

## Am Steuertrafo kann man sich „die Finger verbrennen!“

**Marktübliche einphasige Steuertrafos** wie man sie für den Maschinen –und Anlagenbau verwendet, werden bereits im Leerlauf so heiß, dass man sie nicht mehr anfassen kann.

Die Ursache heiß werdender Trafos ist konstruktiv bedingt. Der Einsatz von Isoliermaterialien der Gruppe H für hohe Temperaturen lassen kleinstmögliche Wickeldrahtquerschnitte der Primärwicklung und verlustbehaftete Kernbleche zu. Diese Trafos haben zwar kleine Einschaltstromstöße, aber bereits im Leerlauf eine hohe und unter Last weiter steigende, verlustbedingte Wärmeentwicklung.

Mit dem Argument einschaltstromarmer Trafo genügt man vordergründig den preislichen Anforderungen, nimmt aber die störende Wärmeentwicklung und den höheren Stromverbrauch in Kauf. Oft werden deshalb Lüfter eingesetzt.

Die Alternative wäre ein verlustarmer Trafo. Dessen hoher Einschaltstromstoß löst aber die Absicherung aus.

Einfache **Einschaltstrombegrenzer** helfen zwar die hohen Einschaltströme von verlustarmen Trafos zu begrenzen, können dies aber nicht in allen Fällen.

### **Die Auswahl der zum Trafo passenden Absicherung ist nicht einfach.**

Steuertrafos werden üblicherweise mit 400V, also zwischen zwei Leitern im Drehstromnetz betrieben. Ausgangsseitig erzeugen sie meist 230V AC oder 24V AC. Die primärseitige Absicherung mit 2 Schmelzsicherungen ist unzulässig wenn diese nicht gemeinsam auslösen. Deshalb werden meist Motorschutzschalter in einer „Trafo Version“, sogenannte Transformatoren-schutzschalter dafür verwendet.

Wenn zum Beispiell ein einschaltstromarmer 1kVA Steuertrafo mit primär 400V und 2,5 A Nennstrom eingesetzt wird, muß z.B. ein PKZM0-4-T mit 4 A Nennstrom als Absicherung davor geschaltet werden. Der einstellbare Absicherungsbereich dieses Schalters reicht von 2,5 – 4 A. Dieser spezielle Trafoschutzschalter hat eine fest eingestellte, flinke Auslöseschwelle von 84A eff. Diese liegt höher als beim normalen Motorschutzschalter PKZM0-4, (ohne T), der nur 56Aeff. hat und auch beim einschaltstromarmen Trafo dieser Größe auslösen würde. Für die träge Überlastauslösung des 4A Schutzschalters dreht man den Knopf für die thermische Auslöseschwelle ganz zurück auf 2,5 A, was der niederste einstellbare Auslösewert ist. Dieser Wert passt gerade noch zum Nennstrom des 1kVA Trafo. Mit einem PKZM0-2,5-T der auch vom Nennstrom her passen und den Teillastbereich abdecken würde, löst der Einschaltstrom den Schutzschalter aus, weil dieser nur eine  $21 \text{ mal } 2,5\text{A} = 52,5 \text{ A}$  eff. hohe Kurzschlussauslöseschwelle hat. ( Einschaltstromarme Trafos liegen mit dem Einschaltstrom laut Herstellerangaben im Bereich von 15-25 mal Inenn, der tatsächliche Einschaltstrom kann jedoch auch darüber liegen, weil der Einschaltstrom berechnet aber nicht gemessen wird.)

Der zum Einsatz kommende Trafo muss also wegen dem bei einem Trafo immer vorkommenden Einschaltstromstoß genau zum Schutzschalter passen.

Diese Forderung ist nur von einschaltstromarmen- und nicht von energiesparenden- und damit verlustarmen Steuertrafos zu erfüllen. Letztere müssen wegen der geringen Verluste mit einem kleinen Innenwiderstand der Kupferwicklungen ausgelegt sein. (Der primärseitige Wicklungswiderstand begrenzt auch den Einschaltstromstoß. Ein hoher Innenwiderstand ergibt einen kleinen Einschaltstrom aber höhere Verluste.)

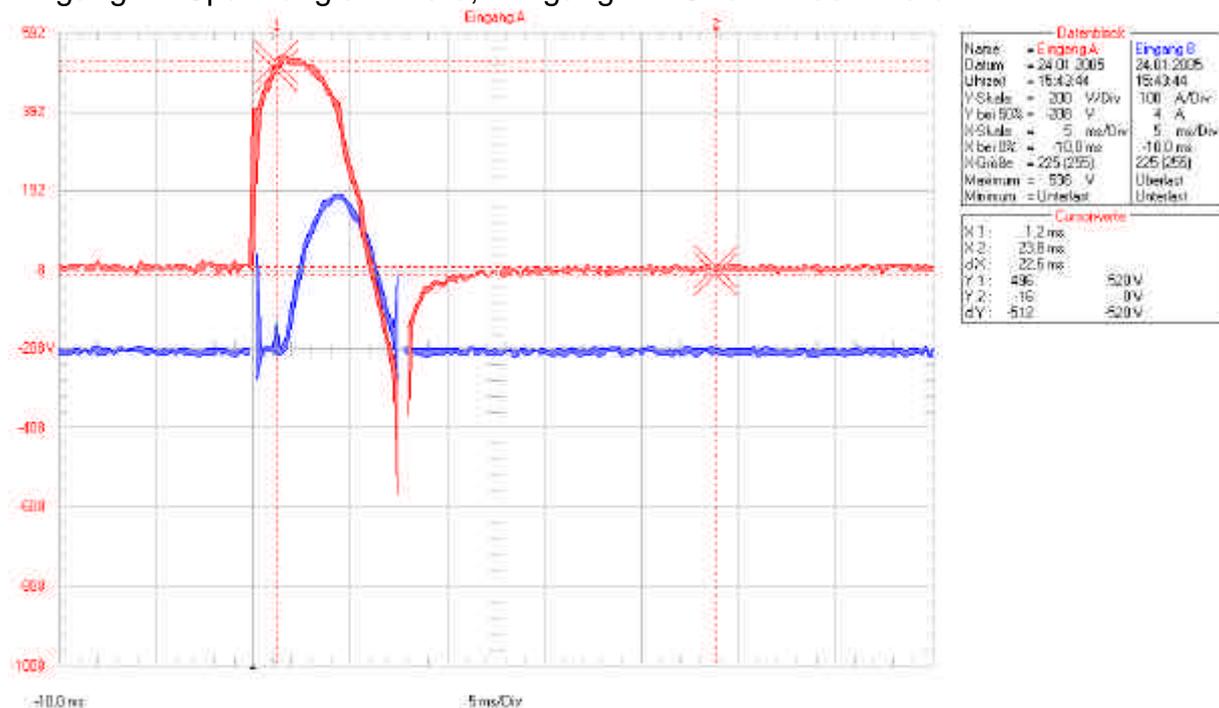
Außerdem gilt: Für die **Auslegung der Absicherung** von langen Abgangsleitungen nach dem Trafo, wie sie im Anlagenbau vorkommen, ist es wichtig, dass ein

Kurzschluss am äußersten Ende der Leitung, die Absicherung schnell genug auslöst. Dazu passt nun die hohe Schwelle für den flinken Auslösestromwert des Schutzschalters mit 21 mal dem Nennstrom von 4A, in diesem Beispiel, nicht mehr. Es muß deshalb eine zusätzliche sekundärseitige Absicherung eingesetzt werden. Zum sicheren Abschalten bei sogenannten **weichen Kurzschlüssen** ist es nötig, dass der Trafo Innenwiderstand möglichst gering ist, was wiederum einen kleineren Kabelquerschnitt des abgehenden Kabels erlaubt. Denn **die Summe der Widerstände bestimmt den Kurzschlussstrom**. Was im Trafo an Kupfer eingespart wird muss unter Umständen für die Leitungen nach dem Trafo um ein mehrfaches ausgegeben werden.

**Ein Einschaltbeispiel siehe untenstehendes Bild 1 zeigt:**

Einschaltvorgang an einem **verlustarmem 1kVA Trafo** über PKZM0-4-T abgesichert.

Eingang A= Spannung am Trafo, Eingang B = Strom in den Trafo.



Pkzm-plus-trafo-5,

Der Trafoschutzschalter löst sofort innerhalb 10 msec. aus beim Einschalten. Der hier eingeschaltete verlustarme Steuertrafo hat einen luftspaltlosen Eisenkern mit verlustarmem Blech. Bei 1kVA hat er bei einer 400V Primärwicklung einen Einschaltstromstoß von 200A peak das sind 140Aeff. ( Das ist der 56 fache Nennstrom.) Verlustarme Ringkerntrafos dieser Größe haben sogar einen Einschaltstromstoß von über 180Aeff.

Trafo Schutzschalter welche im Nennstrombereich des Trafos einen so hohen Kurzschlussauslösestrom haben gibt es nicht. Sie würden die sogenannten weichen Kurzschlüsse auch zu spät oder gar nicht abschalten und könnten damit zu einem Brandrisiko führen.

Abhilfe schafft fürs erste ein Standard-**Einschaltstrom Begrenzer**.

Mit normalen Einschaltstrom Begrenzern, die aus zeitverzögert gebrückten NTC oder anderen Vorwiderständen oder nur aus NTC's bestehen, ist jedoch nur das seltene, normale Einschalten zu beherrschen. Auch das Einschalten auf einen Kurzschluss vertragen diese Einschaltstrombegrenzer nicht. Kommen **mehrere Einschaltvorgänge hintereinander** oder kurze Netzspannungseinbrüche vor, so sind dabei die Vor-

Widerstände heiß oder noch gebrückt und können so den Einschaltstrom nicht mehr begrenzen.

Natürlich kann man einen Trafo auch einschaltstromarm und trotzdem verlustarm auslegen, nur ist der Trafo dann wesentlich größer und auch viel teurer als ein verlustarmer Trafo der einen hohen Einschaltstrom hat.

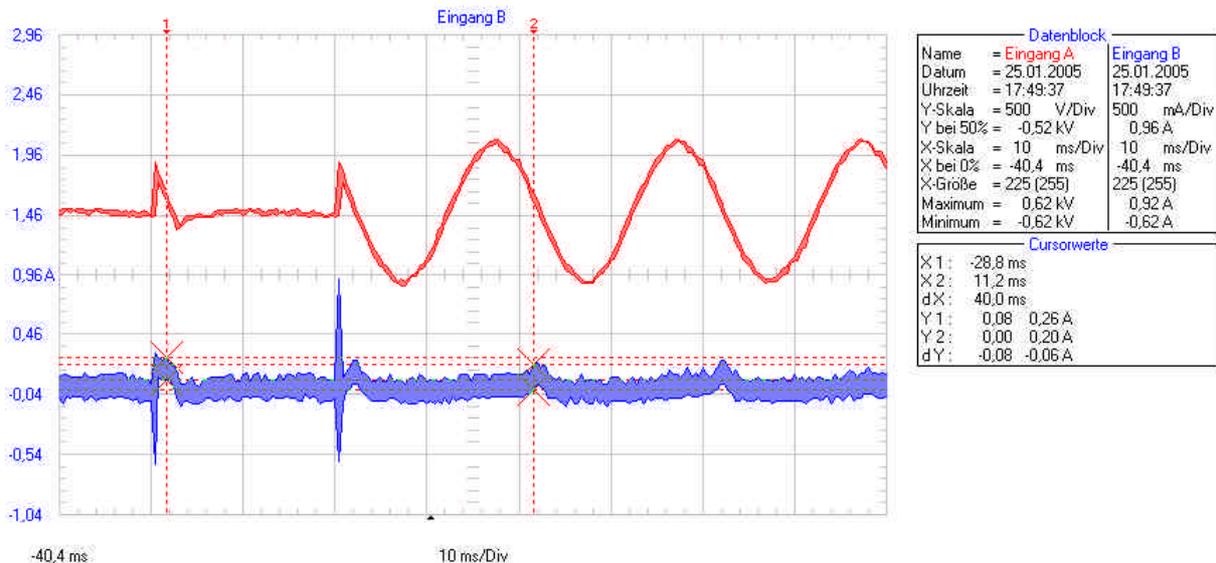
Wesentlich wirtschaftlicher und technisch sinnvoller ist es ein sogenanntes **Trafoschaltrelais einzusetzen**, welches den Einschaltstromstoß immer verhindert, nicht nur begrenzt. Seit mehr als 5 Jahren sind diese „**Einschaltstrom Vermeider**“ auf dem Markt und werden in steigendem Maße in sensiblen Bereichen wie zum Beispiel in Medizingeräten eingesetzt. Unter Last eingeschaltet fließt damit von Anfang an nur der Nennstrom. Ohne Last eingeschaltet fließt beim Einschalten nur der Trafo-Leerlaufstrom. Es kann 10 Millionen mal in seiner Lebensdauer den Nennstrom schalten. Der Einschaltstrom wird damit also nicht nur begrenzt sondern vollkommen vermieden.

Damit ist es auch möglich einen kleineren Schutzschalter zu benutzen, der im Einstellbereich besser zum Trafo passt und auch den Teillastbetrieb absichern kann. Das wäre dann der PKZM0-2,5 für den Trafo mit 1kVA Leistung bei 400V. Das T ist nicht mehr nötig. Es ist sogar ein B oder C Typ Doppel-Leitungsschutzschalter mit dem Nennstromwert des Trafos einsetzbar, wenn siehe oben, eine flinkere Absicherung gewünscht wird. Eine Sekundärseitige Absicherung kann dann auch ganz wegfallen.

Nur **bei Ringkerntrafos ist der Leerlaufstrom so verschwindend klein**, dass er überhaupt nicht zur Erwärmung im Trafoblech beiträgt, weshalb diese Trafos in Zukunft als Energiespartrafos immer interessanter werden, wenn die einzige Unart die sie haben beseitigt ist, nämlich der hohe Einschaltstromstoß.

Man kann deshalb auch ruhig einen größeren Trafo einsetzen, wenn man eine besonders steife Ausgangsspannung haben möchte, weil die dann etwas größeren Leerlaufverluste von zusätzlichen 2 - 4 Watt, bei zum Beispiel 2000VA statt 1000VA, eben überhaupt nicht ins Gewicht fallen. Die Wirkverluste nehmen dann sogar ab. Einen 2kVA Trafo kann man dann zum Beispiel auch auf 0,5kVA absichern.

Der Einschaltvorgang mit einem Trafoschaltrelais, TSRL 42101300, das einen unbelasteten 1 kVA Ringkerntrafo einschaltet, ist in dem unten stehenden Bild zu sehen. Es wird nur mit dem Leerlaufstrom von ca. **80 mA peak** eingeschaltet, mehr Strom fließt wirklich nicht beim einschalten.



TSRL-plus-Trafo-1, einschalten von 1kVA Ringkern-Trafo

Der Trafo wird vor dem Einschalten durch die unipolaren Spannungszipfel für kurze Zeit vormagnetisiert und dann im richtigen Moment voll eingeschaltet. Die Sättigung des Trafoeisens wird dabei immer vermieden.

Im Bild unten ist ein Blockschaltbild zu sehen mit den Messkurven vom Einschalten, bei belastetem und leerlaufendem Trafo.

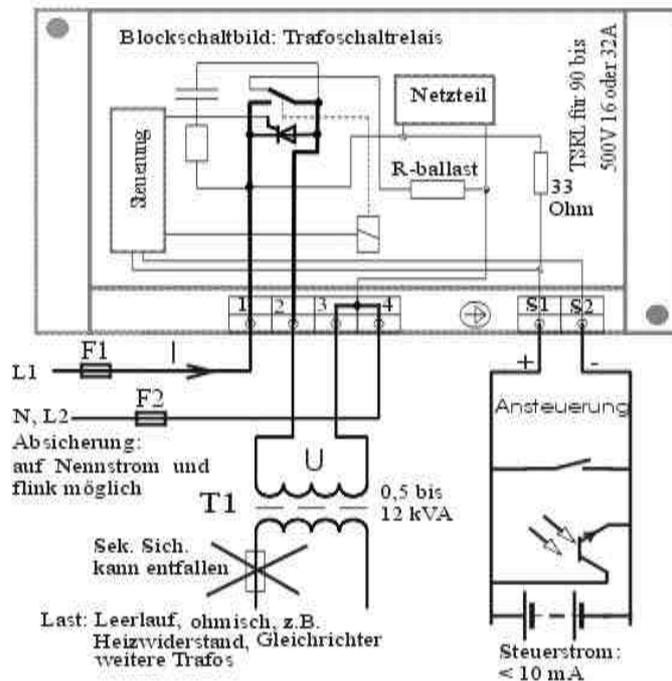
Auch bei einem **Einschalten auf einen Kurzschluss** nimmt das TSRL keinen Schaden, wenn die Absicherung korrekt ausgeführt ist und ist nach dem Beseitigen des Kurzschlusses sofort wieder einschaltbereit.

Siehe untenstehendes Bild.

## (Ein-) Schalten von Transformatoren.

Mit dem TSR, ( Trafo Schalt Relais ),  
es vermeidet den Einschaltstromstoß

Der TSR magnetisiert den Trafo für eine kurze Zeit  
vor und schaltet dann im optimalen Zeitpunkt ein.



Einschalten mit TSR auf einen Kurzschluß

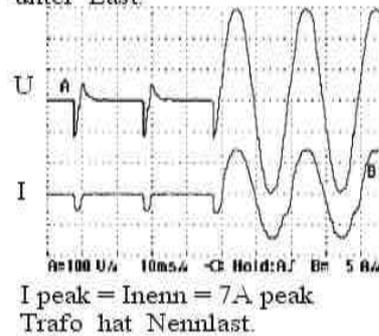


Ein B 16A Automat als Sicherung  
löst sofort nach dem Volleinschalten aus.  
Das TSR bleibt dabei unbeschädigt.

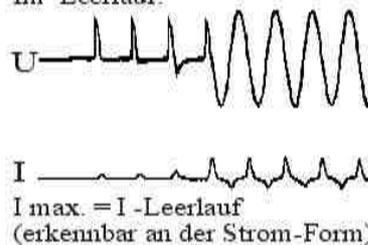
### Vorteile von TSR:

Beliebig oft hintereinander schaltbar.  
Flinke Absicherung mit Nennstromwert möglich.  
Erlaubt es den Trafo ohne Sekundärabsicherung  
vor Überhitzung zu schützen.  
Kann ohne Schaden auch auf Kurzschluß einschalten  
wenn es richtig abgesichert ist.  
Verhindert Stromstöße nach Halbwellennetz ausfallen.  
Erlaubt es die Trafos verlustärmer zu bauen und mit  
hoher Induktion auszulegen.  
Ersetzt Schütz und Einschaltstrombegrenzer und spart  
damit bei Applikationen wo geschaltet werden muß  
Systemkosten ein.

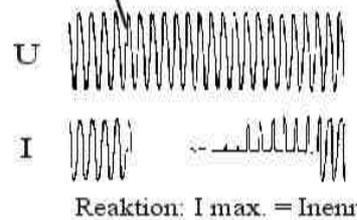
Einschalten mit TSR  
unter Last



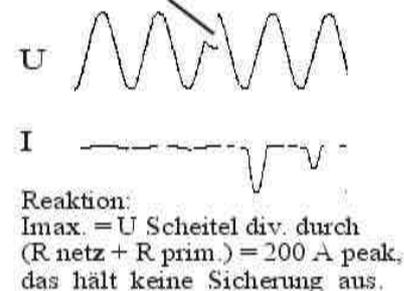
Einschalten mit TSR  
im Leerlauf.



Wenn Netz-Halbwellendefekt mit TSR



Wenn Netz-Halbwellendefekt ohne TSR



US\_tsr02a.cdr  
EMEKO Ing.Büro Freiburg, 04.02.05

In der nachstehenden **Applikationsschaltung** ist für den Elektro-Planer gezeigt wie ein energiesparender Steuertrafo mit 0,8kVA, mit 400 V zu 230V im Anlagenbau zum Speisen von weit entfernt und auseinander liegenden Verbrauchern eingesetzt wird. Die Leitung nach dem Trafo ist 320 m lang und kann in nur 1,5 qmm Querschnitt ausgeführt werden.

Die Primärseitige Absicherung ist mit einem Doppel – Leitungsschutzschalter C2 A ausgeführt, was mit dieser niederen und flinken Absicherung bisher für einen Trafo

dieser Größe undenkbar war. Die Primärseitige Absicherung schützt dabei auch das sekundärseitige lange Kabel vor Überlastung.

Das TSRL schaltet den verlustarmen Ringkern-Trafo immer ohne Einschaltstromstoß ein, so dass der C-Typ 2A Leitungsschutzschalter dabei nicht auslöst.

Dadurch kann auch bei einem Kurzschluss an der mit max. 320m entferntesten Stelle der sekundärseitigen Leitung der primärseitige Automat mit dem nur 14A hohen Kurzschlussstrom innerhalb von 5 Sekunden auslösen.

Die sekundärseitige Leitung ist damit vor Brandschaden bei Kurzschluss geschützt.

Das Problem bei solchen Applikationen sind nicht die einspeisenahen und harten Kurzschlüsse, sondern die **fernen und weichen Kurzschlüsse**, welche die Absicherungsorgane noch mit Sicherheit zum auslösen bringen müssen.

Da hilft es wenn der Trafoeinschaltstrom nicht mehr vorhanden ist und die Absicherung sich **nur nach den Erfordernissen des Leitungsschutzes** richten muss.

Außerdem besitzt das TSRL mit der schnellen Reaktion auf Netzhalbwelleneinbrüche eine definierte Abschaltchwelle bei Unterspannung von kleiner 150V, mit anschließendem Wiedereinschalten bei 185 V.

Damit wird bei **Netzeinbrüchen ein unkontrolliertes Schütz-Abfallen** und Anziehen unterbunden, was die Anlagensicherheit erhöht und die Kontaktsätze dieser Schütze schont. Ein separates Spannungswächterrelais, was die Verbraucher in diesem Fall definiert aus- und einschaltet ist dann nicht mehr nötig.



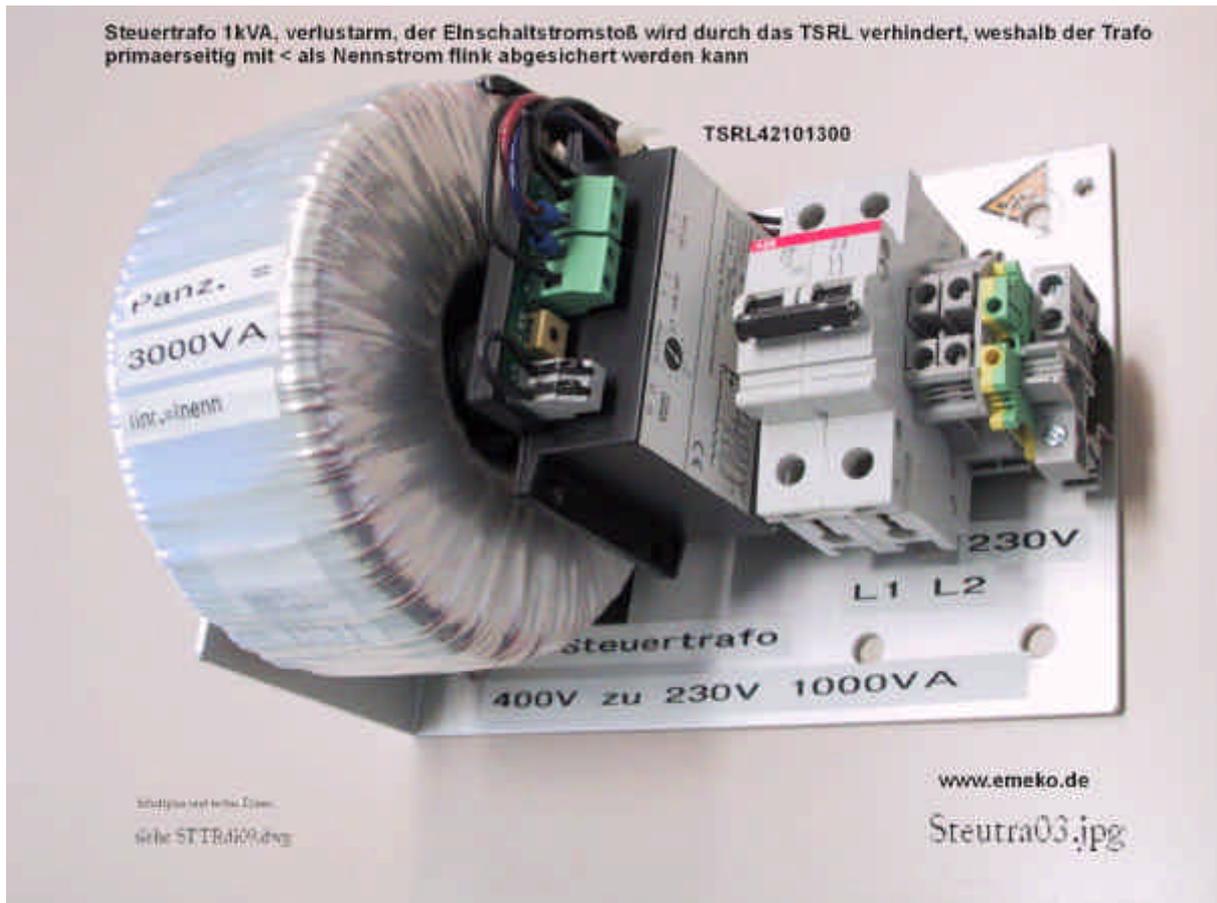


Bild von einem **verlustarmen Steuertrafo**.

Der Ringkern-Trafo, das Trafoschaltrelais - TSRL..., der Doppel Leitungsschutzschalter, die Klemmen, sind alle zusammen fertig auf ein Winkelblech montiert. Damit ist eine kompakte und fertig verdrahtete Stromversorgungseinheit einsetzbar.

Die technischen Vorteile sind obenstehend beschrieben worden. Die Kosten für dieses Steuertrafo Beispiel sind nicht höher gegenüber der bisherigen Auslegungspraxis, wenn man die Anlagen Gesamtkosten und den Stromverbrauch innerhalb von 2 Jahren miteinander vergleicht.

Freiburg den 09.02.05, EMEKO Ing. Büro, Michael Konstanzer. [www.emeko.de](http://www.emeko.de)