

**Die Wirkungsweise des Transformators ist längst nicht so einfach zu verstehen es Fachleute bisher angenommen haben.**

Was Fachleuten bekannt ist: Je höher die an den Trafo angelegte Spannung ist, desto mehr Windungen benötigt dafür der Spulenwickel. Je größer der Eisenkernquerschnitt, bei maximaler Induktionsdichte von in der Regel nicht mehr als 1,6 Tesla, desto größer der mögliche Magnetfluss  $\Phi$  und desto größer ist damit die Windungsspannung. Das heißt man braucht weniger Windungen für eine bestimmte Primärspannung wenn der Kernquerschnitt steigt. Das Elektrische Feld entlang der Windungen, also um den Kern herum verlaufend, steigt mit der Windungsspannung an.

Je besser die Leitfähigkeit für den Magnetfluss im Eisenkern ist, desto geringer sind die Eisenverluste und der Magnetisierungsstrom, Leelaufstrom.

Je größer der Drahtquerschnitt der Wickel ist, desto mehr Strom können diese führen. Je größer die Spannung am Wickel und je größer der Strom in den Wickel hinein, je größer also beide Werte sind, desto größer ist die übertragbare Leistung.

Die Frage ist nur wie gelangt die Energie von einer zur anderen Spule, Wickel, wenn diese zum Beispiel wie im Bild 1, siehe unten angeordnet sind? Oder wenn sie gar wie im **Bild 1a** siehe unten angeordnet sind, wo ein gut Teil der Energie quasi durch die Luft übertragen wird?

Die Frage ist auch, wie gelangt das Magnetfeld, welches die Primär-Spule erzeugt, in den Eisenkern hinein und wie gelangt das Magnetfeld aus dem Eisenkern wieder heraus und in die Sekundär-Spule hinein?

Es ist bekannt, dass der Eisenkern die Energie leitet, diese aber nicht zwischenspeichert.

Es ist auch bekannt, dass der Magnetfluss  $\Phi$  und die Feldstärke  $H$  im Eisenkern sich nicht wesentlich oder dem Energiefluss entsprechend ändert, wenn der Leerlaufende Trafo belastet wird, weil der Laststrom einen Magnetfluss und eine Feldstärke im Eisenkern aufbaut, welcher dem primärseitigen Fluss und Feld entgegengesetzt ist, weshalb nur der Leerlauffluss und das Leerlauffeld übrig bleiben im Kern.

Nun existiert seit vielen Jahren die Theorie von Pointing, die auf eine neue Art beschreibt, wie sich die Energie vom Primär- auf den Sekundärkreis im Trafo überträgt. Diese Theorie wird seit Mitte 2009 verstärkt im deutschen Wikipedia diskutiert. Dabei ist es für Laien physikalisch verständlich, dass die Energie nicht über den Eisenkern des Transformators laufen soll, sondern durch elektrische und magnetische Felder direkt zwischen den Spulen ausgetauscht werden soll. „*Der Kern soll dabei die Energie an seiner Oberfläche entlang führen aber nicht in seinem Inneren tragen.*“ Bisher wird angenommen, dass der Eisenkern die magnetischen Feldlinien der Spulen bündelt und die Feldlinien damit durch die Primär- und Sekundär- Spule leitet und damit für eine fast verlustfreie Übertragung der Energie über das Magnetische Feld sorgt. Die Frage ist nur, wie bereits oben gestellt, wie kommen die von der Primärspule erzeugten H-Feldlinien in den Eisenkern hinein und aus dem Eisenkern wieder heraus damit sie die Sekundärspule beeinflussen können?

Oder ist allein die wichtigste Eigenschaft des Eisens bedeutend, nämlich die Windungsspannung ganz wesentlich zu erhöhen gegenüber einem Wickel ohne Eisenkern? Und eine hohe Windungsspannung bedeutet ein hohes Elektrisches Feld an den Spulen was dann mit dem H-Feld der Spulen multipliziert die Energieübertragung bewerkstelligt, wie Pointing es ausführt.

Bei axial übereinander angeordneten Zylinderspulen Spulen ohne Kern wäre die Wirkung nach Pointing verständlicher, wie von Fachleuten allgemein anerkannt wird. Da können es nur Streufelder sein, welche die Energie von einer zur anderen Spule übertragen, wird von diesen angeführt. Die Wirkung des Eisenkernes im Transformator erschwert einerseits das Verständnis der These von Pointing, bedenkt man jedoch, dass durch den Eisenkern die Windungsspannung und damit das elektrische Feld der Spule um Faktor 1000 und mehr heraufgesetzt wird, dann wird die Rolle des Eisenkerns verständlich.

Der Autor dieses Artikels hält darüber hinaus die Beschreibung der Wirkungsweise des Transformators, nur mit mathematischen Formeln für zu unverständlich und versucht deshalb mit Messtechnischen Hilfsmitteln die Funktionen zu verstehen und nachzuweisen.

**Folgende Fragen sollen durch die Messungen beantwortet werden:** Läuft die Energieübertragung beim Trafo von der Primär- zur Sekundärspule: 1.) über den Kern, also durch den Querschnitt des Kernes oder 2.) mit Hilfe des H-Feldes was sich zwischen den unbewickelten Schenkeln des Kernes aufspannt, ( Siehe Bild 1), durch die Luft wie Pointing es beschreibt? (Bei einem Trafo mit getrennten Wicklungen für Primär und Sekundär könnte das durch die Messung der Felder anschaulich nachgewiesen werden. Noch besser verständlich wird das durch zwei Ringkerntrafos die nur mit einer gemeinsamen Kurzschlusswindung gekoppelt sind.) Oder läuft die Energie 3.) innen entlang an der Oberfläche des Kernes von der Primär zu Sekundärspule oder 4.) außen entlang an der Oberfläche des Kernes von der Primär zu Sekundärspule oder 5.) zusammen wie in 3.) und 4.) beschrieben von der Primär- zur Sekundärspule oder lässt sich die Übertragung verständlicher ausdrücken?

Mit einem oder mehreren Ringkerntrafos ergeben sich die eindeutigsten Messergebnisse, weil sein Kern keinen Luftspalt hat, der zusätzlich Streufelder auch im Leerlauf aus dem Luftspalt heraus aussenden würde. Die lastabhängige Messung von Streufeldern die zwischen den Spulen laufen ist das Ziel dieser Messreihe.

Es wurden Fotos aufgenommen von allen Betriebs- und Messzuständen. Damit ist das Messergebnis jedes Mal eindeutig dokumentiert. Die Ergebnisse wurden mehrmals zu verschiedenen Zeitpunkten überprüft und notiert.

**Zusammenfassung:** Die Theorie des Pointing Vectors konnte durch die qualitativen Ergebnisse der Messungen unterstützt werden. Mit der Messung an zwei Ringkerntrafos die nur durch eine Kurzschlusswindung gekoppelt wurden, gelang sogar ein quantitativer Beweis der Richtigkeit der These von Pointing.

**Trafo Aufbau:** Siehe **Bild 1**. Die Original Wicklung besteht nur aus einer 480V Primärwicklung mit Anzapfungen und ist bei dieser Messanordnung offen gelassen und nicht gemessen worden. Die rote Primärwicklung hat 17 Windungen bei einem Nennstrom von 1,4A bei 10Volt.

Die braune Sekundärspule hat 12 und später 13 Windungen bei 6,5 bzw. 7V und 1A mit Nennlast von 7 Ohm.

Der 300VA Trafo, mit 230V Primär im Hintergrund ist die Spannungsquelle mit 7V Ac. Er wird Primär mit 100V gespeist, so dass noch keine Sättigungsströme in beiden Trafos aufgetreten sind.

Das Digital Messgerät misst die Ac Spannung der Sensorspulen im 2,00 Volt Bereich.

Die Magnetfeld-Sensor Spule besteht aus der Spule eines kleinen Reedrelais, gelber Zylinder zwischen der roten und gelben Laborklemme. Sie misst das H-Feld in der Luft, welches längs durch den Reed-Relais-Zylinder läuft.

Es wird damit an mehreren Stellen des Trafos und mit und ohne Last gemessen.

Die Reed-Sensorspule wurde geeicht durch eine Vergleichsmessung mit einer geeichten Messspule von Fa. Pikatron mit der Kennlinie von 1 mV / 1 mG. Wobei dann 34mV an der Reedspule = 148mV an der Pikatronspule entsprechen, also 34mV dann 148 Milligauss sind.

Die Stärke eines Magnetfeldes kann durch zwei verschiedene physikalische Größen ausgedrückt werden, die **magnetische Feldstärke H** (Einheit: A/m) und die **magnetische Flussdichte B** (Einheit **Tesla**). Wobei für Luft gilt: Eine Magnetflussdichte von 1 Gauß =  $1 \cdot 10^{-8}$  VS/cm<sup>2</sup>, entspricht 0,8 A/cm Magnetischer Feldstärke.

Im Kernloch beträgt dann die maximale gemessene Magnetflussdichte  $0,148 \cdot 10^{-8}$  V\*S /cm<sup>2</sup> bei einer Feldstärke von 0,12 A/cm. (Im Kernloch ist die Feldstärke gut messbar. Sie scheint jedoch nicht die zu sein, welche in der Formel  $S = E \cdot H$  verwendet werden muss, denn die Berechnungen zeigten, dass dafür das H viel größer sein muss.)

**Die Energiedichte in der Luft im Kernloch des Trafos** beträgt bei 1 Gauß Flussdichte mit:  $B \cdot H = 0,8 \cdot 10^{-8}$  VAS/cm<sup>3</sup>. Wenn man das ganze Kernvolumen des Trafos von ca. 3040 cm<sup>3</sup> zur Berechnung der übertragenen Energiedichte in Betracht zieht, dann ergibt das 24 Mikrowatt Sekunden an Energie, was eigentlich nur für die geringe Streufeldenergie des Trafos passt, aber für die gemessenen und übertragenen 49W am Trafo als viel zu wenig erscheinen. Außerdem herrschen im Kernloch nicht 1 Gauß sondern nur 0,148 Gaus Magnet-Flussdichte, also sind es 6 mal weniger und damit nur **4 Mikrowatt Sekunden die enthalten sind an der Oberfläche um den ganzen Kern herum oder in der Luft des Kernloches**.

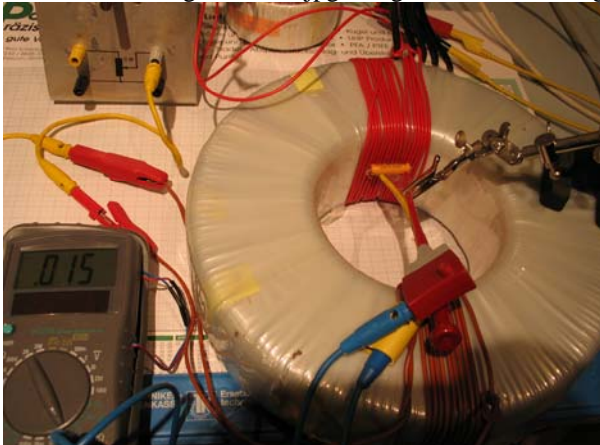
Also ist entweder meine Berechnung falsch oder es wurde eben doch nur das geringe Streufeld des Trafos gemessen, was ja beim Ringkerntrafo besonders gering ist.

Die scheinbare Energiedichte im Eisenkern des hier belasteten Trafos beträgt bei 1,6 Tesla und 1,4A Primärstrom:  $1,6 \cdot 10^{-4}$  V\*S /cm<sup>2</sup> mal 1,4A / cm, gleich 3,7mW sec. / cm<sup>3</sup>. (Scheinbar, weil die Prim.- und sek.-Felder sich im Kern kompensieren.) Die Energiedichte ist mit diesem Messaufbau also nicht messbar.

Und mal dem ganzen Kernvolumen von 3040 cm<sup>3</sup> ist die scheinbare Energie im Eisenkern gleich 11,24 Watt Sekunden.

Die zum Ansatz genommene Induktionsdichte von 1,6 Tesla wurde allerdings nicht erreicht.

**Bild 1**, rktr-sekt-groß\_4507.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun.

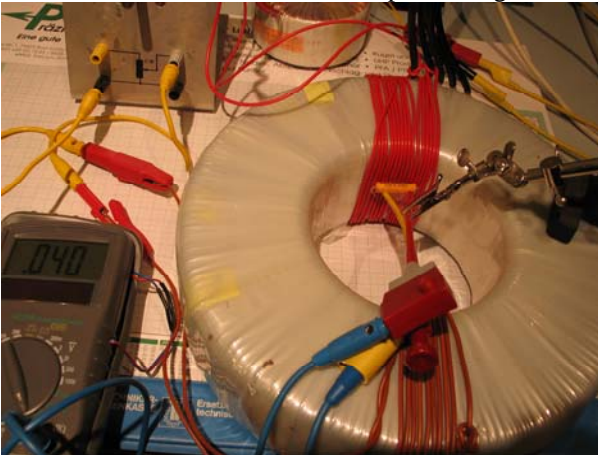


Die Reed-Relais Spule misst im Bild 1 als Sensorspule entweder das H-Feld zwischen den Spulen, dann ist sie gegenüber

hier im Bild 1 um 90 Grad gedreht oder wie zu hier im Bild 1 zu sehen, misst sie das H-Feld zwischen den Schenkeln nach der Theorie von Pointing, wo sich das lastabhängige Magnetfeld vom freien Schenkelteil rechts, zum freien Schenkelteil links aufspannt und dann von der Sensorspule so wie sie im Bild 1 oben abgebildet steht, gemessen werden könnte. Es scheint jedoch so zu sein, dass sich die H-Felder der beiden Sektorspulen an fast jedem ort kompensieren, sodass die gemessenen Felder Rest- Streufelder sind die nicht an der Energieübertragung beteiligt sind.

Die Sensor Spule misst wie im Bild 1 zu sehen ist, das Streufeld direkt an der Primär-Spule. Es ist hier im Leerlauf gemessen, weshalb keine Energieübertragung stattfindet und das gemessene Feld ein Streufeld der Primärspule sein muss. Deren erstaunlicherweise sinusförmiger Leerlaufstrom in diesem Fall 0,5 A eff. beträgt, was auch mit dem abgebildeten Instrument gemessen wurde. Siehe auch **Bild 30** ist der hier gemessene Leerlaufstrom deutlich größer als wenn die Primärspannung an die Volle Primärwicklung, die um den Kern herumgeht, gelegt würde. Bei diesem relativ hohen Leerlaufstrom ist mit einem Streufeld durchaus in diesem Mess-Abstand zu rechnen. Es werden 15mV gemessen.

Bild 2, rktr-sekt-groß\_4508.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im Lastfall gemessen, das Last Poti ist mit den gelben Kabeln an die rote Sektorwicklung angeschlossen. Der Primärlaststrom in der roten Sektorspule beträgt 1,0Aeff., siehe auch Bild 31.

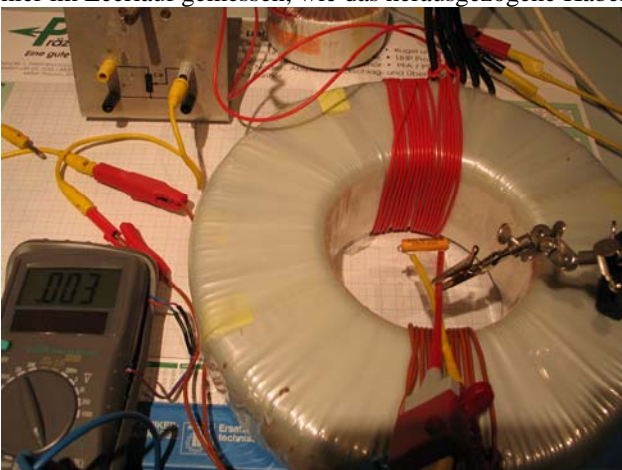


Die Sensor Spule misst wie im Bild 2 zu sehen ist, das Streufeld direkt an der Primär-Spule, unter Belastung der braunen Sektorspule. **Es werden 40mV gemessen.= 174 mGauß Flussdichte = 0,138 A/cm H-Feldstärke.**

Das Streufeld nimmt unter Belastung zu. Was sich mit der Trafo-Theorie deckt.

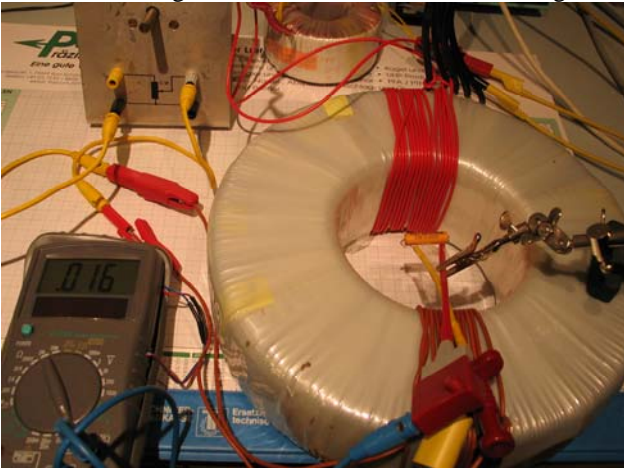
In Bild 28 wurden sogar 53 mV gemessen in dieser Stellung, weil die Sek. Wicklung um eine Windung vergrößert wurde und damit die Belastung größer wurde.

Bild 3, rktr-sekt-groß\_4509.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im Leerlauf gemessen, wie das herausgezogene Kabel am Lastpoti es zeigt.



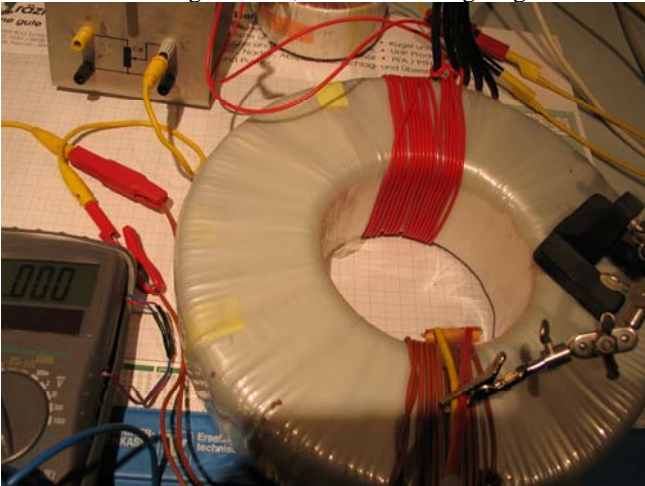
Wie im Bild 3 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr nur eine kleine Spannung induziert. Es werden etwas tiefer unten 6mV gemessen, Anzeige unpassend. Das Streufeld ist also in dieser Entfernung der Sensorspule deutlich geringer als im Bild 1.

Bild 4, rktr-sekt-groß\_4510.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im Lastfall gemessen, das Last Poti ist mit den gelben Kabeln an die rote Sektorwicklung angeschlossen.



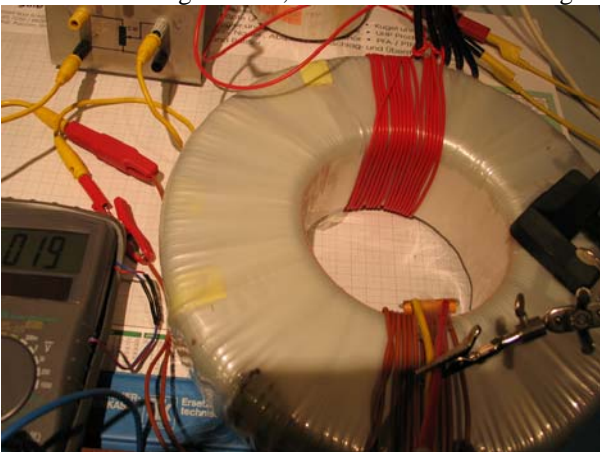
Wie im Bild 4 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr eine kleine Spannung induziert. Es werden etwas tiefer unten 30mV gemessen, Anzeige unpassend. Das Streufeld ist also in dieser Position der Sensorspule geringer als im Bild 2.

Bild 5, rktr-sekt-groß\_4511.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im **Leerlauf** gemessen, wie das herausgezogene Kabel am Lastpoti es zeigt.



Wie im Bild 5 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr keine Spannung induziert. Es werden 0mV gemessen. Das Streufeld ist also in dieser Entfernung der Sensorspule von der Sekundärspule gleich null, weil die Sek. Spule unbelastet ist. Von der Primärspule her wirkt hier auch kein Streufeld mehr.

Bild 6, rktr-sekt-groß\_4512.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im **Lastfall** gemessen, das Last Poti ist mit den gelben Kabeln an die rote Sektorwicklung angeschlossen.

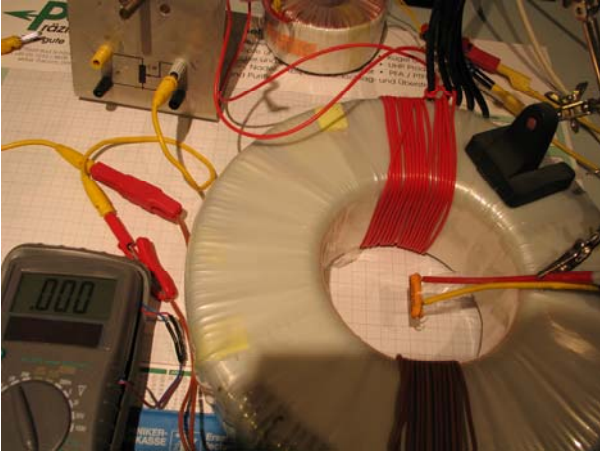


Wie im Bild 6 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr eine kleine Spannung induziert. Es werden 19mV gemessen. Das Streufeld kommt also in dieser geringen Entfernung der Sensorspule von der Lastspule, nur von dieser her. Es ist aus zwei Gründen geringer als das Streufeld was in Bild 2 gemessen wurde, weil erstens die Sek. Spule weniger



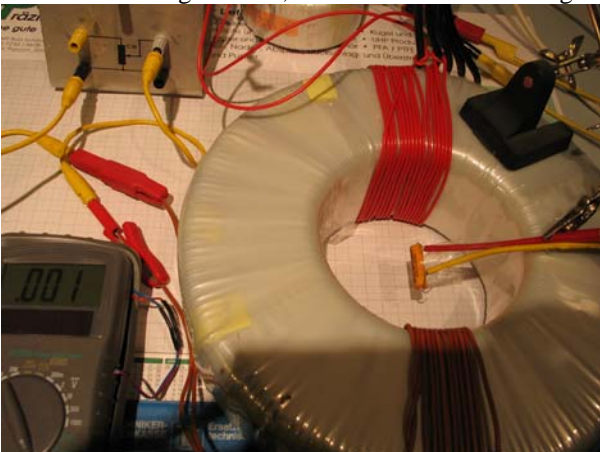
Windungen hat als die Prim. Spule und zweitens der Leerlaufstrom der Primärspule hierbei nicht mit gemessen wird. Im Bild 29 wurden an dieser Stelle 63mV gemessen, weil die Sek. Spule dabei eine Windung mehr hat und weil dabei die Messposition tiefer liegt.

Bild 7, rkr- sekt-groß\_4513.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im **Leerlauf** gemessen, wie das herausgezogene Kabel am Lastpoti es zeigt.



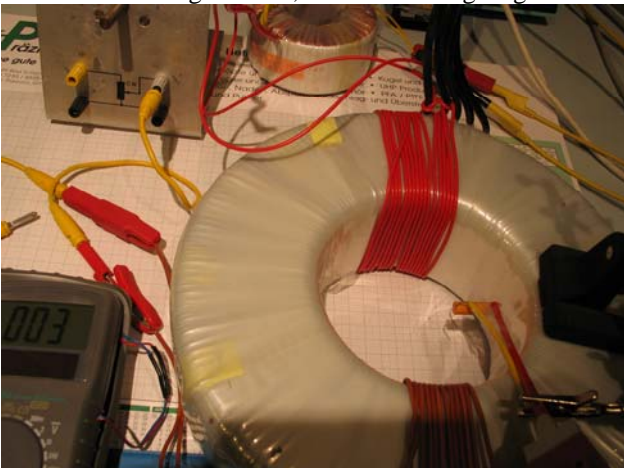
Wie im Bild 7 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr keine Spannung induziert. Es werden 0mV gemessen. Das H-Feld ist also in dieser Stellung der Sensorspule zu der Primärspule gleich null. Von der Primärspule her wirkt hier in dieser Richtung kein Streufeld.

Bild 8, rkr- sekt-groß\_4514.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im **Lastfall** gemessen, das Last Poti ist mit den gelben Kabeln an die rote Sektorwicklung angeschlossen.



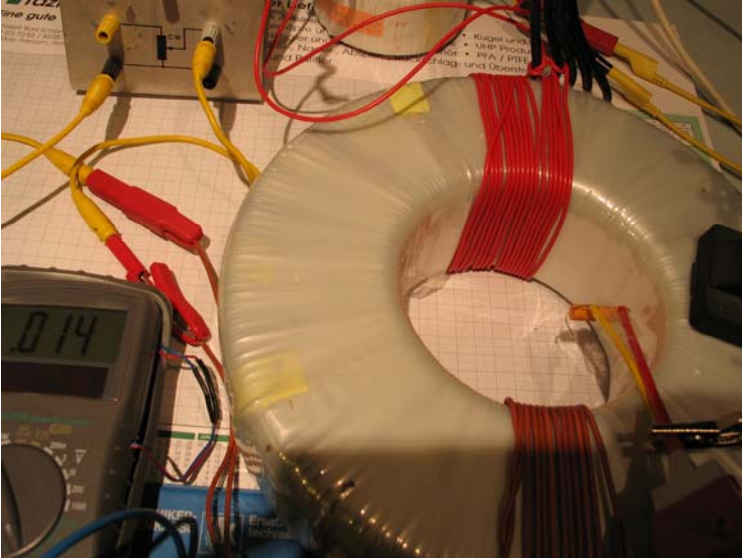
Wie im Bild 8 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr keine Spannung induziert. Es wird 1mV gemessen. Das H-Feld ist also in dieser Stellung der Sensorspule zu der Primärspule und zur Sekundärspule gleich null. Von der Primärspule her wirkt hier in dieser Richtung kein Streufeld.

Bild 9, rkr- sekt-groß\_4515.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im **Leerlauf** gemessen, wie das herausgezogene Kabel am Lastpoti es zeigt.



Wie im Bild 9 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr kaum eine Spannung induziert. Es werden 6mV gemessen, Anzeige unpassend. Das H-Feld ist also in dieser Stellung der Sensorspule zu der Primärspule klein. Von der Primärspule her wirkt hier in dieser Richtung nur ein kleines Streufeld.

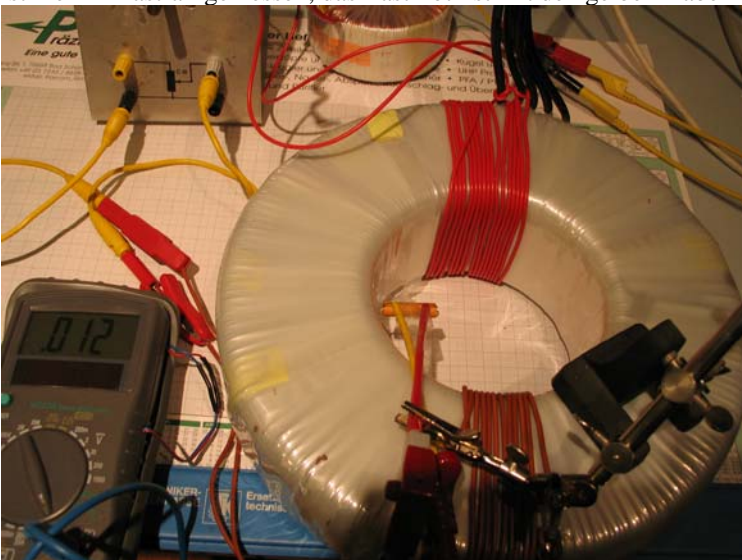
Bild 10, rctr-sekt-groß\_4516.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im **Lastfall** gemessen, das Last Poti ist mit den gelben Kabeln an die rote Sektorwicklung angeschlossen.



Wie im Bild 10 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr eine kleine Spannung induziert. Es werden 28mV gemessen, Anzeige unpassend, weil die 28mV mit der etwas größeren Sek. Spule gemessen wurden. Das H-Feld ist also in dieser Stellung der Sensorspule zu der Primärspule und zur Sekundärspule mittelgroß. Von der Primärspule und der Sek. Spule her wirkt hier in dieser Richtung ein mittelgroßes Streufeld.

Die Theorie nach Pointing besagt, dass das H-Feld zwischen den Schenkel in dieser gemessenen Richtung groß sein soll, was qualitativ bestätigt werden kann.

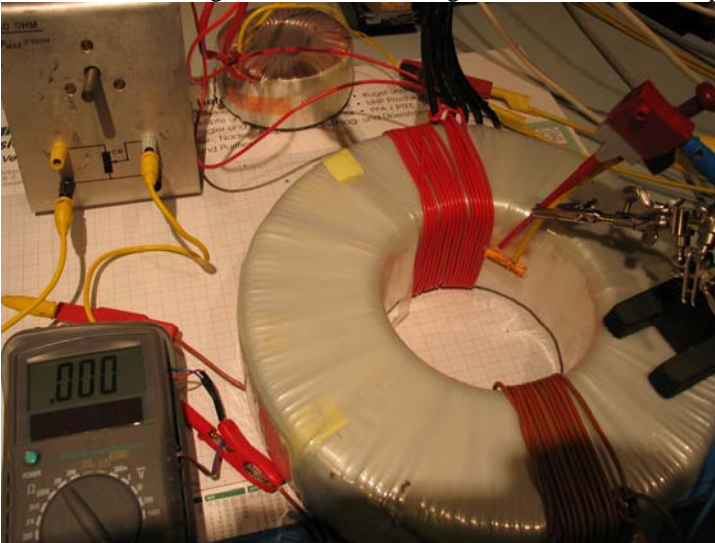
Bild 14, rctr-sekt-groß\_4520.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im Lastfall gemessen, das Last Poti ist mit den gelben Kabeln an die rote Sektorwicklung angeschlossen.



Wie im Bild 14 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr eine kleine Spannung induziert. Es werden 24mV gemessen, Anzeige passt nicht, weil mit größerer Sek. Wicklung der gemessene Wert höher ist. Das H-Feld ist also in dieser Stellung der Sensorspule zu der Primärspule und zur Sekundärspule mittelgroß, ähnlich wie im Bild 10 und Bild 12. Von der Primärspule und der Sek. Spule her wirkt hier in dieser Richtung ein mittelgroßes Streufeld.

Die Theorie nach Pointing besagt, dass das H-Feld zwischen den Schenkel in dieser gemessenen Richtung groß sein soll, was qualitativ bestätigt werden kann, es ist aber quantitativ viel zu klein für die übertragene Energie.

Bild 27, rktr-sekt-groß\_4536.jpg, zeigt einen 3kVA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun. Es ist hier im **Lastfall** gemessen, wie das eingesteckte Kabel am Lastpoti es zeigt.

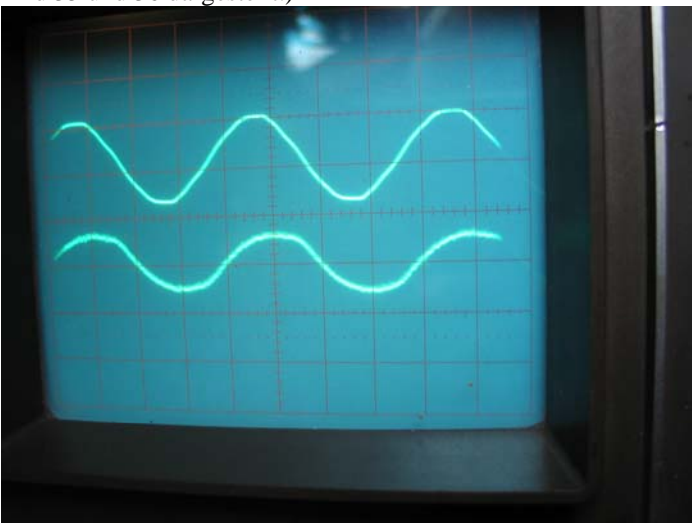


Wie im Bild 27 zu sehen, wird in dieser Stellung der Messspule in ihr keine Spannung induziert. Es werden 6mV gemessen. Anzeige unpassend. Das H-Feld ist also in dieser Stellung der Sensorspule zu der Primärspule klein. Von der Primärspule und der Sekundärspule her wirkt hier in dieser Richtung kein Streufeld mehr. Das bedeutet, dass das Streufeld nicht am Rand des Kerns entlang zur Sekundärspule läuft oder, dass sich die beiden Streufelder der Prim. und Sek. Spule hier gerade aufheben.

Fazit: Mit den Messungen in den Bildern 1 – 27 ist kein quantitativer Nachweis der Größen für die Energieübertragung nach Pointing möglich.

Bild 30, rktr-sekt-groß\_4539.jpg, zeigt oben die **Spannung an der roten Primärspule** des 3kVA Ringkerntrafos mit Sektorwickeln und **unten den Leerlaufstrom in diese Primärspule** hinein, im Leerlauf.

Auffallend ist der für einen Ringkerntrafo untypischen Verlauf des Leerlaufstromes, der anzeigt, dass in dieser Einspeiseart mit den Sektorwickeln, ohmsche Verluste zu bewältigen sind. (Zur Kontrolle zeigt der Leerlaufstrom der Original Primärwicklung den typischen Ringkerntrafo Verlauf, mit nur 20mA bei 100V an der 350V Wicklungsanzapfung. Bei 240V Einspeisung zeigt sich dann der typische Blindstrom Peak im Nulldurchgang der Spannung. Hier nicht, sondern in Bild 35 und 36 dargestellt.)

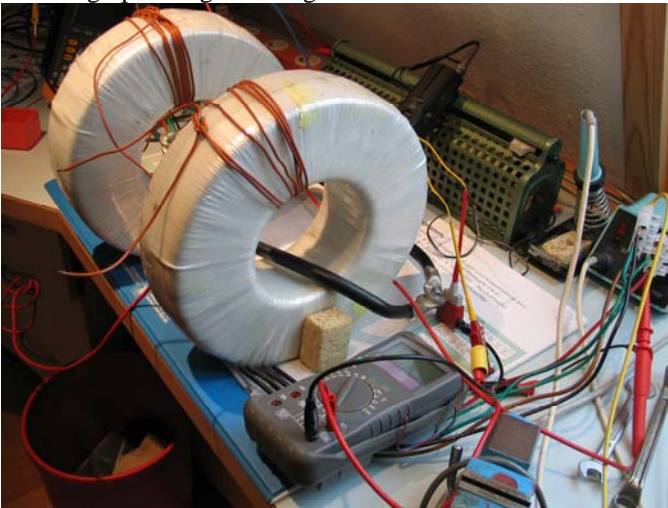


Kanal oben 20V pro div, Kanal unten 1A pro div.. Der Leerlaufstrom verläuft untypisch für einen Ringkerntrafo



Eine weitere Anordnung zum Nachweis der Energieübertragungsprinzipien ist auf den folgenden Bildern 1a bis 3a zu sehen. Die Energieübertragung erfolgt ähnlich dem Prinzip des Ringkernstromwandlers, der natürlich auch ein Trafo mit einer Primär oder einer Sekundärwindung ist. Hierbei erfolgt die Energieübertragung über das gemeinsame Kabel. Ohne die Gegenwart des zweiten, linken Trafos, wäre die geschlossene Kabelschleife eine Kurzschlusswindung und der rechte Trafo würde bei Nennspannung einen großen Strom an der Primärseite ziehen. Bei primär 30V fließen primär 0,8A und im Kabel 230A. Mit der Gegenwart des sekundärseitig offenen, linken Trafos, ist der Primärstrom des rechten Trafos mit 20mA gering und entspricht dem Trafoleerlaufstrom. Im Kabel fließen dann 1,6A. Hiermit ist deutlich bewiesen, dass der Eisenkern des linken Trafos im dicken Kabelring eine Gegeninduktion erzeugt, welche die Anordnung vom Netz her gesehen im Leerlauf erscheinen lässt. Hiermit soll untersucht werden, ob sich der Pointing Vektor, die Leistungsdichte der Energieübertragung pro Schleifenfläche innerhalb des dicken Kabels, quantitativ aus den Mess- oder Rechen-Werten berechnen lässt. Weil bei dieser Anordnung die Streufelder der Trafos gering sind und die Energie in Form der Windungsspannung und des Kabelstromes übertragen wird, ergeben sich durch den Aufbau gute Untersuchungsmöglichkeiten für die Überprüfung der Theorie des Pointing Vektors.

**Bild 1a**, 2rctr-groß\_4565.jpg, zeigt zwei 3kVA Ringkerntrafos mit nur je einer Spule für 480V. Beide Trafos sind durch ein Kabel durch das jeweilige Kernloch als eine Windung verbunden. In den rechten Trafo werden an die Primärspule 25-276V angelegt. Für den rechten Trafo ist das dicke Kabel die Sekundärwicklung, für den linken Trafo ist das dicke Kabel die Primärwicklung. Der linke Trafo trägt wie auch der rechte, noch eine zweite Spule mit 7 Windungen zur Windungsspannungsmessung.

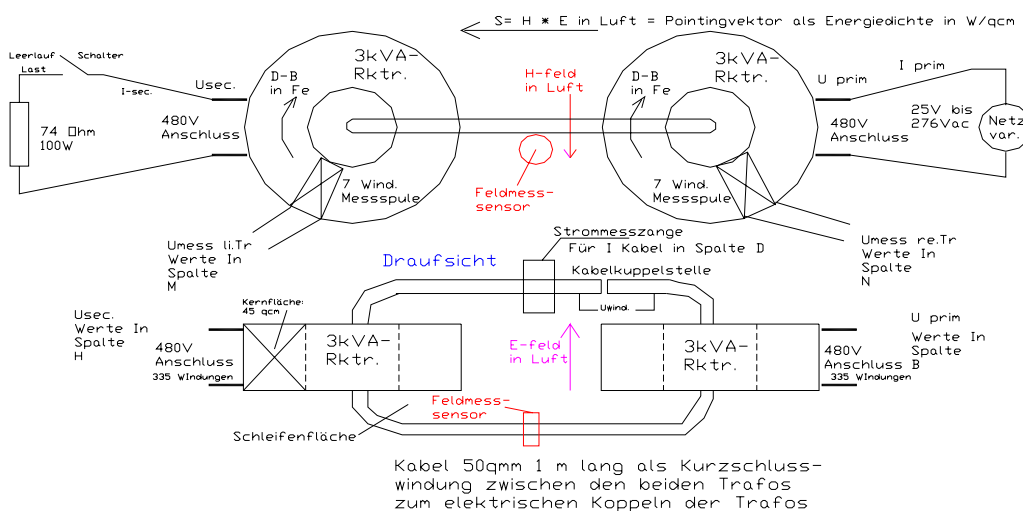


Siehe die Excel Tabelle, Messung-energiefluss-im-Transformator-5.pdf, dort sind die Messergebnisse und deren Auswertung zu sehen. Im Bild 1b unten: Messung-energiefluss-im-transformator-5.pdf ist die Anordnung beschrieben.

Messung des Energieflusses zwischen zwei Ringkerntrafos die über eine Kurzschlusswindung miteinander verbunden sind

Messergebnisse siehe die Tabelle: Messung-energiefluss-im-transformator-5.xls

Ansicht von vorne



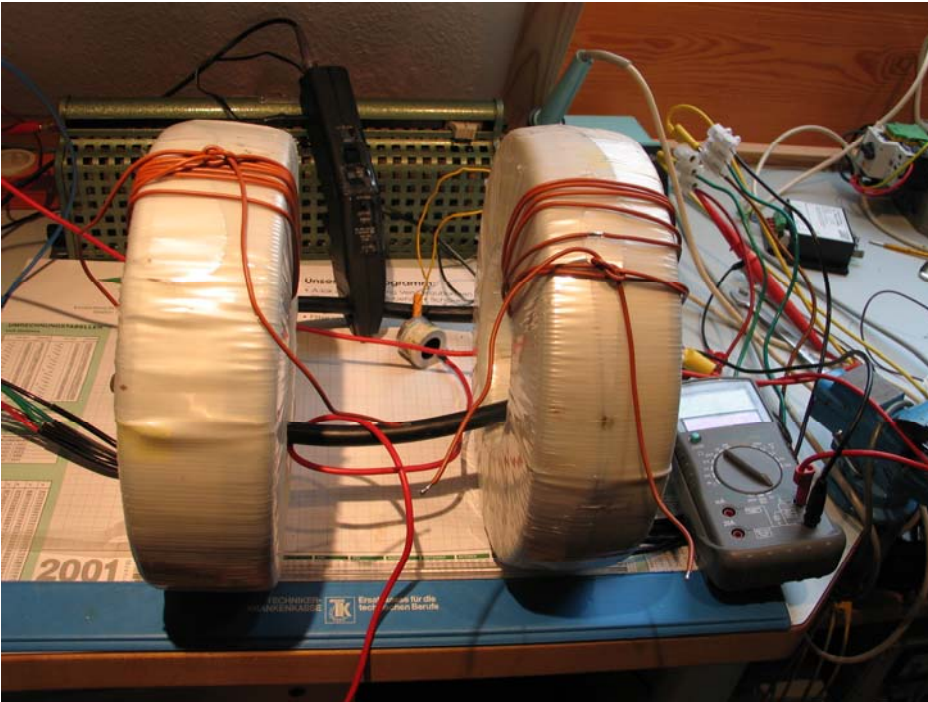
EMEKD Ing. Büro Freiburg  
Tel. 02495 761 441803  
10.02.2010

Messung -energiefluss-in-Trafo-5.dwg

Nur die Kernquerschnittsfläche ist Maßgebend für die Induktion in der Fläche der Kabelschleife.  $U_{\text{wind}} = A_{\text{fe}} * dB / dt$ .  $A_{\text{fe}} = 45\text{qcm}$ ,  $db = 3,2 \text{ Tesla}$ , ( $-1,6T \text{ bis } +1,6T$ ),  $dt = 10 \text{ msec.}$  für eine Spannungshalbwelle.

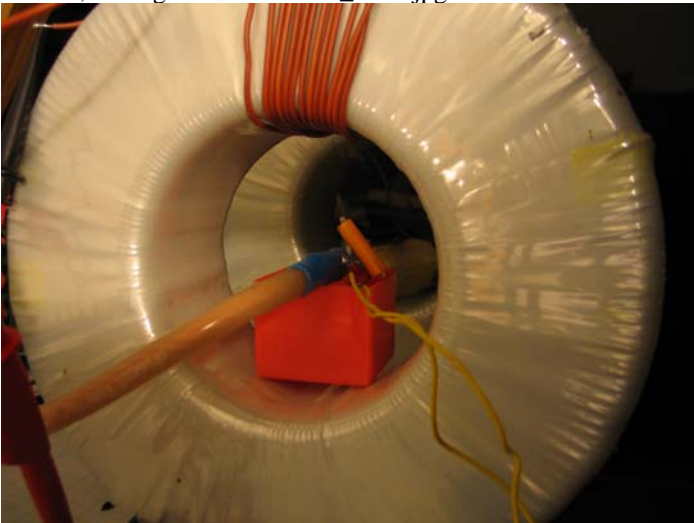


Bild 2a, 2rctr-groß\_4561.jpg, zeigt den linken Trafo mit der Feldmessspule am Kabel. Nur am Kabel treten starke Felder auf.



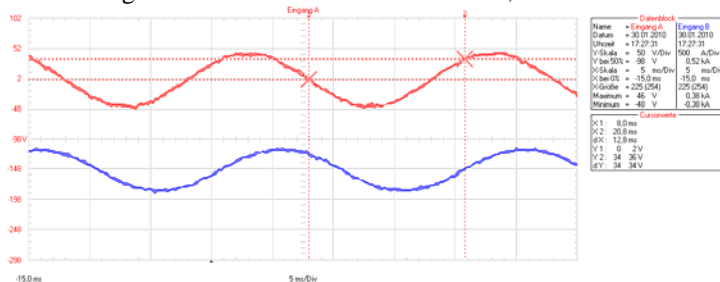
Das Multimeter zeigt die Spannung an der Feldsenserspule, die aus der Betätigungs-Spule eines Reedrelais gebildet wurde.

Bild 3a, 2rctr-groß-sensankabel\_4560.jpg



Wie in Bild 2a, ist der Feldsensor am Kabel im Kernloch zu sehen. Hier sind die Felder vom Kabel etwas überlagert von Streufeldern im Kernloch.

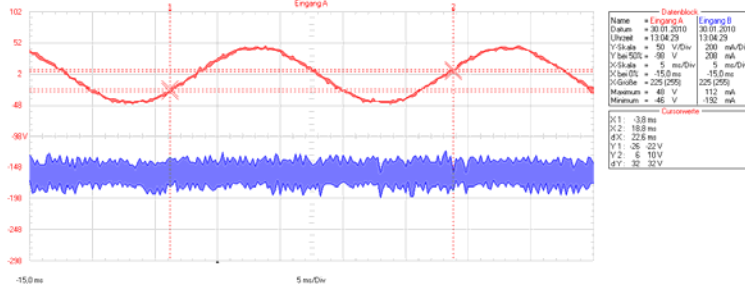
Bild 4a zeigt die Situation mit nur einem Trafo, wobei das dicke Kabel als Kurzschlusswindung geschaltet ist.



Energiefluss-rktr.bild9.bmp, 1 mg. Kabel mit 50qmm nur um re.Trafo durchs k.loch, A= Upr. =30V, B= Ikabel = 238A phasenrichtig. Ipr.= 0,71A, wldngssp. = 0,1V

Die Rote Kurve zeigt die Primärspannung mit 30V, die blaue Kurve zeigt den Strom im Kabel mit 238A.

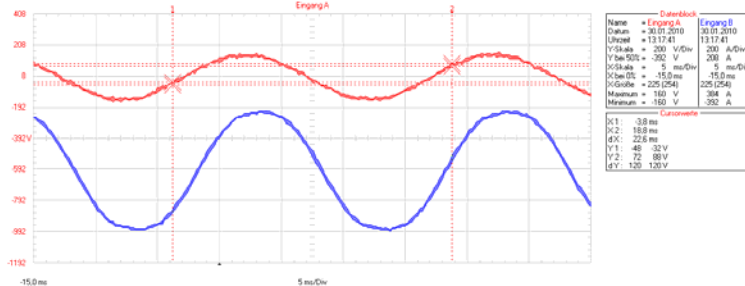
Bild 5a zeigt die Situation mit beiden Trafo, wobei das dicke Kabel als Kopplung zwischen den Trafos geschaltet ist.



Energiefluss-rktr-bild10.bmp, beide Trafos in Kurzschlussring mit 1m 50q mm Kabel. A=Uprim=30,9V, B= Iprim = 30mA, Uan 7 Wind re tr. = 0,64V

Die Rote Kurve zeigt die Primärspannung mit 30V, die blaue Kurve zeigt den Primär Strom mit 30mA. Der linke Trafo ist unbelastet.

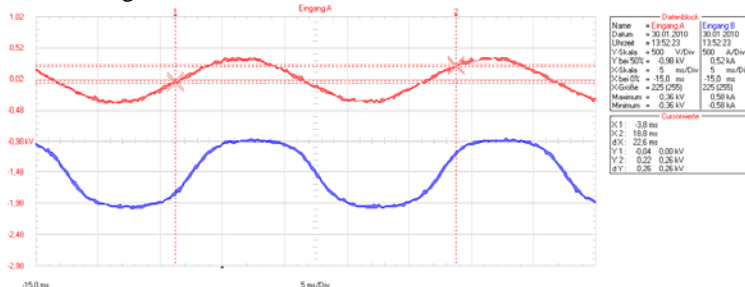
Bild 6a zeigt die Situation mit beiden Trafo, wobei das dicke Kabel als Kopplung zwischen den Trafos geschaltet ist.



Energiefluss-rktr-bild11.bmp, A=Uprim = 99V, B= Ikabel=282A., wenn 74 Oh m Last an sek. v. linken Trafo

Die Rote Kurve zeigt die Primärspannung mit 99V, die blaue Kurve zeigt den Kabel Strom mit 282A. Der linke Trafo ist mit 74 Ohm belastet.

Bild 7a zeigt die Situation mit beiden Trafo, wobei das dicke Kabel als Kopplung zwischen den Trafos geschaltet ist.

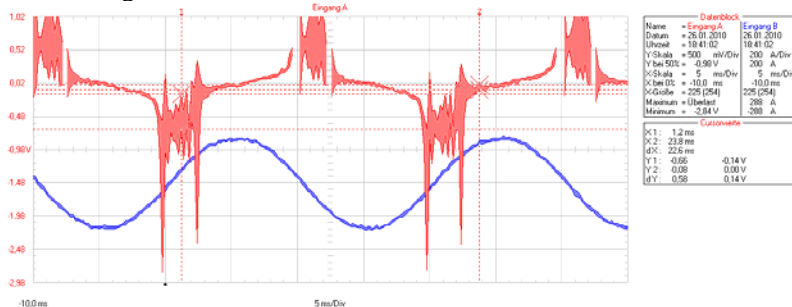


Energiefluss-rktr-bild12.bmp, wie Bild 1 jedoch Uprim = 240V, A= Uprim, B= Ikabel= 433A. Wenn Last an li.Tr.sek.

Stromzange an Kanal B begrenzt, Es sind in Wirklichkeit 680A.

Die Rote Kurve zeigt die Primärspannung mit 240V, die blaue Kurve zeigt den Kabel Strom mit 680A. Der linke Trafo ist mit 74 Ohm belastet.

Bild 8a zeigt die Situation mit beiden Trafo, wobei das dicke Kabel als Kopplung zwischen den Trafos geschaltet ist.



Energiefluss-rktr-bild7.bmp, A= Ufeld a.K., B=Ikabel, bei Last und Uprim = 99V, Bei A ist sichtbar wie das Reedrel. anzieht u. abfällt im Takt d er 50Hz Spannung

Wo die Feld-Änderung am größten ist wird am Sensor am meisten Spannung induziert. Weil der magnetisch leitfähige Reedkontakt in der Relaispule, Sensorpule, bereits schließt, wird die Signalspannung an der Spule verzerrt.

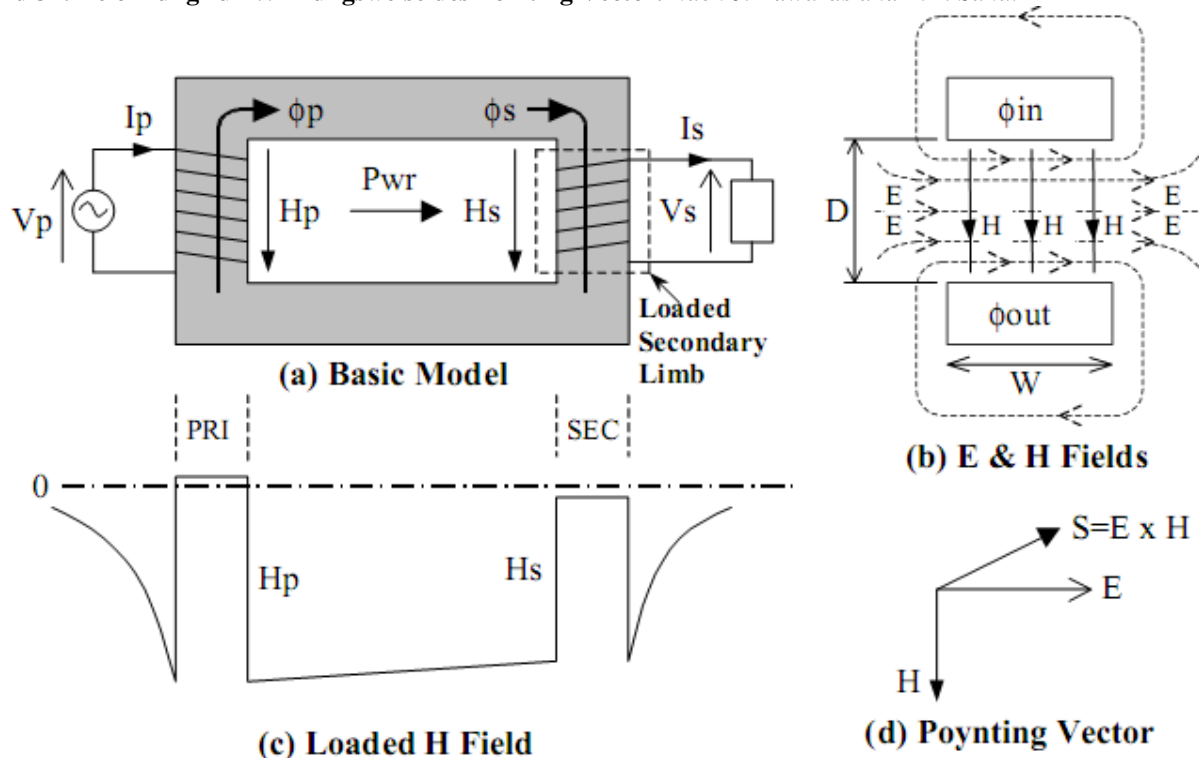
Die Rote Kurve zeigt die Feldsensorspannung am Kabel bei Primär 99V, die blaue Kurve zeigt den Kabel Strom mit 304A. Der linke Trafo ist mit 74 Ohm belastet.

Zum Beweis des Pointing Vectors:

Siehe auch Datei:

<http://www.emeko.de/index.php?id=95&L=0>

**Bild 32: Zeichnung zur Wirkungsweise des Pointing Vector.** Nach J. Edwards and T.K. Saha.



Die Power,  $P_{wr}$ , fließt scheinbar durch die Luft von Primär nach Sekundär. Der Gradient des H-Feldes zwischen den Kernschenkeln ist in Bild C dargestellt. Die H-Feldstärke nimmt von  $H_p$  zu  $H_s$  etwas ab, was auch die Messungen oben bestätigen.

Es erscheint zwar als unwahrscheinlich, dass aus dem Ringkernschenkel, siehe die Bilder oben von Nr. 1 – 27, innen bei der Zuschaltung der Last, plötzlich H- Feldlinien austreten sollen, die zur Energieübertragung dienen, da der Ringkern die Feldlinien sehr gut leitet, die Luft jedoch um den Myr Faktor schlechter leitet. **Und das Myr liegt beim Ringkerntrafo bei ca. 20.000.**

**Die gemessenen Feldstärken rühren vom Streufeld der Spulen her. Die zwischen den freien Schenkeln gemessenen Felder sind Streufelder der Spulen, die jedoch mit Hilfe des Kernes innen im Kernloch, zu einander geführt werden und für den Energie Austausch zwischen den Spulen sorgen. Die mit der Sensorspule gemessenen Felder sind aber sehr wahrscheinlich nur Reste der gegenläufigen Felder die zwischen der Primär- und der Sekundärwicklung ausgetauscht werden, weil sie für die quantitative Berechnung der Leistungsdichte im Kernloch, das S des Pointingvektors, sich als viel zu gering erwiesen haben.**

**Im Versuchsaufbau nach Bild 1a bis Bild 3a, dagegen, lässt sich die Leistungsdichte in der Induktionsschleife, welche durch das Koppelkabel gebildet wird, quantitativ sicher nachweisen. Hierbei stören die sich kompensierenden Streu-Felder von den Ringkerntrafos nicht, weil sie nicht wesentlich in die Koppelschleife hineinwirken können, aufgrund der Entfernung der Messstelle von den Trafos.**

#### **Erklärung zur Theorie nach Pointing und zur Entstehung der Windungsspannung:**

Die H-Feldstärken welche zwischen den nicht von Spulen bedeckten Schenkelteilen verlaufen sind im ganzen Kernloch eindeutig in dieser im Bild 32 eingezeichneten Weise und Richtung nachweisbar. Im Winkel von 90 Grad dazu sind keine Feldstärken nachweisbar. Das stützt die Pointing Theorie.

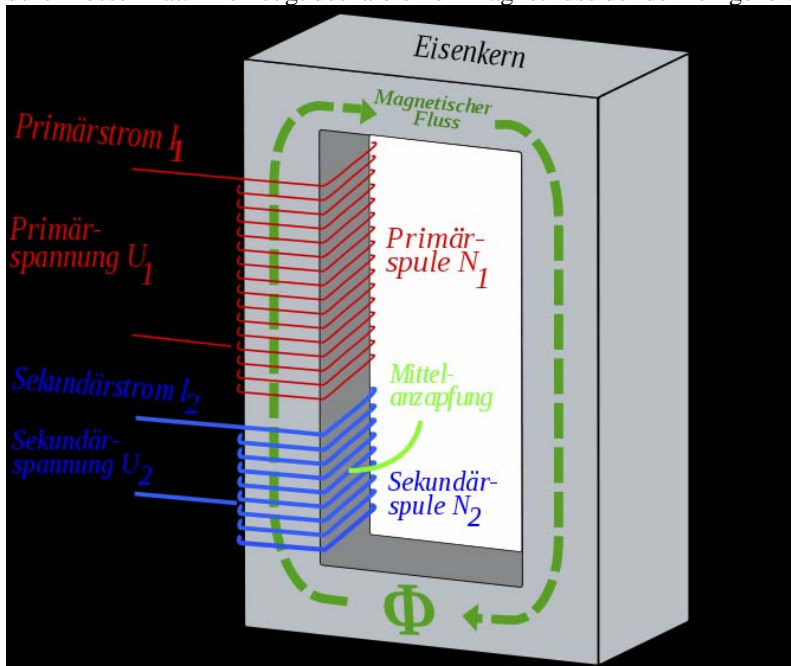


### Schematische Betrachtung der Verhältnisse von Phi, Teta und B im Trafo mit Eisenkern.

Bild 33 zeigt:

Der Primärstrom fließt oben an der Primär-Spule hinein und durch diese im Gegenuhrzeigersinn hindurch. Er erzeugt wie auch der Primärleerlaufstrom einen Magnetfluss in der gekennzeichneten Richtung.

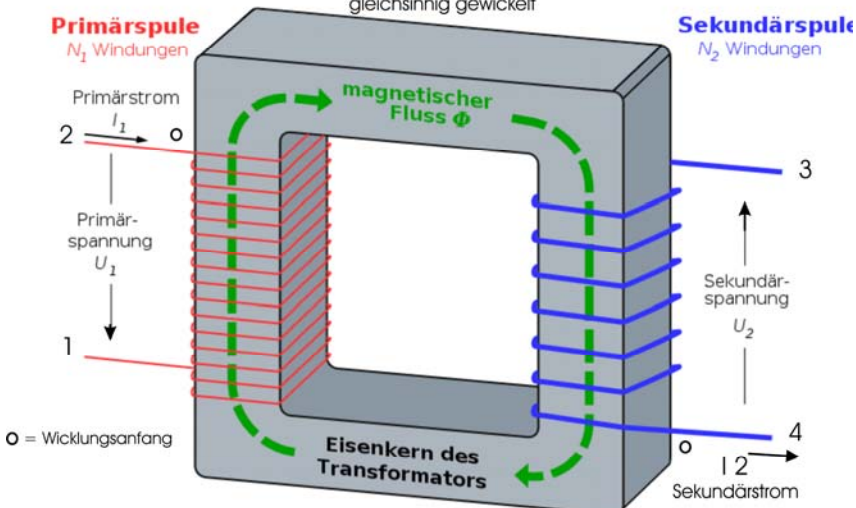
Der Sekundärstrom fließt oben an der Sekundär-Spule aus dem Trafo heraus, nachdem er die Spule im Uhrzeigersinn durchflossen hat. Er erzeugt deshalb einen Magnetfluss der dem eingezeichneten Magnetfluss entgegen gesetzt ist.



$I_1$  fließt in die Primärspule oben hinein,  $I_2$  fließt aus der Primärspule oben heraus.

Bild 34 zeigt den gleichen Transformator mit anderer Wicklungs-Anordnung, die zu einem „mehr um die Ecke denken“ zwingt. Die Verhältnisse sind jedoch gleich wie im oberen Bild 33.

Bezogen auf den Wicklungsanfang:  $U_1$  ist phasengleich zu  $U_2$ ,  $I_2$  ist richtungsverschieden zu  $I_1$   
 $N_1$  und  $N_2$  sind bezogen auf den Magnetfluss gleichsinnig gewickelt



Die Zeichnung wird leichter verständlich wenn  $N_2$  entlang dem Magnet-Fluss über  $N_1$  geschoben wird, so dass Kl.3 neben Kl.1 und Kl.4 neben Kl.2 liegt.

Bild 35

Zusammenhang von Spannung, Magnetisierung und Leerlaufstrom bei einem Ringkerntrafo

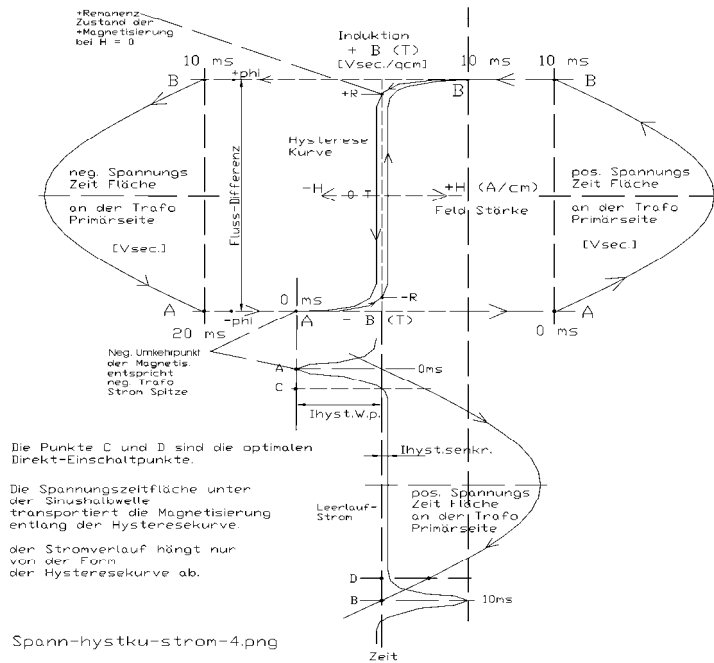
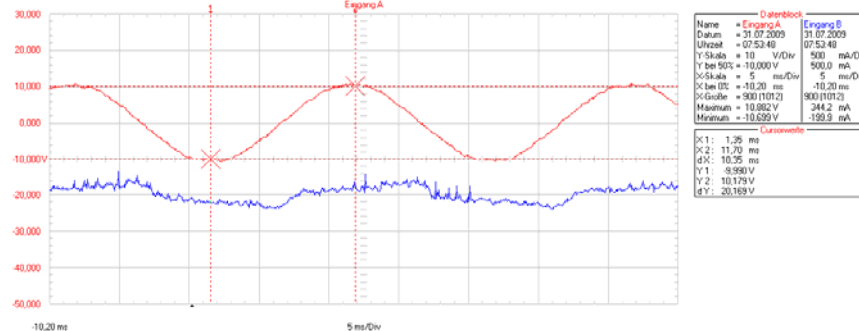


Bild 36 zeigt oben die Primärspannung und unten den Primärstrom im Leerlauf.



messung-energiefluss-im-trafo-14.bmp, 100VA Kern mit 3 Sektorwickeln, Leerlauf,  $A=U_{prim}=7,43V$ ,  $B=I_{prim}=103mA$

Hier ist der typische Leerlaufstromverlauf für einen Ringkern zu sehen, der nicht voll ausgereicht ist und deshalb keine Stromspitzen, die am Ende der Spannungshalbwellen liegen, zeigt.

Gemessen, verfasst und korrigiert von EMEKO Ing. Büro, M.Konstanzer, am 27.- 30.07, 29.12.2009 und 04.01.2010 und 14.01.2010 und 25.01.2010 und 11.02.2010.

Ende am 11.02.2010, EMEKO Ingenieurbüro.