					280
28/09/2017 11.04.56	Saving	217,6	15,2	280			2
28/09/2017 11.04.58	ByPass	229,3			15,8	280	280
28/09/2017 11.09.38		233,6					40
28/09/2017 11.10.18		221,0					2
28/09/2017 11.14.58	Saving	217,5	15,8	280			280
28/09/2017 11.15.00	ByPass	231,2			16,2	280	280
28/09/2017 11.19.40		233,9					38
28/09/2017 11.20.18		220,7					2
28/09/2017 11.24.58	Saving	217,0	15,4	280			280
28/09/2017 11.25.00	ByPass	232,5			15,8	280	280
28/09/2017 11.29.40		233,7					38
28/09/2017 11.30.18		221,2					2
28/09/2017 11.34.58	Saving	222,4	15,2	280			280
28/09/2017 11.35.00	ByPass	232,7			15,9	280	280
28/09/2017 11.39.40		233,8					38
28/09/2017 11.40.18		221,2					2
28/09/2017 11.44.58	Saving	217,8	15,4	280			280

DOKUMENT MIT ALLEN 288 SCHALTUNGEN

## DETAILANSICHT SCHALTUNG / SCHALTZYKLEN

FORTLAUFENDE ENERGIREFERENZMESSUNG VON ALLEN SCHALTZYKLEN, SAVING UND BYPASS – POSITIONEN SOWIE DER SCHALTUNGEN SELBST.

Zum besseren Verständnis wird in der nachfolgenden Grafik nochmals ganz genau der Ablauf des Messverfahrens und die Schaltfunktionen und Messintervalle aufgezeigt. Durch das Aktivieren des ABBEmax<sup>2</sup> Leistungsschalter werden sämtliche elektrische Größen sofort geändert.

<b>Start</b> (Schaltzyklus)	<b>Ende</b> (Schaltzyklus)	<b>Start</b> SAVING	<b>Ende</b> SAVING	<b>Start</b> (Schaltung)	<b>Ende</b> (Schaltung)	<b>Start</b> BYPASS	<b>Ende</b> BYPASS
10.00.16 h 67213.50 kWh	10.00.36 h 67215.70 kWh	10.00.36 h 67215.70 kWh	10.05.16 h 67246.70 kWh	10.05.16 h 67246.70 kWh	10.05.18 h 67246.80 kWh	10.05.18 h 67246.80 kWh	10.09.58 h 67278.50 kWh
20 Sekunden	2.20 kWh	280 Sekunden	31.00 kWh	2 Sekunden	0.10 kWh	280 Sekunden	31.70 kWh
300 Sekunden							
<b>Ende</b> SAVING	<b>Start</b> SAVING	<b>Ende</b> (Schaltzyklus)	<b>Start</b> (Schaltzyklus)	<b>Ende</b> (Schaltung)	<b>Start</b> (Schaltung)	<b>Ende</b> (Schaltzyklus)	<b>Start</b> (Schaltzyklus)
10.15.20 h 67313.00 kWh	10.10.40 h 67283.00 kWh	10.10.40 h 67283.00 kWh	10.10.20 h 67280.80 kWh	10.10.20 h 67280.80 kWh	10.10.18 h 67280.60 kWh	10.10.18 h 67280.60 kWh	10.09.58 h 67278.50 kWh
280 Sekunden	30.00 kWh	20 Sekunden	2.80 kWh	2 Sekunden	0.20 kWh	20 Sekunden	2.10 kWh
300 Sekunden				300 Sekunden			
<b>Start</b> (Schaltung)	<b>Start</b> (Schaltung)	<b>Start</b> BYPASS	<b>Ende</b> BYPASS	<b>Start</b> (Schaltzyklus)	<b>Ende</b> (Schaltzyklus)	<b>Start</b> (Schaltung)	<b>Ende</b> (Schaltung)
10.15.20 h 67313.00 kWh	10.15.22 h 67313.20 kWh	10.15.22 h 67313.20 kWh	10.20.02 h 67346.30 kWh	10.20.02 h 67346.30 kWh	10.20.22 h 67348.90 kWh	10.20.22 h 67348.90 kWh	10.20.24 h 67349.19 kWh
2 Sekunden	0.20 kWh	280 Sekunden	33.10 kWh	20 Sekunden	2.60 kWh	2 Sekunden	0.20 kWh
300 Sekunden							

Mit dem installierten Messequipment werden die notwendigen Messwerte im 2-Sekunden-Abstand erfasst und auf einem zentralen Server gespeichert. Die entscheidenden Faktoren für die Energiereferenzmessungen sind hierbei der Faktor Zeit und die benötigte elektrische Energie in kWh.



## MESSERGEBNIS MIT UND OHNE EPplus-SYSTEM

Über den Zeitraum eines ganzen Tages werden insgesamt 288 Messzyklen mit jeweils 280 Sekunden im SAVING und 280 Sekunden im BYPASS gemessen und verglichen. Mit diesem Messverfahren kann die tatsächliche Effizienzsteigerung beziehungsweise die Einsparung ermittelt werden

<b>START:</b> 30.11.2016 um 10:10:16Uhr	Energiezählerstand	67'280.20 kWh
Schaltungen (ABB-Schalter) 288 x 2 Sekunden = 576 Sekunden (0.16 Stunden)		50.40 kWh
(B) Schaltzyklus 144 x 20 Sekunden = 2'880 Sekunden (0.80 Stunden)		551.83 kWh
(A) Schaltzyklus 144 x 20 Sekunden = 2'880 Sekunden (0.80 Stunden)		
<b>(B) BYPASS 144 x 280 Sekunden = 40'320.00 Sekunden (11.20 Stunden)</b>		<b>3'674.53 kWh</b>
<b>(A) SAVING 144 x 280 Sekunden = 40'320.00 Sekunden (11.20 Stunden)</b>		<b>3'495.64 kWh</b>
<b>ENDE:</b> 01.12.2016 um 10:20:30Uhr	Energiezählerstand	75'052.60 kWh
<b>BERECHNUNG:</b> Energieverbrauch Gesamt in 24.16 Stunden	75'052.60 kWh – 67'280.20 kWh	7'772.40 kWh
<b>KONTROLLE:</b>	50.40 kWh + 551.83 kWh + 3'674.53 kWh + 3'495.64 kWh	7'772.40 kWh
<b>Einsparung in 11.2 Stunden</b>	BYPASS/SAVING 3'674.53 kWh – 3'495.64 kWh	178.89 kWh
<b>Einsparung in Prozent</b>	BYPASS zu SAVING $\frac{178.89 \text{ kWh} \times 100}{3'496.64 \text{ kWh}}$	<b>5.11 %</b>
<b>Einsparung in 24 Stunden</b>	Reduzierter Verbrauch mit EPplus-System $\frac{178.89 \text{ kWh} \times 24 \text{ Std.}}{11.2 \text{ Std.}}$	<b>383.33 kWh</b>

Damit die Einsparung/Effizienzsteigerung bewiesen/bestätigt werden kann, sind mehrere Referenzmessungen notwendig. Zur Gewährleistung der Genauigkeit wird bei den Referenzmessungen genau die gleichen Messungen mit den gleichen Zeitperioden durchgeführt. Mit dem Unterschied, dass das EPplus-System nicht geschaltet wird.

Fortlaufende Energiemessung **ohne** die Funktion EIN/AUS als Vergleichsmessung  
DATUM 29.11-2016 bis 30.11.2016 / 24 Stunden

Simulierte Schaltung 288 Messungen à 2 Sek.	Simulierte Schaltzyklus 288 Messungen à 20 Sek.	Simulierter Status A 144 Messungen à 280 Sek.	Simulierter Status B 144 Messungen à 280 Sek.	Total
51.40 kWh	585.61 kWh	<b>3796.19 kWh</b>	<b>3815.09 kWh</b>	8'249.30 kWh
<b>ENERGIEDIFFERENZ ZWISCHEN B UND A = -18.9 KWH / - 0.49%</b>				

Fortlaufende Energiemessung **mit** Funktion EIN/AUS als Vergleichsmessung  
DATUM 30.11-2016 bis 01.12.2016 / 24 Stunden

Effektive Schaltung 288 Messungen à 2 Sek.	Effektive Schaltzyklus 288 Messungen à 20 Sek.	Status SAVING A 144 Messungen à 280 Sek.	Status BYPASS B 144 Messungen à 280 Sek.	Total
50.40 kWh	551.83 kWh	<b>3495.64 kWh</b>	<b>3674.53 kWh</b>	7'772.40 kWh
<b>ENERGIEDIFFERENZ ZWISCHEN B UND A = 178.89 KWH / 5.11%</b>				

## REFERENZMESSUNG ELEKTRISCHE ENERGIE

FÜR EINE VALIDIERTE UND STANDARDISIERTE ENERGIEREFERENZMESSUNG WIRD EIN BETRACHTUNGSZEITRAUM VON MINDESTENS 21 TAGEN GENOMMEN.

Damit die Einsparung/Effizienzsteigerung bewiesen/bestätigt werden kann, ist es notwendig mehrere Referenzmessungen zu machen. Zur Gewährleistung der Genauigkeit wird bei den Referenzmessungen genau die gleichen Messungen mit den gleichen Zeitperioden durchgeführt. Mit dem Unterschied, dass das EPplus-System nicht geschaltet wird. Über diesen Zeitraum von 21 Tagen wurde in diesem Beispiel: **89'050.30 kWh (Wert A) + 88'874.56 kWh (Wert B) = 177'924.86 kWh** benötigt. Die Zeitfenster A und B sind gleich lang ( 235.20 Stunden zu 235.20 Stunden) was einen Wert von 11.2 Stunden im Zeitfenster A und 11.2 Stunden im Zeitfenster B täglich ergibt. Schaltungen und Schaltzyklen sind hier nicht abgebildet und nicht berücksichtigt, da es keine gab.

Datum	Tag	Wert A (kWh)	Wert B (kWh)	Zeitfenster A	Zeitfenster B	Abweichung in kWh A zu B	Abweichung in % A zu B
1. 09.01.2017	Montag	4915,7	4935,2	144	144	19,5	0.39%
2. 10.01.2017	Dienstag	4736,8	4698,8	144	144	-38	-0.81%
3. 11.01.2017	Mittwoch	4646,7	4645,5	144	144	-1,2	-0.03%
4. 12.01.2017	Donnerstag	4580,7	4582,9	144	144	2,2	0.05%
5. 13.01.2017	Freitag	4132	4138,8	144	144	6,8	0.16%
6. 14.01.2017	Samstag	2301,9	2307,3	144	144	5,4	0.23%
7. 15.01.2017	Sonntag	2750,5	2766,4	144	144	15,9	0.57%
8. 16.01.2017	Montag	5038,3	5042,5	144	144	4,2	0.08%
9. 17.01.2017	Dienstag	5051,4	5060,3	144	144	8,9	0.18%
10. 18.01.2017	Mittwoch	5079,9	5034,9	144	144	-45	-0.89%
11. 19.01.2017	Donnerstag	4839,1	4865,9	144	144	26,8	0.55%
12. 20.01.2017	Freitag	4408,9	4390,7	144	144	-18,2	-0.41%
13. 21.01.2017	Samstag	2358,2	2344,6	144	144	-13,6	-0.58%
14. 22.01.2017	Sonntag	2807	2776	144	144	31,5	- 1.13%
15. 23.01.2017	Montag	4730,1	4719	144	144	-11,1	- 0.24%
16. 24.01.2017	Dienstag	4638,8	4608,5	144	144	-30,3	-0.66%
17. 25.01.2017	Mittwoch	4922,5	4938,5	144	144	16	0.32%
18. 26.01.2017	Donnerstag	5203,6	5176,4	144	144	-27,3	-0.53%
19. 27.01.2017	Freitag	4464,5	4401,9	144	144	-62,6	- 1.42%
20. 28.01.2017	Samstag	2184,4	2169,3	144	144	-15,1	- 0.70%
21. 29.01.2017	Sonntag	2702	2726,4	144	144	24,4	0.89%
<b>Ergebnis 21 Tage</b>		<b>89'050.3 kWh</b>	<b>88'874.56 kWh</b>	<b>3024x280 Sek.</b>	<b>3024x280 Sek.</b>	<b>- 5.15 kWh</b>	<b>- 0.20%</b>



**DER VERGLEICH** DER ENERGIEVERBRAUCHSMESSUNGEN ÜBER DEN ZEITRAUM VON 21 TAGEN ERGAB IN DIESEM BEISPIEL EINE DIFFERENZ VON 0.20%. DIESER MITTELWERT GILT ALS MESSABWEICHUNG UND WIRD IM MESSERGEBNIS MIT +/- WERT DARGESTELLT.



## REFERENZMESSUNGEN EFFIZIENZSTEIGERUNG BEI UMGESETZTEN PROJEKTEN

Das Messverfahren wurde bereits in unzähligen Referenzobjekten mit unterschiedlichsten Verbraucherstrukturen angewendet und hat sich überall als präzise erwiesen. Von unabhängigen Organisationen u.a. von der internationalen Zertifizierungsgesellschaft IMQ wurde das Messverfahren verifiziert und validiert.

Das erste Beispiel in der Tabelle zeigt das Messergebnis einer Industrie/Metallfertigung mit einem EPplus-System der Größe 400A. Das Beispiel zeigt eine Energie-Vergleichsmessung über 27 Tage mit einer Abweichung von 0.06 Prozent. Die 24 Stunden Energieeffizienzmessung mit den 288 Schaltzyklen, 144 SAVING zu 144 BYPASS ergab einen Wert von 5.20%. In allen realisierten Projekten konnte die tatsächliche Effizienzsteigerung/Einsparung eindeutig mit dem validiertem Messverfahren belegt werden. In der nachfolgenden Tabelle sind einige Ergebnisse von realisierten Projekten aufgeführt.

Unternehmen / Branche Anlagentyp / Größe in Ampere	Land	Verbrauch pro Tag kWh (Mittelwert Produktionstag)	Referenz- messungen Tage	Abweichung 5 Minuten Algorithmus Referenz- messungen	Messergebnis Effizienzsteigerung in Prozenz
Industrie/Metallfertigung <i>EP plus 400 Ampere</i>	Schweiz	2.000 kWh	27	0,06 %	<b>5,20%</b> +/-0,06%
Industrie/Metallfertigung <i>EP plus 1800 Ampere</i>	Deutschland	3.100 kWh	21	0,13 %	<b>3,22%</b> +/-0,13%
Industrie/Metallfertigung <i>EP plus 2000 Ampere</i>	Deutschland	9.500 kWh	24	0,17 %	<b>2,60%</b> +/-0,17%
Restaurantbetrieb <i>EP plus 225 Ampere</i>	Schweiz	2.000 kWh	30	0,21 %	<b>5,88%</b> +/-0,21%
Industrie/Metallfertigung <i>EP plus 800 Ampere</i>	Deutschland	1.800 kWh	21	0,20 %	<b>4,93%</b> +/-0,20%
Industrie/Getränkeherst. <i>EP plus 800 Ampere</i>	Österreich	6.000 kWh	21	0,06 %	<b>5,00%</b> +/- 0,06%
Industrie/Medizintechnik <i>EP plus 1250 Ampere</i>	Schweiz	9.000 kWh	22	0,04 %	<b>5,11%</b> +/-0,04%
Industrie/ Zahnradtechnik <i>EP plus 400 Ampere</i>	Schweiz	2.400 kWh	24	0,11%	<b>7,34%</b> +/-0,11%
Gastgewerbe/ Restaurant <i>EP plus 400 Ampere</i>	Schweiz	2.200 kWh	27	0,02%	<b>6,66%</b> +/- 0,02%
Industrie/Metallfertigung <i>EP plus 600 Ampere</i>	Deutschland	7.000 kWh	30	0,06 %	<b>5,13%</b> +/-0,06%
Industrie/Metallfertigung <i>EP plus 2000 Ampere</i>	Deutschland	8.500 kWh	22	0,04 %	<b>3,33%</b> +/-0,04%



Mit der **PATENTIERTE TECHNİK** und dem validierten Messverfahren ist es heute möglich, in einem gesamtheitlichen elektrischen Verbrauchernetz die Effizienzsteigerung zu messen und nachzuweisen.



## PROJEKTIERUNG EPplus-SYSTEM DURCH AUTORISIERTE PARTNER

Die **EPplus**-Systeme werden ausschließlich von LIVARSA geschulten und autorisierten Fachpartnern projektiert und installiert. Die Projektierung, Vorbereitung und die Umsetzungsplanung ist ein wichtiger Bestandteil für eine erfolgreiche Umsetzung des Projekts und sind nicht zu unterschätzen.



Dazu gehören neben der Fachkompetenz auch Kenntnisse über die Funktion des **EPplus**-Systems und Erfahrung, um das Effizienzsteigerungspotential im Vorfeld einschätzen zu können. Wichtig sind hier Kenntnisse über das Verteilungsnetz sowie die installierten Elektroverbraucher des Unternehmens zu haben.



Aufgrund der Größen der **EPplus**-Systeme ist ein entsprechender Platzbedarf notwendig. Der Aufstellungsort und die Einbringungsmöglichkeiten werden im Vorfeld mit dem Kunden und dem Installationspartner geprüft und festgelegt. Je nach Standort und Einbringungsmöglichkeit wird das System demontiert und am Aufstellungsort wieder aufgebaut.



# INSTALLATION UND SCHULUNGEN FÜR FACHPARTNER

Für die Planung und Abklärungen in Bezug auf Vorschriften, Leistungsstärke des **EP**plus-Systems sowie Koordination und Einhaltung des Zeitfensters bei der Installation sind unsere Partnerfirmen ausgebildet. Sie verfügen über die Schaltberechtigungen in Niederspannungsanlagen und Mittelspannungstransformatoren.



Die Elektroinstallation und Inbetriebnahme der **EP**plus-Systeme werden durch geschultes Fachpersonal von Fachpartnerunternehmen durchgeführt. Diese verfügen über die notwendigen Berechtigungen und entsprechende Fachausweise.



In vielen Schulungen und Workshops wurden bereits eine große Anzahl an Fachpartnern geschult. Laufend werden neue und interessierte Fachpartner in den Ländern Deutschland, Schweiz und Österreich von LIVARSA ausgebildet.



# VERFÜGBARE GRÖSSEN

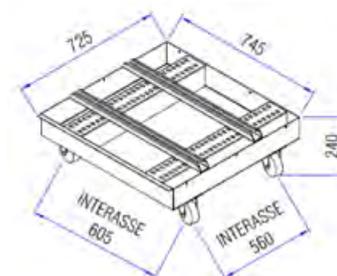
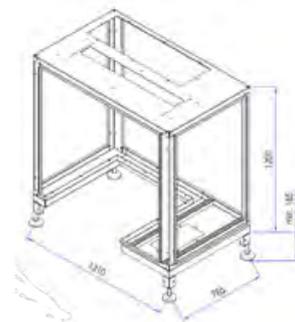
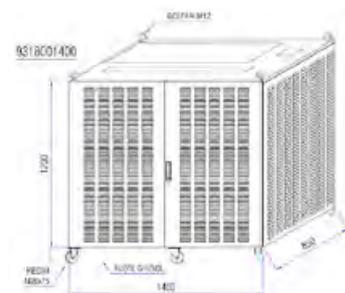
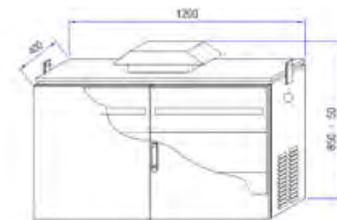


Anlage-Typ	Nennspannung	I <sub>pk</sub>	I <sub>cw</sub>	Abmessungen Breite x Höhe x Tiefe	Nennleistung	Gewicht
EP+ 160 A	400V - 50Hz	3,7 kA	2.5 kA	800 x 1750 x 520	110.40 kVA	260 kg
EP+ 180 A	400V - 50Hz	5.0 kA	3.2 kA	800 x 1750 x 520	124.20 kVA	280 kg
EP+ 200 A	400V - 50Hz	5.4 kA	3.6 kA	800 x 1750 x 520	138.00 kVA	300 kg
EP+ 225 A	400V - 50Hz	5.4 kA	3.6 kA	800 x 1750 x 520	155.25 kVA	310 kg
EP+ 250 A	400V - 50Hz	5.4 kA	3.6 kA	800 x 2100 x 700	172.50 kVA	360 kg
EP+ 320 A	400V - 50Hz	5.4 kA	3.6 kA	800 x 2100 x 700	220.80 kVA	350 kg
EP+ 400 A	400V - 50Hz	9.0 kA	6.0 kA	800 x 2100 x 700	276.00 kVA	405 kg
EP+ 500 A	400V - 50Hz	40.0 kA	20.0 kA	1200 x 2100 x 850	345.00 kVA	550 kg
EP+ 600 A	400V - 50Hz	40.0 kA	20.0 kA	1200 x 2100 x 850	414.00 kVA	580 kg
EP+ 800 A	400V - 50Hz	40.0 kA	20.0 kA	1200 x 2100 x 850	552.00 kVA	700 kg
EP+ 1000 A	400V - 50Hz	40.0 kA	20.0 kA	1400 x 2300 x 850	690.00 kVA	865 kg
EP+ 1250 A	400V - 50Hz	40.0 kA	20.0 kA	1400 x 2300 x 850	862.50 kVA	905 kg
EP+ 1400 A	400V - 50Hz	40.0 kA	20.0 kA	1400 x 2300 x 850	966.00 kVA	1050 kg
EP+ 1600 A	400V - 50Hz	143.0 kA	65.0 kA	1600 x 2300 x 950	1104.00 kVA	1100 kg
EP+ 1800 A	400V - 50Hz	143.0 kA	65.0 kA	1600 x 2300 x 950	1242.00 kVA	1200 kg
EP+ 2000 A	400V - 50Hz	143.0 kA	65.0 kA	1800 x 2570 x 1400	1380.00 kVA	1490 kg
EP+ 2500 A	400V - 50Hz	143.0 kA	65.0 kA	1800 x 2570 x 1400	1725.00 kVA	1630 kg
EP+ 3200 A	400V - 50Hz	143.0 kA	65.0 kA	2000 x 2770 x 1400	2208.00 kVA	1950 kg
EP+ 4000 A	400V - 50Hz	143.0 kA	65.0 kA	2000 x 2770 x 1400	2760.00 kVA	2340 kg

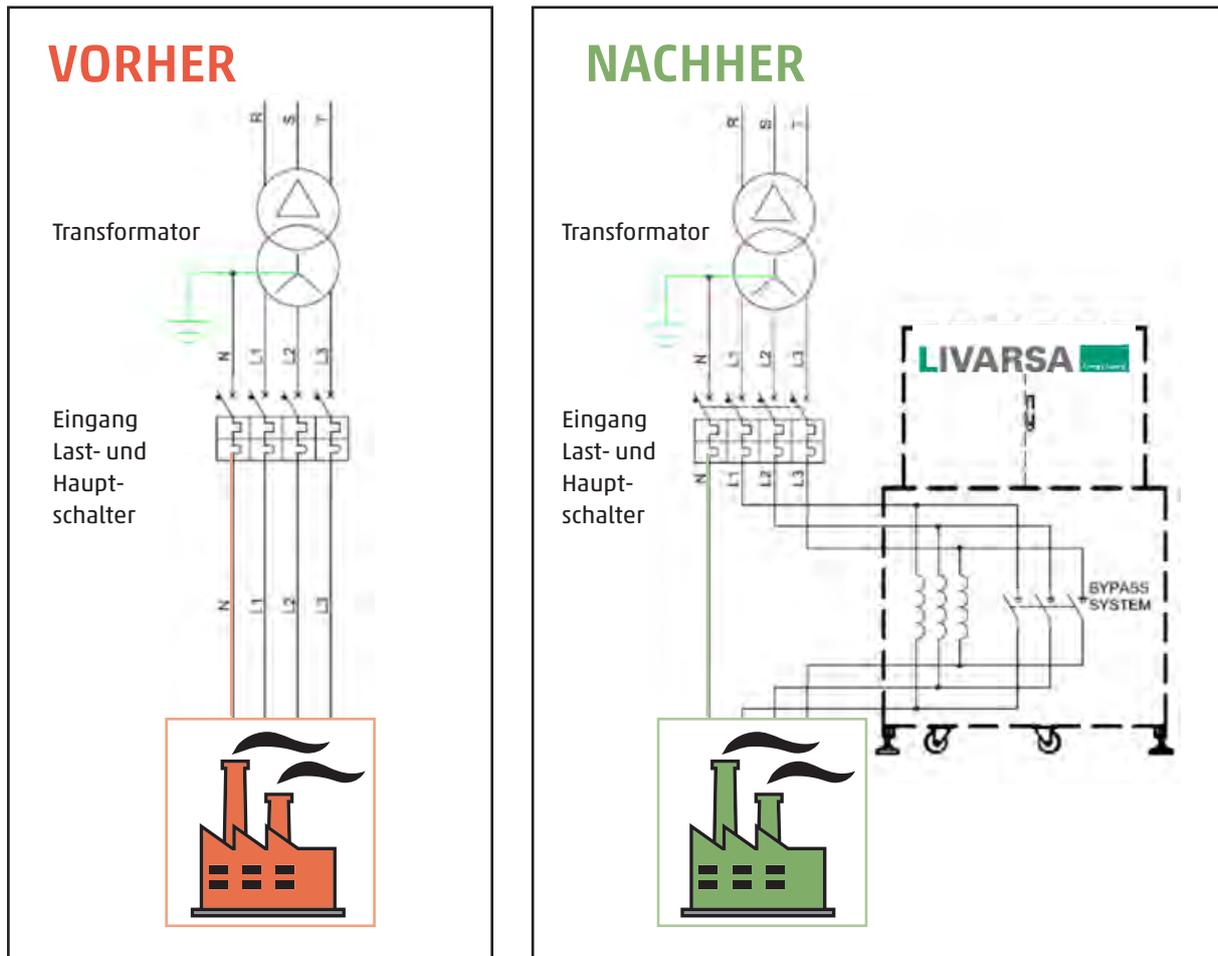
# MODULARES SYSTEM

Durch den modularen Aufbau können die **EP**plus-Systeme auch an schwer zugänglichen Standorten gut aufgestellt werden. Das System kann einfach demontiert und in Einzelteilen an den Aufstellungsort eingebracht werden.

## INSTALLATION UND PLATZIERUNG



# EINBINDUNG IN DIE NIEDERSPANNUNGS- HAUPTVERTEILUNG, INSTALLATIONSVARIANTE 1

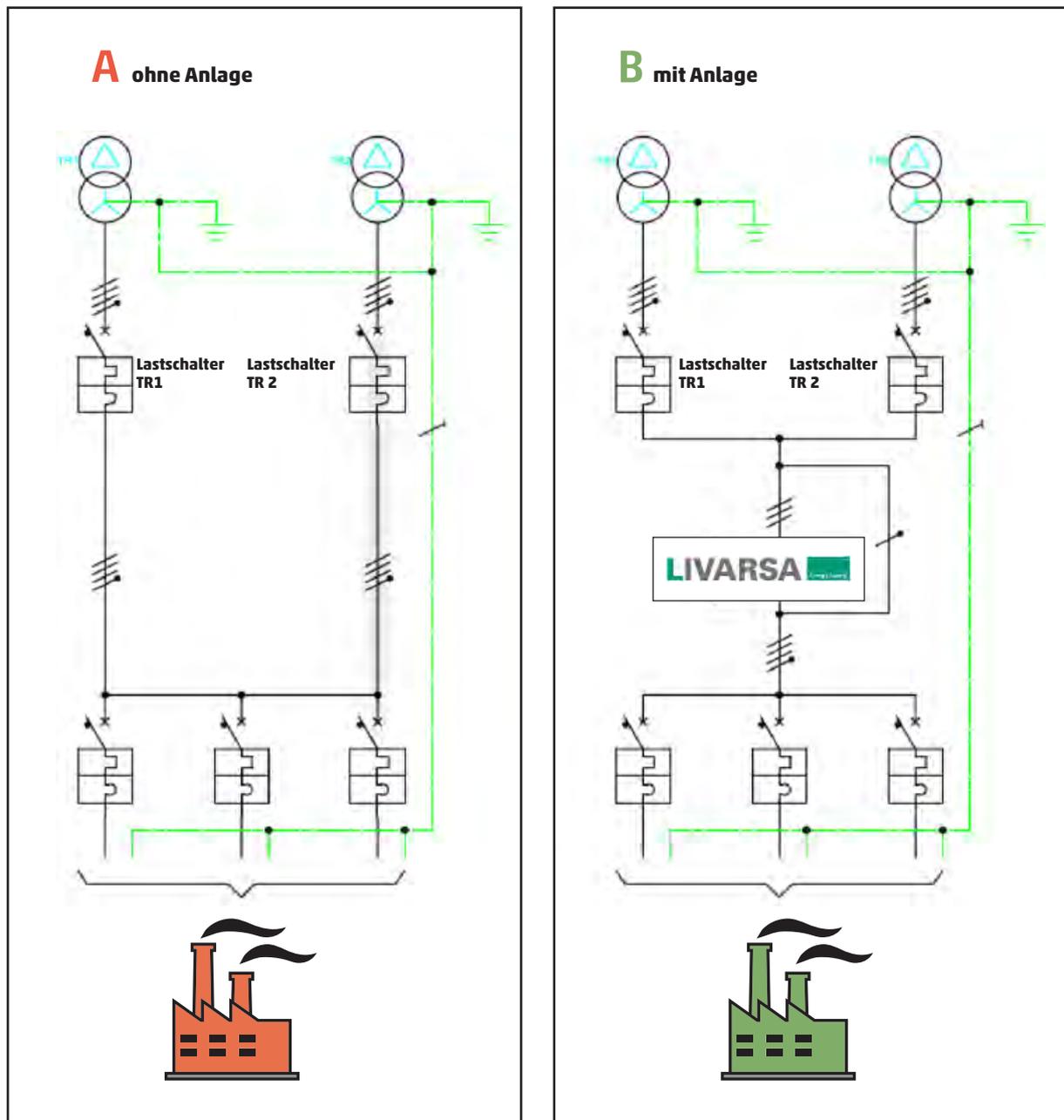


In der Regel wird das System in Reihe direkt nach dem Mittelspannungstransformator auf der Niederspannungsseite in die Hauptverteilung eingebaut. (siehe Bild Vorher/Nachher) Alle drei Phasen L1/L2/L3 und somit der gesamte Strom fließt über das System, der Neutraleiter wird nicht miteingebunden. Da jede Hauptverteilung unterschiedlich ist, muss die Einbindung jeweils individuell geprüft und bewertet werden. Der Aufstellungsort, verfügbare Stellfläche, Anpassungen an der Niederspannungshauptverteilung und verschiedene Versorgungskonzepte wie z.B. Parallelschaltungen sind im Vorfeld zu prüfen und nur von Spezialisten durchzuführen. Deshalb empfehlen wir, das System ausschließlich von Fachkräften mit entsprechenden Zulassungen oder durch unsere Fachpartner installieren zu lassen.



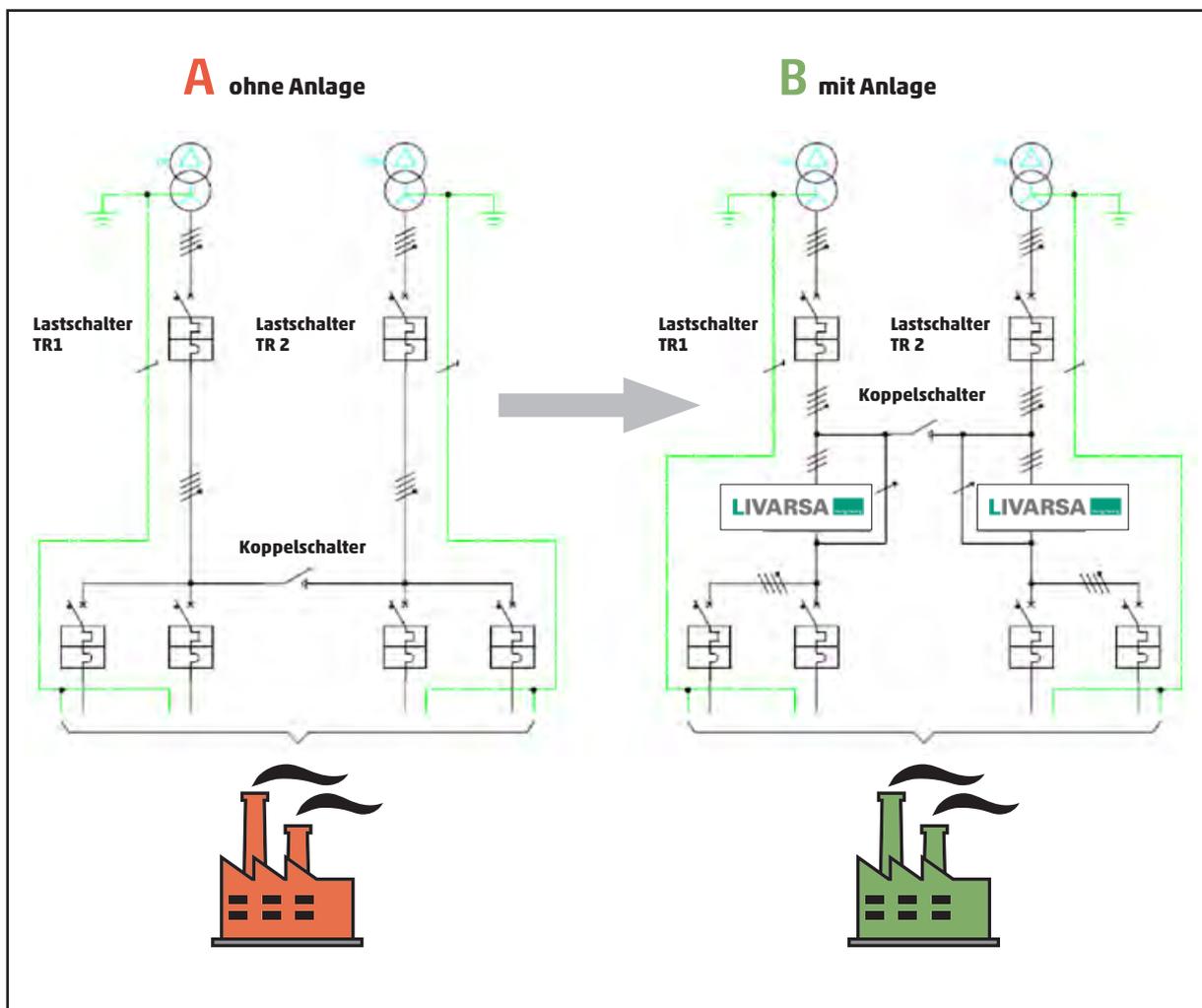
## INSTALLATIONSвариANTE 2

Die abgebildeten Installationen zeigen Einbauvarianten für Installationen mit zwei Mittelspannungstransformatoren, die parallel auf die Niederspannungshauptverteilung einspeisen. Wichtig ist, dass die Anlage auf die Kurzschlussfestigkeit der beiden Mittelspannungstransformatoren ausgelegt ist.



## INSTALLATIONSVARIANTE 3

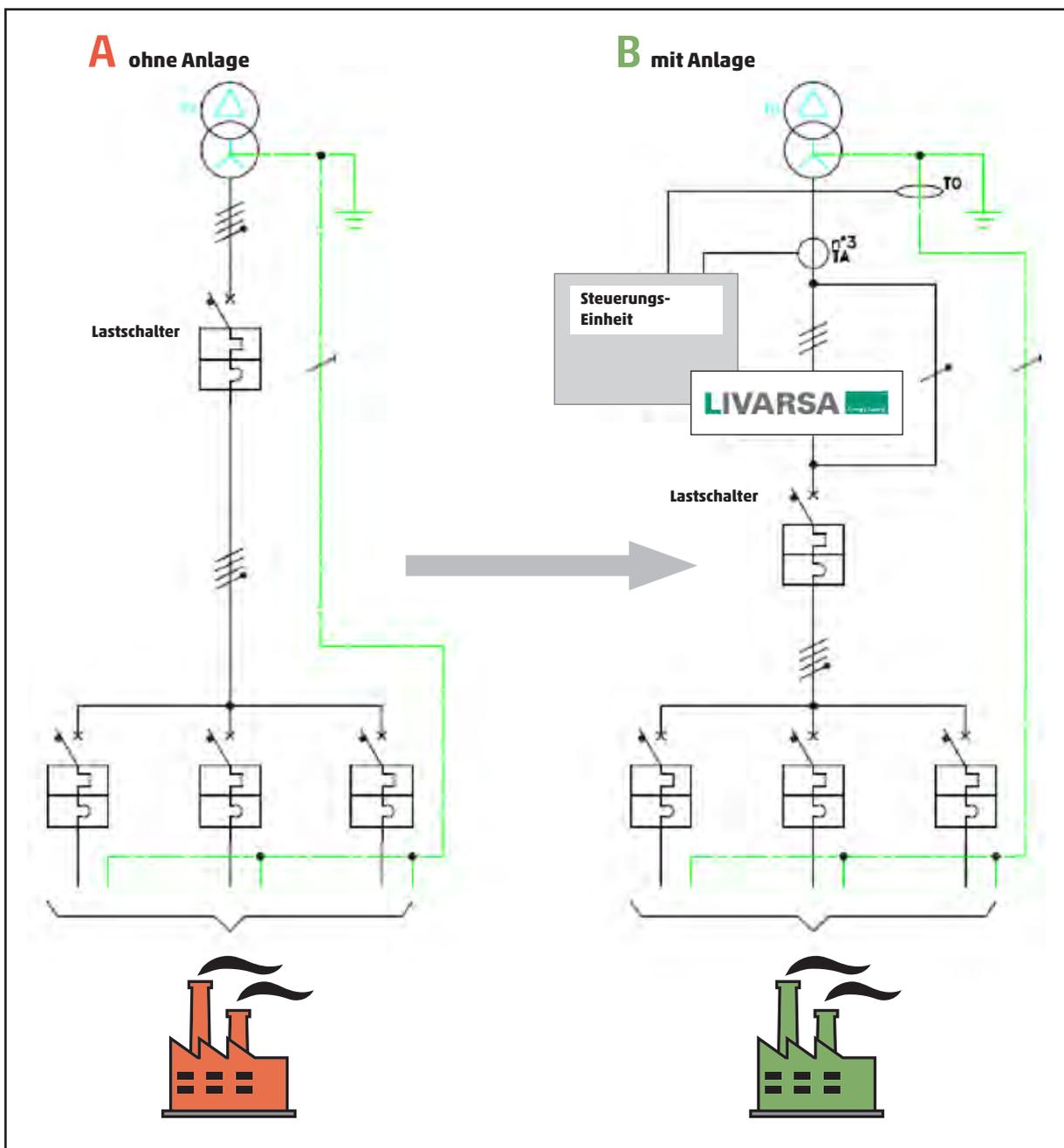
Die abgebildeten Lösungsinstallationen zeigen die Variante mit zwei Mittelspannungstransformatoren, die parallel auf die NSHV geführt werden und mit einem Koppelschalter getrennt sind. Vor der Installation (Bild A) und die Variante mit Einbau von zwei Anlagen (Bild B). Wichtig ist die Auslegung auf Stärke und Kurzschlussfestigkeit der beiden Mittelspannungstransformatoren. Wenn der Koppelschalter aus technischen Gründen geschlossen werden muss, müssen beide Anlagen auf BYPASS (AUS) geschaltet werden. Eine Parallelschaltung von zwei EPplus-Systemen ist nicht erlaubt.



## INSTALLATIONSVARIANTE 4

Die abgebildeten Lösungsinstallationen zeigen die Variante, wenn direkt nach dem Mittelspannungstransformator das EPplus-System eingebaut wird. Hierfür steuert ein «Protektionssystem Relay» das nur mit spezieller Fachkenntnis installiert werden kann. Dabei steuert die Einheit bei Kurzschluss zwischen Mittelspannungstransformator und EPplus-System den Mittelspannungsschalter und schaltet innerhalb der programmierten Zeit den Mittelspannungstransformator aus.

### SPEZIALLÖSUNG MIT STEUEREINHEIT ZUM MITTELSPANNUNGSSCHALTER



## INSTALLATIONSvarianten UND STANDORTE

Eine grosse Anzahl von Projekten mit unterschiedlichen Verbraucherstrukturen wurde umgesetzt. Die Realisierungsmöglichkeiten sind vom Aufstellungsort und der Anbindung abhängig.



1000A



1800A



1800A



2 x 800A



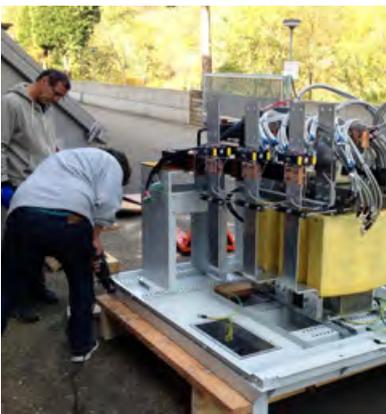
600A



2 x 2500A

# INSTALLATIONSvarianten UND STANDORTE

Jedes Projekt ist individuell und muss im Einzelfall bewertet werden. Je nach den Gegebenheiten gibt es verschiedene Ausführungen und Aufstellmöglichkeiten.











**LIVARSA GmbH**

Grün 1

(D) 77736 Zell am Harmersbach

Tel. +49(0)7835 634 37 92

Info@livarsa.de

**LIVARSA GmbH**

Leuzigenstrasse 22

(CH) 2540 Grenchen

Tel. +41(0)32 517 95 05

Info@livarsa.ch

