

Die Wirkungsweise des Transformators ist längst nicht so einfach zu verstehen wie der Laie und auch Fachleute bisher angenommen haben.

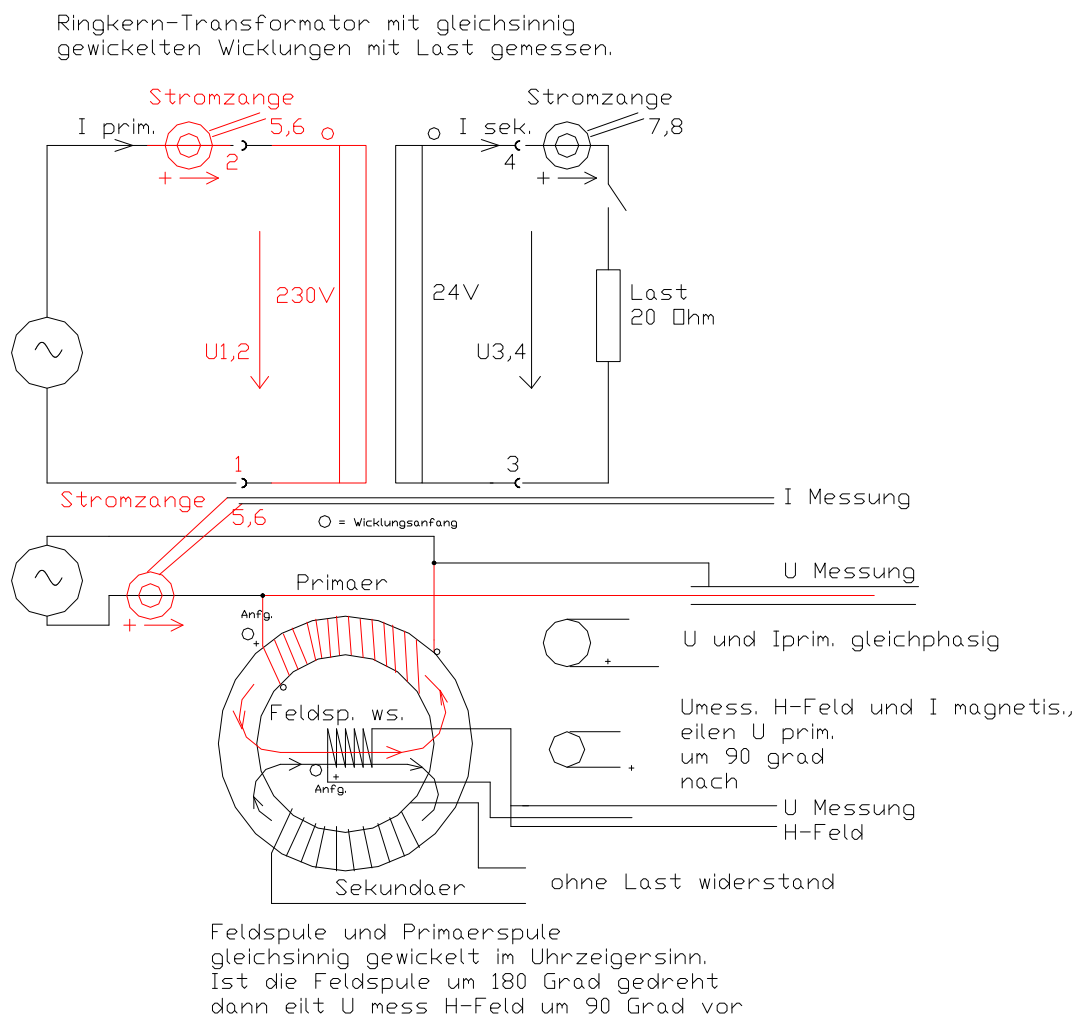
Es existiert die Theorie von Pointing, die beschreibt, wie sich die Energie vom Primär- auf den Sekundärkreis im Trafo überträgt. Diese Theorie wird seit Mitte 2009 verstärkt im deutschen Wikipedia diskutiert. Dabei ist es physikalisch unverständlich, dass die Energie nicht über den Eisenkern des Transformators laufen soll, sondern durch elektrische und magnetische Felder direkt zwischen den Spulen ausgetauscht werden soll. 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.

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

Folgende Fragen sollen durch die Messungen beantwortet werden: Lläuft die Energieübertragung beim Trafo von der Primär- zur Sekundärspule über den Kern, also 1.) durch seinen Querschnitt oder 2.) zwischen den Schenkeln des Kernes durch die Luft, bei einem Trafo mit getrennten, gegenüber liegenden Wicklungen für Primär und Sekundär oder 3.) außen entlang an der Oberfläche des Kernes von der Primär zu Sekundärspule?

Mit einem Ringkerntrafo ergeben sich die eindeutigsten Messergebnisse, weil sein Kern keinen Luftspalt hat der zusätzlich Streufelder aussenden würde.

Bild 0 zeigt die Anordnung der Messung und die Feld-Messspule, hier zum Nachweis von magnetischen Streufeldern.



Messung-H-felder-Rktr.dwg

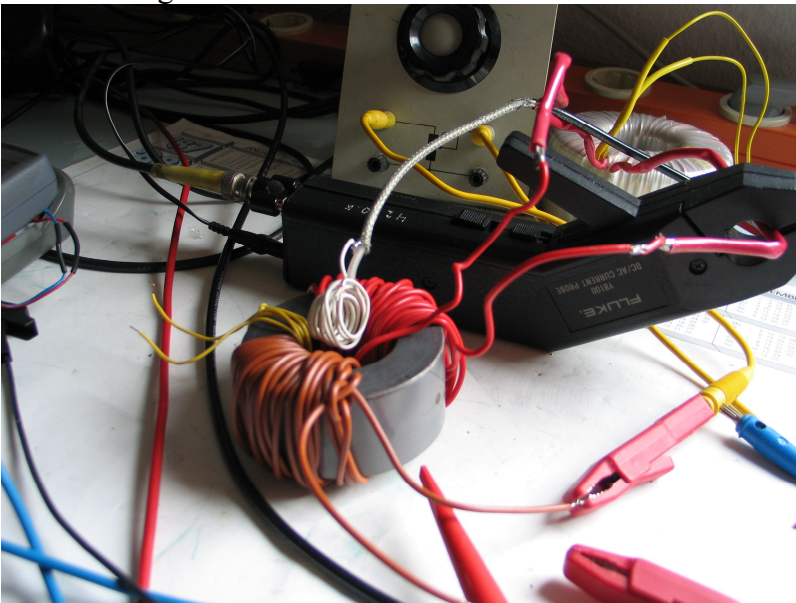
Korrektur des Bildes 0: die Primärspannung beträgt 24V ac und nicht 230V ac. Es erscheint als unmöglich, dass die Magnetfeldlinien, wie oben im Bild 0 gezeichnet, den Ringkern verlassen, um gegenüber wieder in den Kern einzutreten.

Siehe Hystereseurve des Kerns ist das H Feld erst max. wenn der Fluss Φ_{max} ist und das ist am Ende der Spannungszeitfläche von U_{prim} . Folglich eilt die Feldmessspannung, der weißen Spule, der Primärspannung um 90 Grad nach.

Ist die Feldspule für U-mess H-Feld um 180 Grad gedreht, sodass der Feldfluss in die Seite der Messspule mit dem pos. Anschluss hineinläuft, dann eilt U-mess-H-feld der U und I Prim um 90 Grad vor.

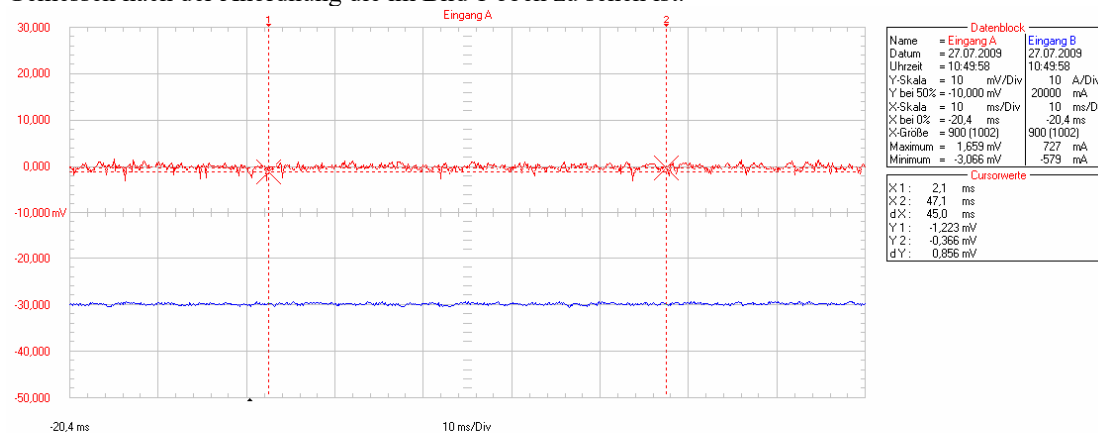
Bild 1 zeigt einen 100 VA Ringkerntrafo mit Sektorwickeln, für Prim.= rot und Sek.= braun.

Die Weiße Spule ist die H-Feld Sensorspule. Sie misst das H-Feld zwischen den Schenkeln, bzw. zwischen den Spulen oder außen am Kern. Sie wurde so wie im Bild zu sehen oder um 180 Grad gedreht eingefügt. Der 300VA Trafo im Hintergrund ist die Spannungsquelle mit 24V Ac. Die gelbe Spule misst die Windungsspannung und damit den Magnetfluss Φ im Kern. Sie misst annähernd das gleiche, egal ob die Sekundärspule leer läuft, belastet ist oder wenn die Primärspannung einbricht. Ohne die ohmschen Spannungsabfälle der Primär- oder Sekundärspule zu berücksichtigen.



Die weiße Spule misst als Sensorspule entweder das H-Feld zwischen den Spulen, dann ist sie gegenüber dem Bild 1 um 90 Grad gedreht oder das H-Feld zwischen den Schenkeln nach der Theorie von Michael Lenz mit dem Pointing Vektor, wo sich das lastabhängige Magnetfeld vom freien Schenkelteil rechts, zum freien Schenkelteil links aufspannt und dann von der weißen Sensorspule so wie sie im Bild 1 oben abgebildet steht, gemessen werden könnte.

Bild 2 zeigt die Situation bei Leerlauf. Rot = Kanal A, Signal von weißer Sensor-Spule, Blau=Kanal B, = Primärstrom. Gemessen nach der Anordnung die im Bild 1 oben zu sehen ist.

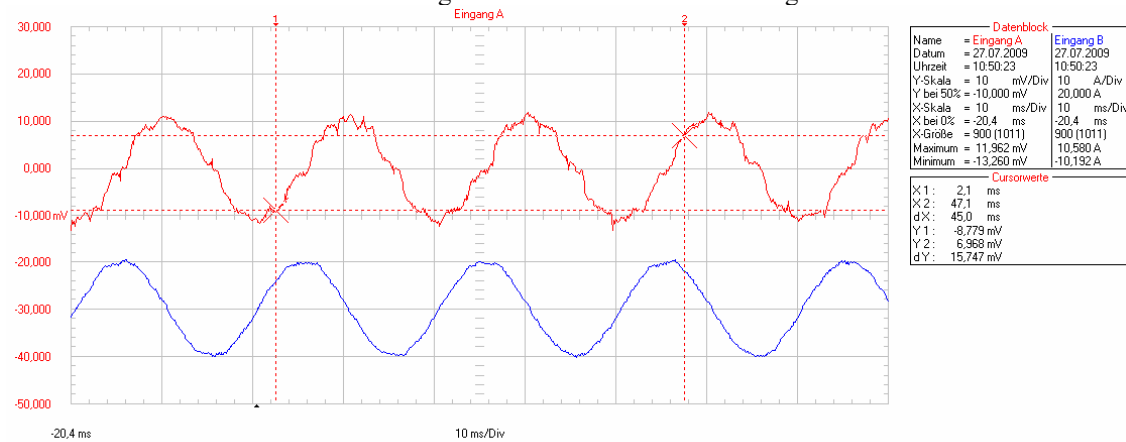


Messung-energiefluss-im-Trafo-1.bmp, 100VA Rktr mit 2 Sektorwickeln, siehe Photo:RKTR-H-Feldmessung..., A=Feldmessspule bei Leerlauf, wenn 90 Grad zu Prim.wickl., B= Primärstrom.

Der Primärstrom wird mit der Stromzange gemessen, die oben im Photo Bild 1 zu sehen ist.

Die Magnetfeldsensordenspannung wird mit der weißen Spule gemessen in der Stellung wie im Bild 1 zu sehen. Weil beim Ringkern der Leerlaufstrom sehr gering ist, ist er von der Stromzange bei der Kanal-Verstärkungs-Einstellung von 10A/div nicht sichtbar.

Bild 3 zeigt die Situation bei Last. Rot = Signal v. weißer Spule, Blau= B= Primärstrom. Mess-Anordnung wie bei Bild 1 und der Messung im Bild 2.

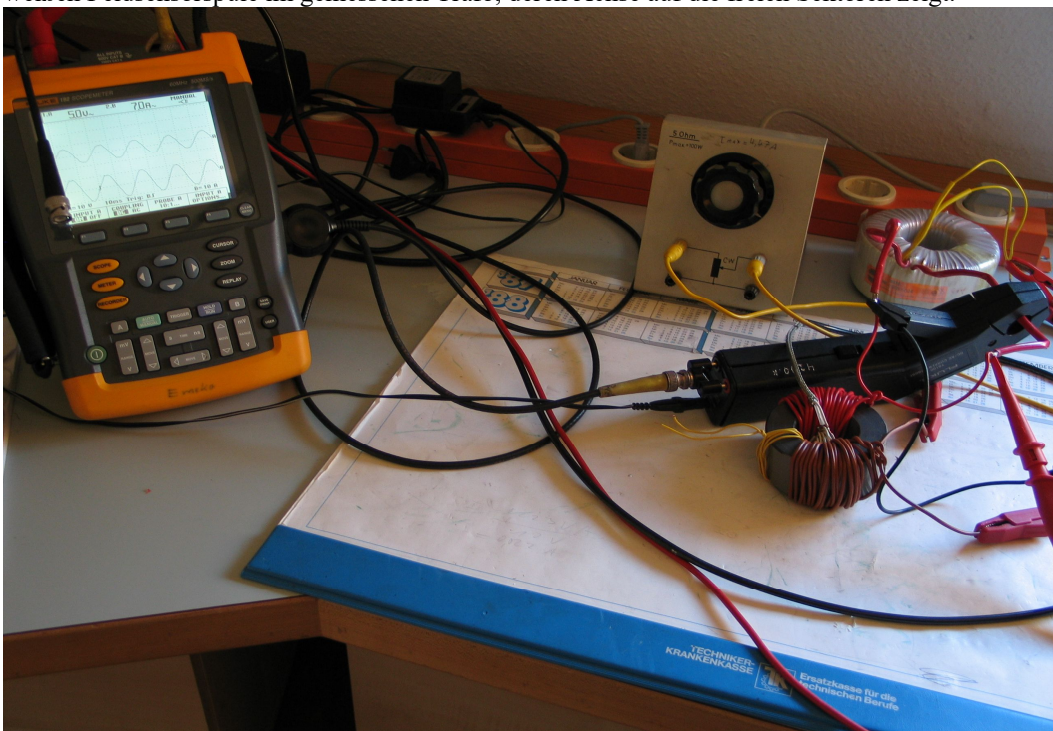


Messung-energiefluss-im-Trafo-2.bmp, wie 1 jedoch bei Last.

Der Primärstrom blau, ist mit der Primärspannung in Phase, siehe Bild 4 und 5. Also ist die rote Messspannung der weißen Spule, die der Primärspannung und dem Primärstrom hier im Bild 3 um 90 Grad nacheilt, in Phase zum H-Feld im Ringkern. Misst nun die weiße Messspule die Induktion durch das Pointing Feld, was sich neben den Spulen zwischen den freien Schenkelsektoren aufspannen soll oder ein Streufeld der Spulen, bzw. die Differenz des Streufeldes? Die Sekundärspule erzeugt genau wie die Primärspule ein Lastabhängiges Streufeld, was als Streufeld-Differenz durch die weiße Sensorspule gemessen werden kann.

Bei der vorhandenen Windungszahl der weißen Messspule, die ca. halb so groß ist wie die Windungszahl der Primärspule und der Sekundärspule, müsste die von einem Pointingfeld in der Messspule gemessene, induzierte Spannung viel größer sein als 10mV peak. Deshalb ist wohl die von der weißen Spule gemessene Spannung ein Streufeld-Differenzspannung der Primär- und Sekundär-Spulen. Da im Bild 2 keine Spannung der Messspule zu sehen ist, kann man davon ausgehen, dass bei Leerlauf das Streufeld gering ist. Es ist also lastabhängig.

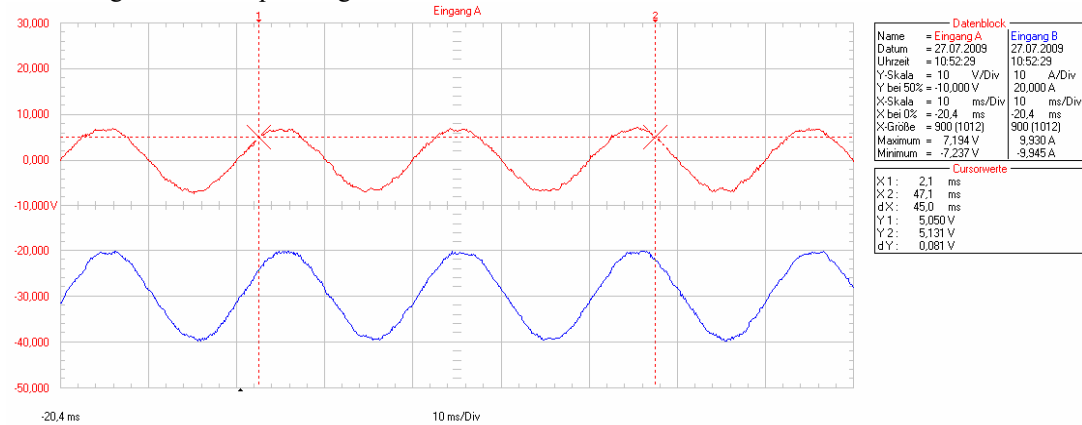
Bild 4 zeigt den Messaufbau mit Oszilloskop, Lastwiderstand, Speisetrafo, Stromzange und gemessenem Trafo mit der weißen Feldsenserspule im gemessenen Trafo, deren Achse auf die freien Sektoren zeigt.



Das Oszilloscopicbild zeigt in Bild 4 oben die Primärspannung und unten den Primärstrom, die natürlich in Phase liegen.

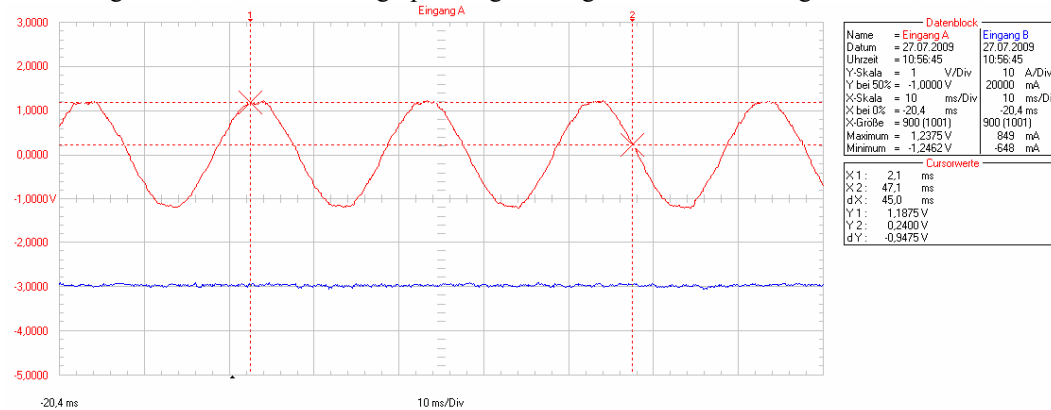
Siehe Bild 5.

Bild 5 zeigt die Primärspannung und den Primärstrom bei Last.



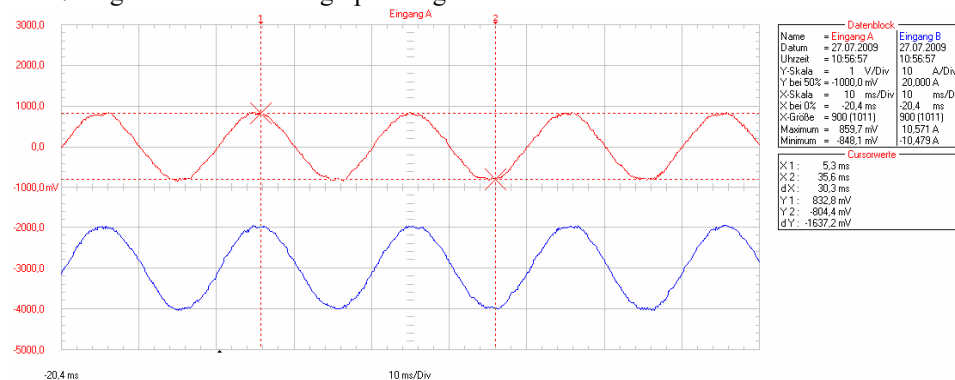
Messung-energiefluss-im-Trafo-4.bmp, wie 1 jedoch bei Last und A= Uprim, B= Iprim
Beide Größen liegen natürlich in Phase.

Bild 6 zeigt an A, rot, die Windungsspannung an der gelben Hilfswicklung und an B, blau, den Primärstrom bei Leerlauf.



Messung-energiefluss-im-Trafo-5.bmp, wie 1 jedoch A= U an gelber Hilfswicklung über Kern gewickelt und B= I prim, im Leerlauf

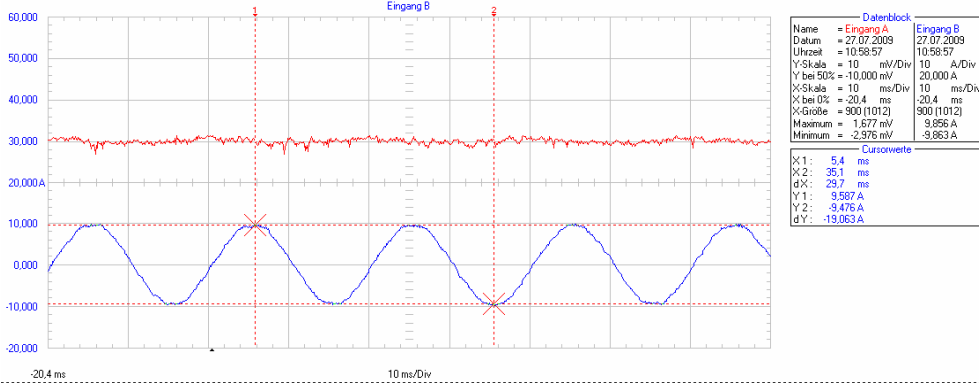
Bild 7 zeigt an A die Windungsspannung und an B den Primärstrom bei Last.



Messung-energiefluss-im-Trafo-6.bmp, A und B wie 5 jedoch bei Last.

Die Windungsspannung bricht wie die Primärspannung etwas zusammen bei Last, auch weil der Speisetrafo nur 300VA Leistung hat und deshalb an seinen Wicklungen ebenfalls Spannungsabfälle erleidet.

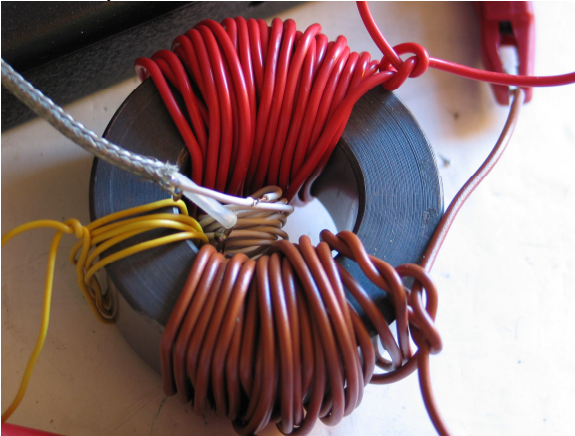
Bild 8 zeigt an A, rot, die Feldstärke zwischen den Spulen im Inneren des Trafos im belasteten Zustand, wenn die Sensorspule gegenüber der Messung im Bild 3 um 90 Grad gedreht ist. Die weiße Spule ist hier wie im Photo in Bild 9 angeordnet und zeigt mit ihrer Achse zu den Spulen.



Messung-energiefluss-im-Trafo-07.bmp, wie 1 jedoch A= weiße spule, parallel zu Hquer, also 90 grad gedreht gegenüber Bild-2, siehe Photo..., B= Irpim bei Last.

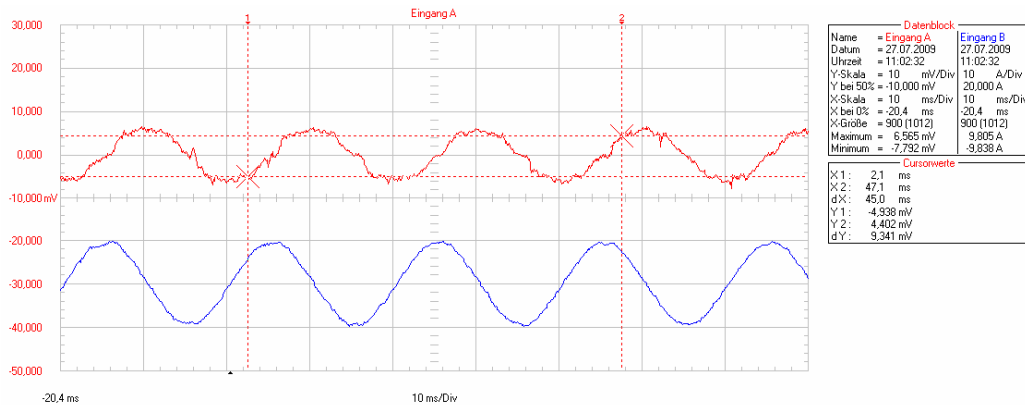
Unten, blaues Signal zeigt den Primärstrom bei Last, oben, rotes Signal zeigt die Messspannung an der weißen Spule. Hiermit ist bewiesen, dass sich zwischen den Spulen, also rechtwinklig zu ihrer Spulenachse, kein Magnetfeld aufspannt, weil in der weißen Spule keine Spannung induziert wird. Auch ein Streufeld ist in dieser Ausrichtung, siehe Bild 9, senkrecht zu den Spulenachsen, nicht vorhanden.

Bild 9 zeigt das Bild der Messanordnung zur Messung oben in Bild 8. Im Gegensatz zu Bild 4 ist die Feldsensorspule hier um 90 Grad gegen den Uhrzeigersinn gedreht, damit sie Magnetfelder nachweisen kann, welche durch die Spulenachse der Weißen Spule verlaufen.



Wie im Bild 8 zu sehen, wird in dieser Stellung der weißen Messspule in ihr keine Spannung induziert, auch dann nicht, wenn die Sekundärspule belastet ist.

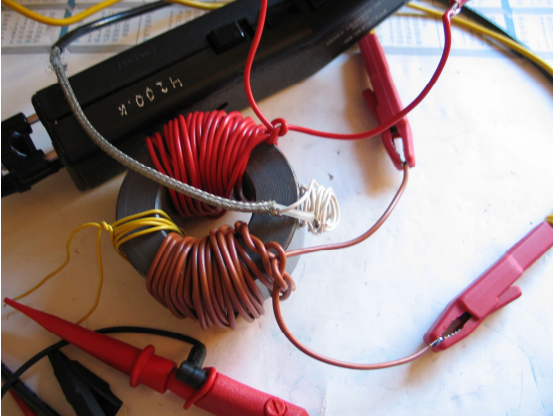
Bild 10 zeigt die Magnet-Feldstärke außen am Kern, wenn die Sensor-Spule wie im Bild 11 unten angeordnet ist. Es scheint das Streufeld der Primärspule zu sein, welches logischerweise auch außerhalb des Kern-Rings, neben den Spulen messbar ist.



Messung-energiefluss-im-Trafo-8.bmp, wie 2 jedoch A= weiße Feldspule außen parallel zu Kern, B= Iprim bei Last

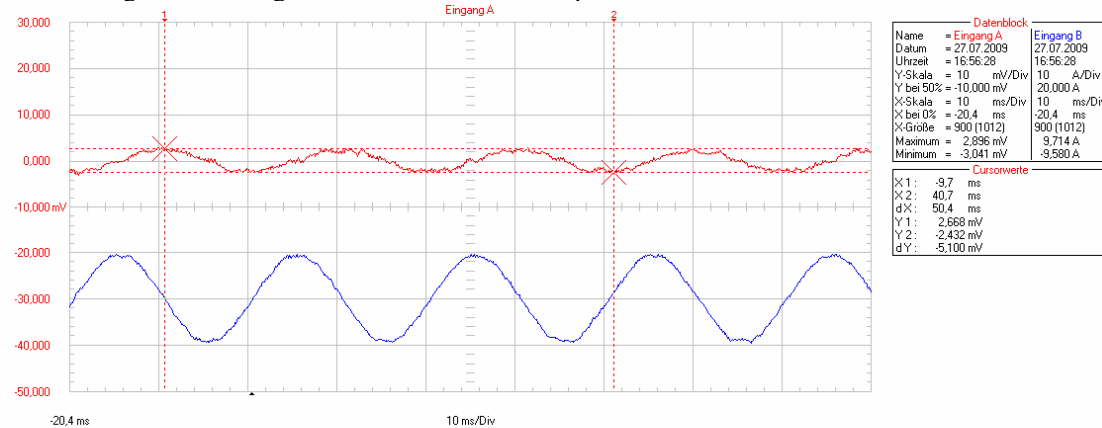
Die Messung in Bild 10 lässt die Annahme zu, dass die Messung nach der Anordnung im Bild 1, und der Messung im Bild 3, das Streufeld der Primärspule misst, weil die Spannungen an der Weißen Spule ähnlich groß sind und außerhalb des Ringkernes sich sicher kein Pointing Vektor aufspannt. Die Feldspule ist bei der Messung im Bild 10 nicht wie im Bild 11 unten angeordnet sondern um 90 Grad gedreht, damit sie Felder messen kann, die um den Ringkern laufen.

Bild 11 zeigt das Photo zur Messung vom Bild 13.



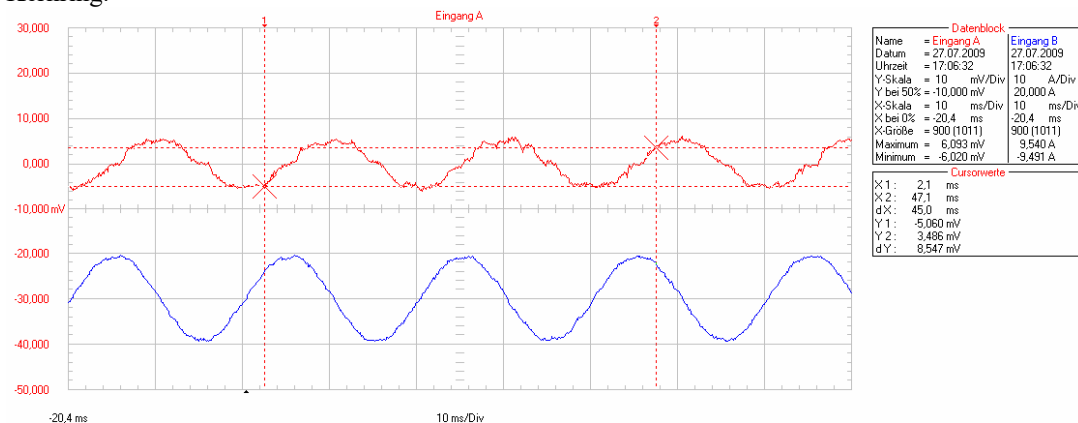
Die weiße Spule ist um 90 Grad gegenüber der Lage in Bild 1 gedreht.

Bild 12 zeigt die Messung vom Streufeld der Primärspule außen.



Messung-energiefluss-im-trafo-9.bmp, wie 1, jedoch A= U weiße Spule par zu sek. Spule aber aussen, B= I prim bei Last

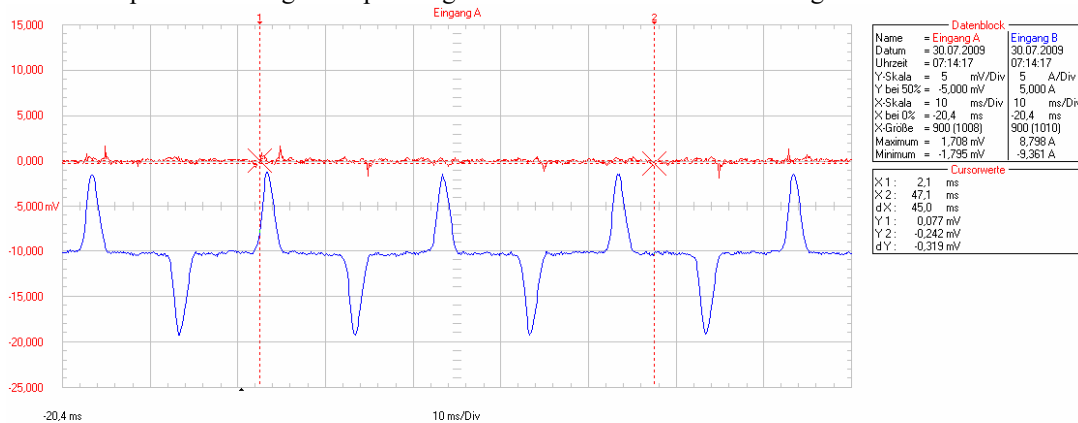
Bild 13 zeigt die Messung wie in der Anordnung im Bild 11 zu sehen. Sie zeigt das Streufeld der Primärspule außen am Kernring.



Messung-energiefluss-im-trafo-10.bmp, wie 9 jedoch A= U v. Weißer Spule, wenn die Spulnaxe zwischen den Sektoren steht und außen senkrecht zu Kern ausgerichtet ist.

Ein Streufeld ist auch außen am Kern messbar.

Bild 14 zeigt die Feldstärke zwischen den Spulen im Inneren des Trafos, wenn die Sensorspule also um 90 Grad gedreht gegenüber der Lage wie im Bild 1 zu sehen eingebaut ist, die Spulenachse der weißen Spule also rechtheklig zu den Spulenachsen der Primär- zur Sek. Spule liegt. Siehe Photo im Bild 9. Messung ohne Laststrom, jedoch bei Übersteuerung der Primärspule durch zu große Spannungszeitflächen. Die blaue Kurve zeigt den Primärstrom.



messung-energiefluss-imtrafo-11.bmp, wie 07 jedoch ohne Last, aber mit Übersteuerung primärseitig

Es ist bei dieser Ausrichtung der Sensorspule keine Streu-Feldstärke quer zu der Prim. Spulenachse messbar. Auch nicht bei dem durch Übersteuerung erhöhten Leerlaufstrom. Ein Laststrom fließt dabei nicht und kann folglich den Primärstrom nicht kompensieren.

Anders jedoch beim nächsten Bild 15.

Wiederholung des Bild 1, zum besseren Verständnis:

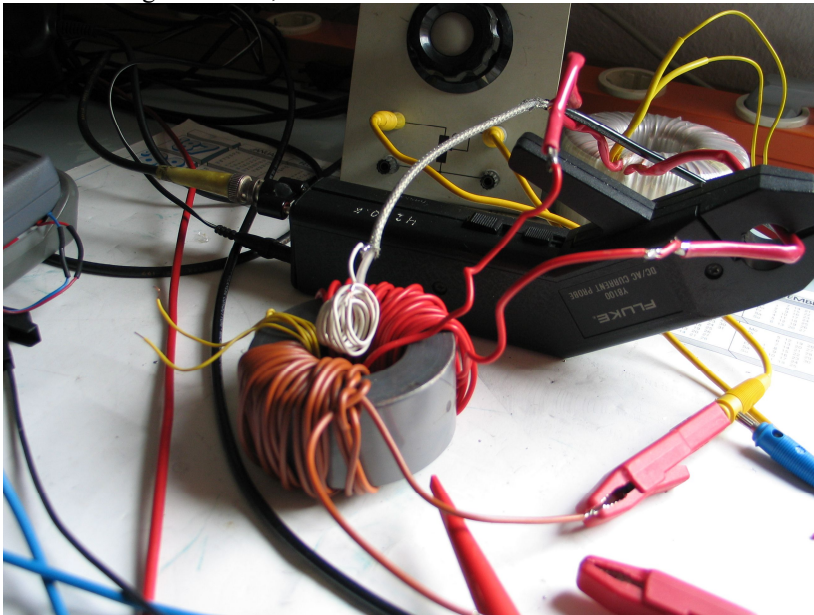
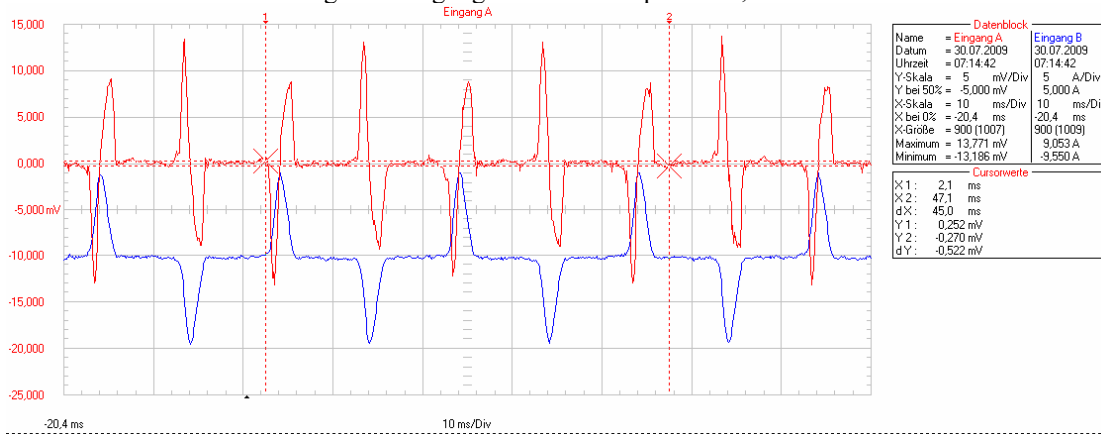


Bild 15 zeigt die Feldstärke zwischen den Spulen im Inneren des Trafo-Ringes, wenn die Sensorspule wie bei der Messung im Bild 3 und wie im Bild 1 oben angeordnet zu sehen ist, die Spulenachse der Sensorspule also auf die freien Kernabschnitte zwischen den Sektorspulen zeigt. Siehe Photo in Bild 1 und 4.

Bild 15 zeigt die Messung ohne Laststrom, jedoch bei Übersteuerung der Primärspule durch absichtlich eingespeiste, zu große Spannungszeitflächen.

Hier liegt der Primär-Strom, blaues Signal noch gegenphasig zur Messspannung, nach dem 180 Grad Drehen der Messspule ist er richtigerweise in Phase zu ihr.

Bei Sättigung des Kernes müssen die Feldlinien aus der Spule verstärkt austreten, was sich hier als starkes Streufeld zeigt. Es findet hier aber keine Energieübertragung zur Sekundärspule statt, weil diese unbelastet ist.



messung-energiefluss-im trafo-12.bmp, wie 1 und 2 jedoch ohne Last aber mit primärseit.Übersteuerung, weiße Feldspule innen, parall. zu Primspule ausgerichtet. = Streufeld von Primspule, was nur innen im Kern messbar ist.

Anordnung wie bei Bild 2 und 3.

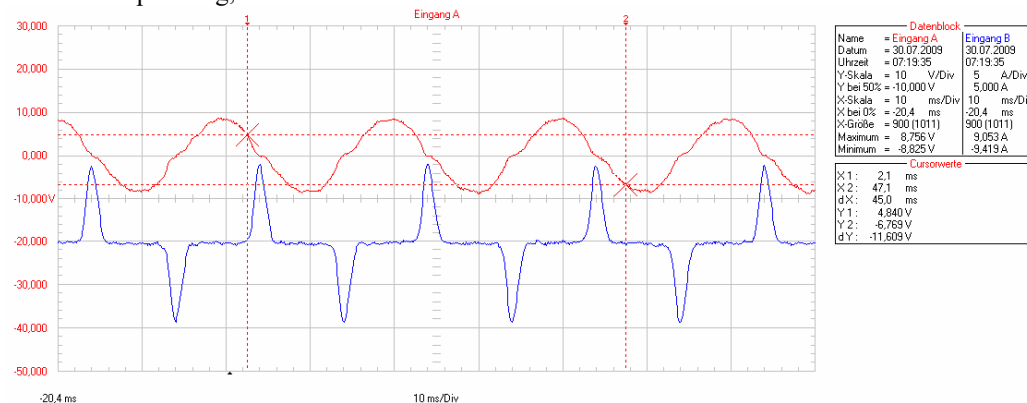
A rotes Signal = Feld- mess-spulensignal, B= Blaues Signal = Primärstrom. Die Strom- Änderung in der Primärspule erzeugt eine Magnetfeld- Änderung in derselben die wegen der Sättigung nicht mehr durch den Kern geht und diese erzeugt damit in der weißen Sensorspule eine Spannungs- Änderung.

In dieser Sensor-Spulenausrichtung, parallel zu der Primärspule, ist die höchste Streufeldstärke messbar. Weil bei Kernsättigung kein Energietransport über oder längs dem Eisenkern mehr stattfindet, es herrscht ja auch Leerlaufbetrieb, muss die gemessene Feldstärke vom Streufeld herkommen. Die Sekundärspule ist hier unbelastet und hat deshalb keinen Einfluss.

Die doppelten Spannungsspitzen am roten Signal in Bild 15, kommen daher, dass beim Eintritt der zum Beispiel negativen Kern-Sättigung, bei der neg. Stromspitze, ein positives Signal vom Streufeld Aufbau induziert wird, und beim Verlassen der neg. Sättigung ein negatives Signal vom Streufeld Abbau induziert wird. Bei der positiven Sättigung ist es umgekehrt.

Bild 16 zeigt den Einfluss der Sättigung auf die nicht ganz steife, über einen 300VA Anpasstrafo eingeprägte Primärspannung bei übersteuertem aber unbelastetem Trafo. Siehe Photo in Bild 4.

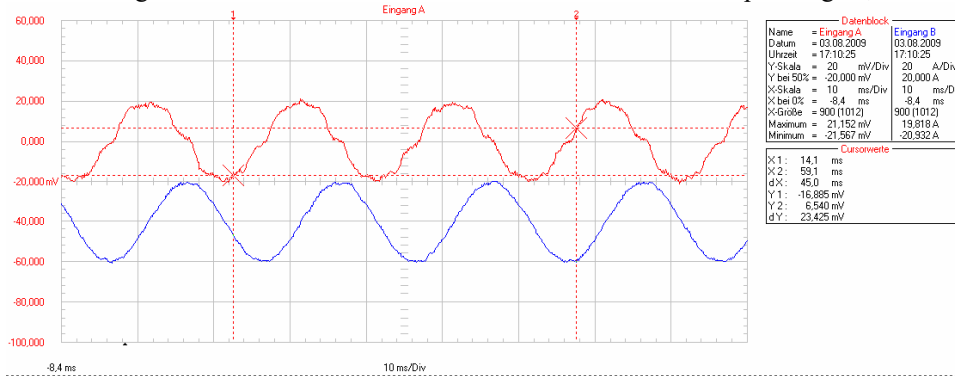
A = Primärspannung, B= Primärstrom.



messung-energiefluss-im trafo.13.bmp, A= Sek. Spannung im Leerlauf, B= P primärstrom bei Übersteuerung primär. Sättigung des Kern am Ende der Span n. Halbwellen.

Die Messung zeigt die Sättigung des Kernes mit Einbruch der Primärspannung.

Bild 16a zeigt die Situation nach dem Einschalten der Last. A= Feldspulensignal, B= Primärstrom.



messung-energiefluss-im trafo-26.bmp, 100VA Rktr. mit 2 sektorwickeln, siehe Photo....., A= Spannung an weißer Feldmessspule, so gedreht, dass diese Max.Signal zeigt was dem Strom 90 Grad vorausleitet, parallel der Prim.spule zwischen den freien Sektoren ausgerichtet. B= Primärstrom

Die Feldmessspule zeigt die Streufeldendifferenz der Primär und Sekundärspule.

Die Feldmessspule ist wie in Bild 0, 1 und 4, parallel der Primärspule ausgerichtet. Eine hohe Stromänderungsgeschwindigkeit, blaues Signal, ruft ein hohes Feldmesssignal hervor, rotes Signal. Der Strom eilt hier der Spannung um 90 Grad nach, weil die FELDMESSSPULE um 180 Grad gedreht ist gegenüber der Messung im Bild 3.

Bild 4 Wiederholung.

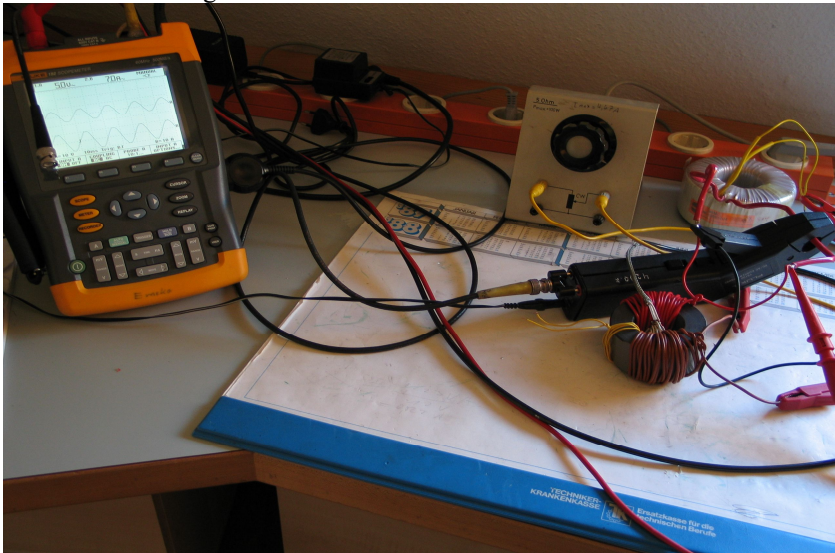
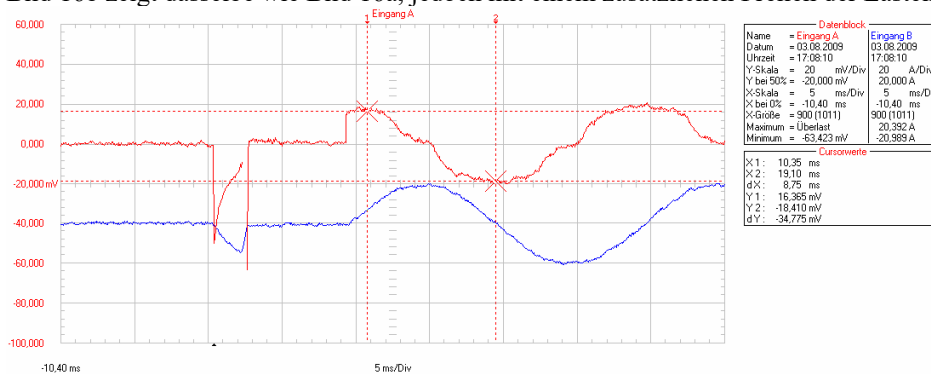


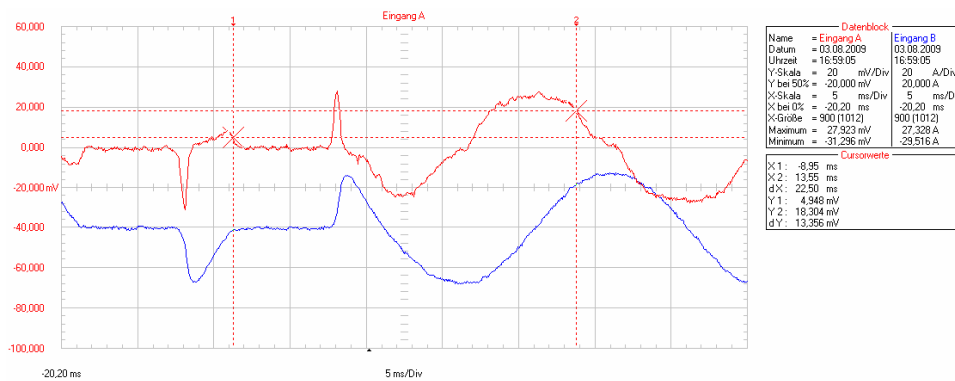
Bild 16b zeigt dasselbe wie Bild 16a, jedoch mit einem zusätzlichen Prellen der Lasteinschaltung.



Messung-energiefluss-im trafo-27.bmp, wie 26, mit prellen der Lasteinschaltung

Blau = B = Primärstrom, Rot = A = Feldspulen-mess-signal.

Bild 16c zeigt zuerst nur den Einfluss der Sättigung und dann ab der Bildmitte das zusätzliche Einschalten der Last.



messung-energiefluss-im trafo-28.bmp, 100va Rktr. mit Feldmessspule im inneren Kreis parallel zu Pri.spule, A=H-Feldsignal, B= Primärstrom, Übergang von primseit. Übersteuerung im Leerlauf zu Überlastung Sekundär. Messspule so gedreht, dass Strom nacheilt.

Strom nacheilt muss heißen: Dass der Strom mit der Messspannung nicht in Phase liegt.

Bei der Situation der Kernübersteuerung ist ein Streufeld zu messen in der Feldmessspule, die eine zum Sättigungsstrom gleichphasige Spannung zeigt.

Bei der Situation der Lasteinschaltung ab der Bildmitte, verschwindet die Übersteuerung, weil die Primäre Spannungsquelle etwas einbricht. Dafür ist eine Feldmessspannung mit nur etwas größerer Amplitude als zuvor messbar, deren Verlauf nun jedoch vom Verlauf des Primärstromes geprägt wird.

Dieses Verhalten lässt in beiden Fällen, 16b und 16c auf eine reine Streufeldmessung schließen.

Im Vergleich mit den Messungen im Bild 3 weiter oben, eilt hier die rote Kurve der blauen Kurve voraus. Das liegt an der gegenüber Bild 3 um 180 Grad gedrehten weißen Messspule. Nach der Messanordnung im Bild 0 muss die Spannung der weißen Feldmessspule dem Primärstrom nacheilen wenn der Trafo belastet ist, wie in Bild 3 zu sehen ist. Siehe auch die Messung in Bild 15, wo die Spannung der Feldmessspule dem Primärstrom nacheilt.

Es erscheint sehr unwahrscheinlich, dass aus dem Ringkern 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 eher vom unvermeidlichen Streufeld der zudem mehrlagigen Spulen her.

Wie die Energieübertragung nach meiner Meinung läuft:

Die Energieübertragung beim Trafo von der Primär- zur Sekundärwicklung lässt sich auf jeden Fall über die Wirkung des Laststromes beschreiben, der den Primärstrom veranlasst die Feldschwächung im Eisenkern die durch den Sekundärstrom entsteht, wieder auszugleichen.

Siehe unten die Stromrichtungen um den Kern herum wie in Bild 17 und Bild 18 beschrieben.

Bei gleichsinnig und gegen den Uhrzeigersinn gewickelten Transformatorspulen fließt der am Wicklungsanfang der **Sekundärspule** oben aus dem Trafo heraus- fließende Sekundärstrom von oben auf die Wicklung gesehen im **Uhrzeigersinn durch die Spule** und um den Kern herum.

Die Sekundärspule erzeugt mit dem Sekundärstrom ein $Teta = I * N$, welches im gegebenen Kern nach unten gerichtet ist, also gegen den Magnetfluss Φ läuft der durch die Spannungszeitfläche und dem Leerlaufstrom an der Primärspule entsteht.

Der **Primärstrom fließt in der Gegenuhrzeigerichtung** durch die Primärspule und um den Kern herum.

Die Primärspule erzeugt durch den ansteigenden, dem Laststrom entsprechenden Primärstrom ein $Teta$ mit dem gleichen Betrag, jedoch in Gegenuhrzeiger- Richtung, also mit nach oben gerichteten Magnetfluss.

Beide durch die Wirkströme erzeugten Magnet-Felder im Eisenkern heben sich somit fast vollständig auf, sodass im Eisenkern letztendlich nur das $Teta$ wirkt welches durch den Leerlaufstrom hervorgerufen wird.

Der Eisenkern leitet damit den Energiefluss weiter, ohne dass er dabei mehr als im Leerlauf beeinflusst wird und ohne dass er sich dabei mehr als er es im Leerlauf schon tut, zu erwärmen.

Bei einem 100VA Ringkerntrafo ist zum Beispiel die Durchflutung, welche jeweils vom Last- und Primärstrom verursacht wird, ca. 25 mal größer als die Durchflutung die durch den Leerlaufstrom erzeugt wird. Die resultierende Durchflutung Φ des Kernes ist beim 100VA Ringkerntrafo unter dem Einfluss des Laststromes nur ca. 3 ppM geringer als die Leerlaufdurchflutung. (An der gelben Messspule als Windungsspannung mit und ohne Last der Sekundärspule gemessen.) Das zeigt die nahezu perfekte Ausregelung und Aufrechterhaltung der Durchflutung Φ unter dem Einfluss des Laststromes. Der maximale Magnetfluss im Kern, Φ , Dimension: Vsec/qcm, geht dabei um 600ppM zurück, was dem Rückgang des B bei der Steilheit der Hysteresekurve entspricht.

Andere Erklärung.

Über die Hysteresekurve des Eisenkernes ist der Magnetfluss Φ mit der Durchflutung T und der Magnetfeldstärke H im Eisenkern eindeutig verknüpft.

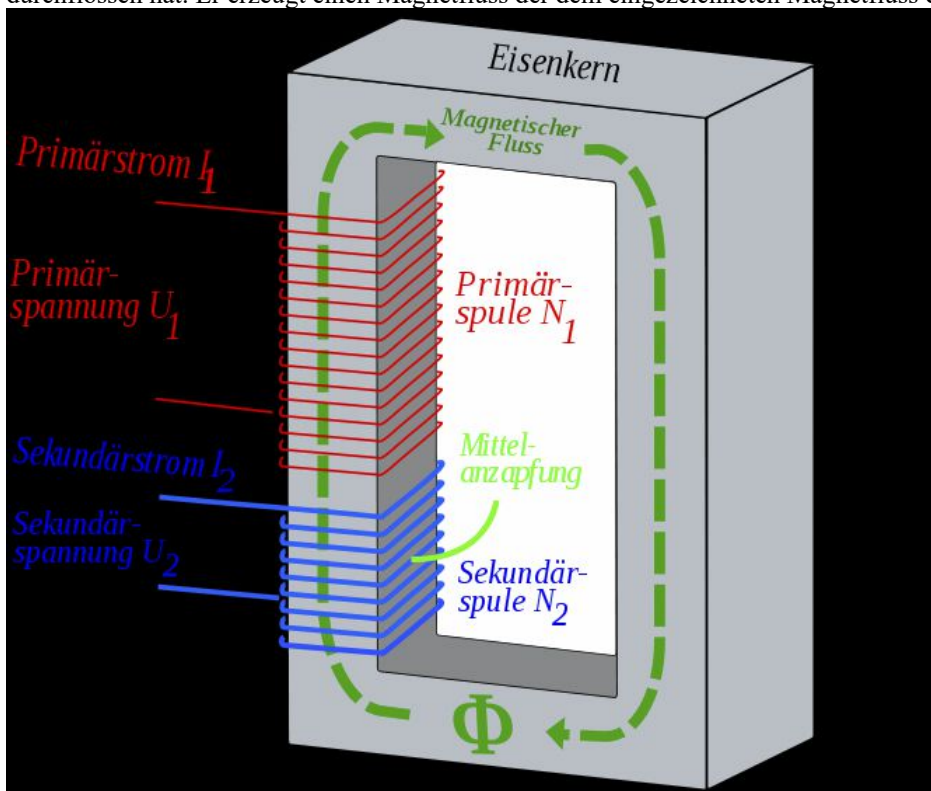
Eine Schwächung von B und H im Kern durch den Laststrom in der Sekundärspule, führt deshalb auch zur Verminderung von Φ , was zusammengenommen gegenüber dem Leerlauf eine Verminderung des resultierenden, bisher hauptsächlich induktiven Widerstandes der Primärspule gleichkommt, weil Ihr scheinbar ein Ohmscher Verbraucher von der Lastseite her parallel geschaltet wird. Der Lastwiderstand wird zum Beispiel bei einem 1:1 Trenntrafo, der Primärseite exakt scheinbar parallel geschaltet. Bei anderen Übersetzungen entsprechend dem Übersetzungsverhältnis. Die Bilder 20 – 22 zeigen, dass der Leerlaufstrom als leicht steigende Linie, der Polarität der Spannungshalbwellen an den Spulen um den Kern folgt. Wegen dem großen Myr und dem kleinen Magnetischen Widerstand R_m im Kern ist nur eine geringe magnetische Spannung $T = I \cdot N$ nötig, um den Magnetfluss Φ im Kern aufzubauen.

Ein Laststrom lässt nun den T -Bedarf $I \cdot N$ der in der gleichen Richtung wie das T für den Leerlauf stehen muss, stark ansteigen. Deshalb steigt ähnlich wie bei den Bildern 20-22 nun im Bild 16b und 16c der Primärstrom entsprechend an.

Bild 17.

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.

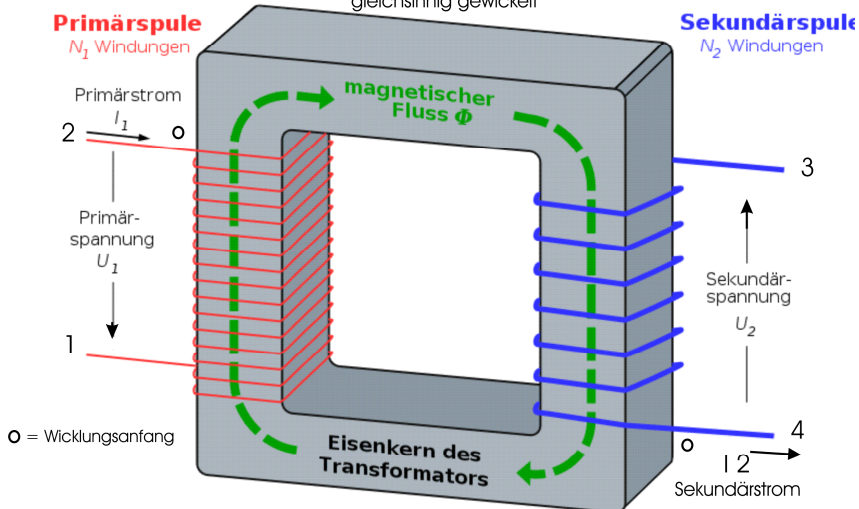
Der Sekundärstrom fließt oben an der Sekundär-Spule aus dem Trafo heraus, nachdem er die Spule im Uhrzeigersinn durchflossen hat. Er erzeugt einen Magnetfluss der dem eingezeichneten Magnetfluss entgegengesetzt ist.



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

Bild 18 zeigt den gleichen Transformator mit anderer Wicklungs-Anordnung, die jedoch zu einem „mehr um die Ecke denken“ zwingt.

Bezogen auf den Wicklungsanfang: U1 ist phasengleich zu U2, I2 ist richtungsverschieden zu I1
 N1 und N2 sind bezogen auf den Magnetfluss gleichsinnig gewickelt



Die Zeichnung wird leichter verständlich wenn N2 entlang dem Magnet-Fluss über N1 geschoben wird, so dass Kl.3 neben Kl.1 und Kl.4 neben Kl.2 liegt.

Bei Bild 17 sind die Verhältnisse leichter zu überschauen.

Bild 19
 Zusammenhang von Spannung, Magnetisierung und Leerlaufstrom bei einem Ringkerntrafo

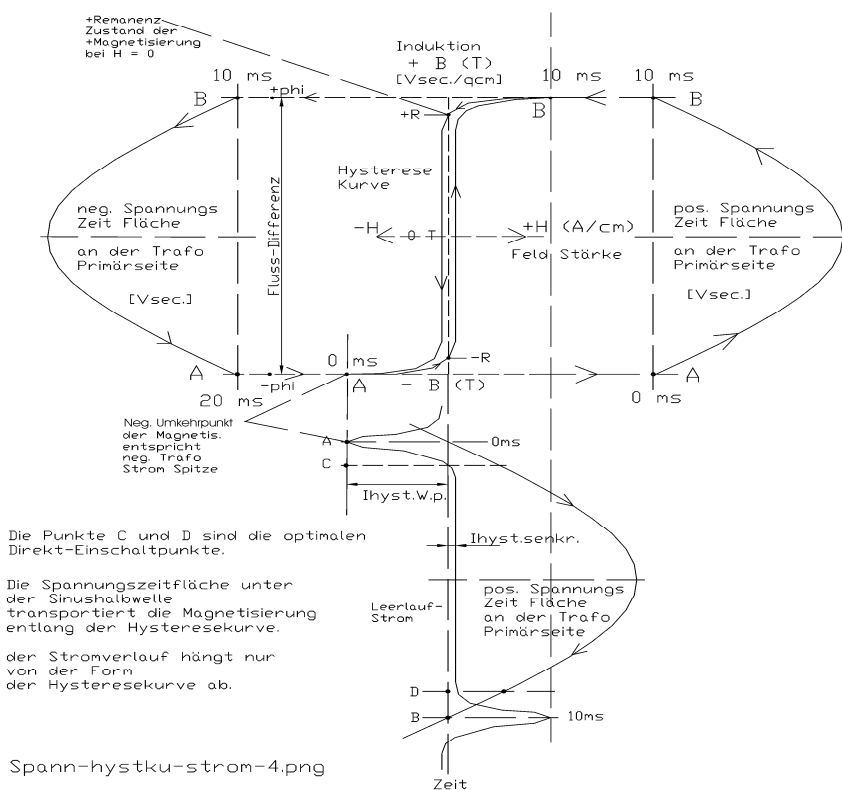
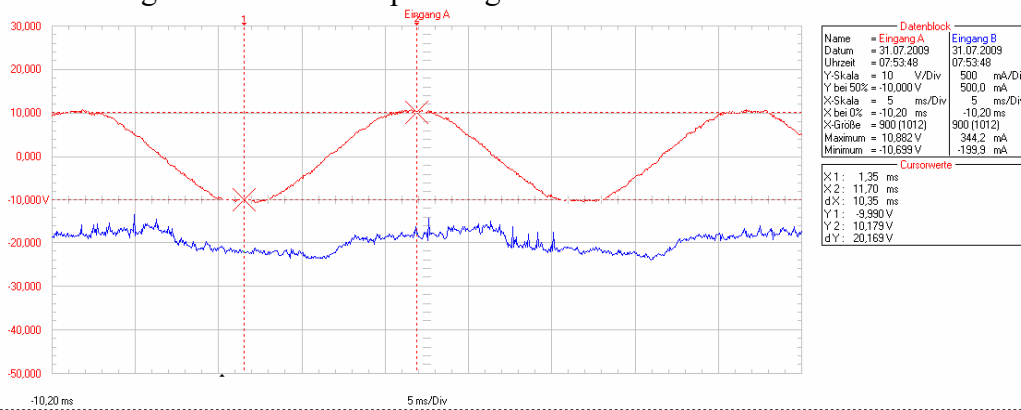
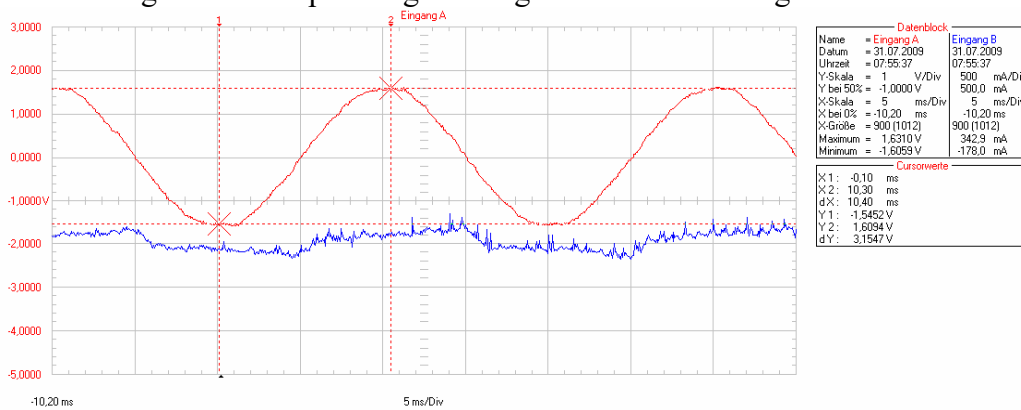


Bild 20 zeigt oben die Primärspannung und unten den Primärstrom im Leerlauf.



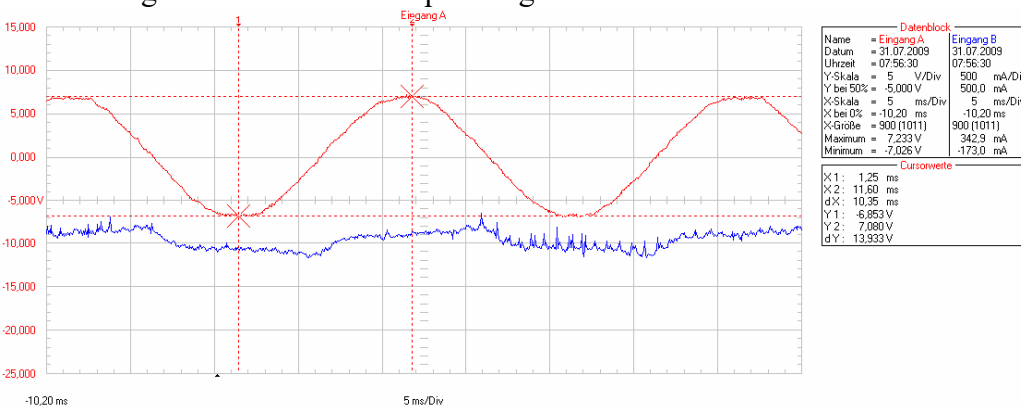
messung-energiefluss-im trafo-14.bmp, 100VA Kern mit 3 Sektorwickeln, Leerlauf, $A=U_{prim}=7,43V$, $B=I_{prim}=103mA$

Bild 21 zeigt oben die Spannung an der gelben Hilfswicklung und unten den Primärstrom im Leerlauf.



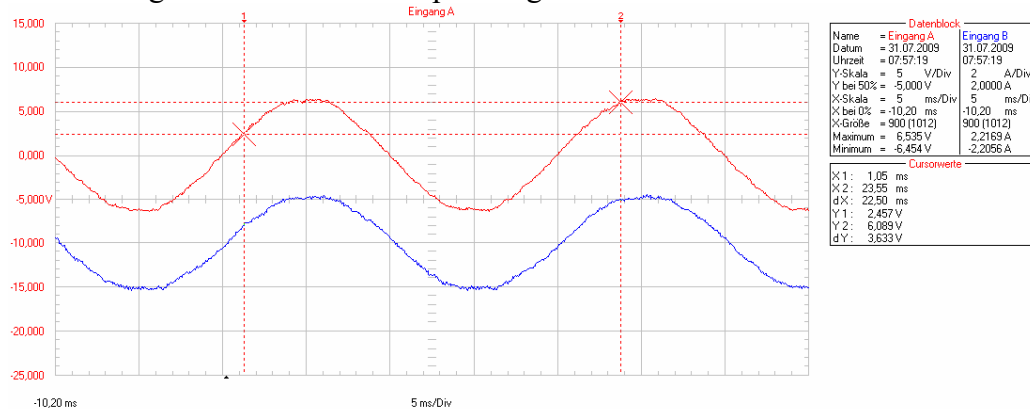
messung-energiefluss-im trafo-15.bmp, wie 14, jedoch $A=U_{mess}=1,12V_{eff}$

Bild 22 zeigt oben die Sekundärspannung und unten den Primärstrom im Leerlauf.



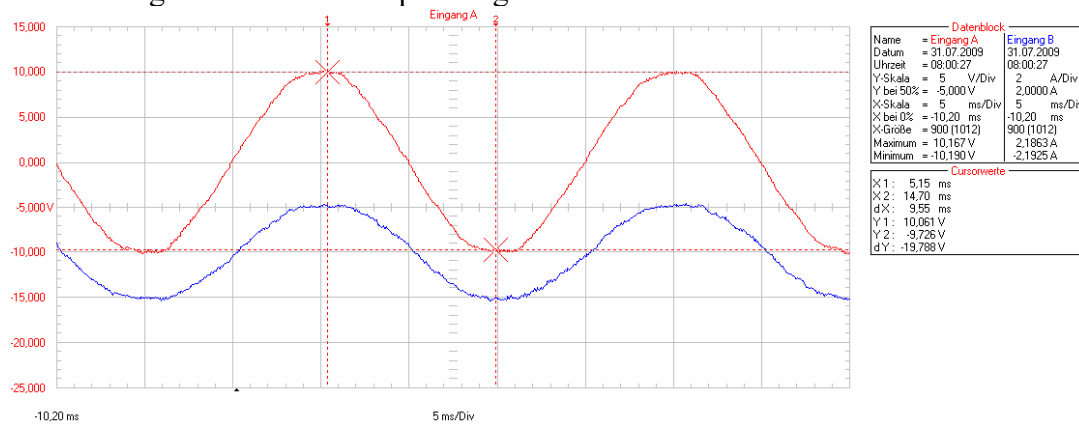
messung-energiefluss-im trafo-16.bmp, wie 14, jedoch $A=U_{sek.}=4,93V_{eff}$.

Bild 23 zeigt oben die Sekundärspannung und unten den Primärstrom bei Last.



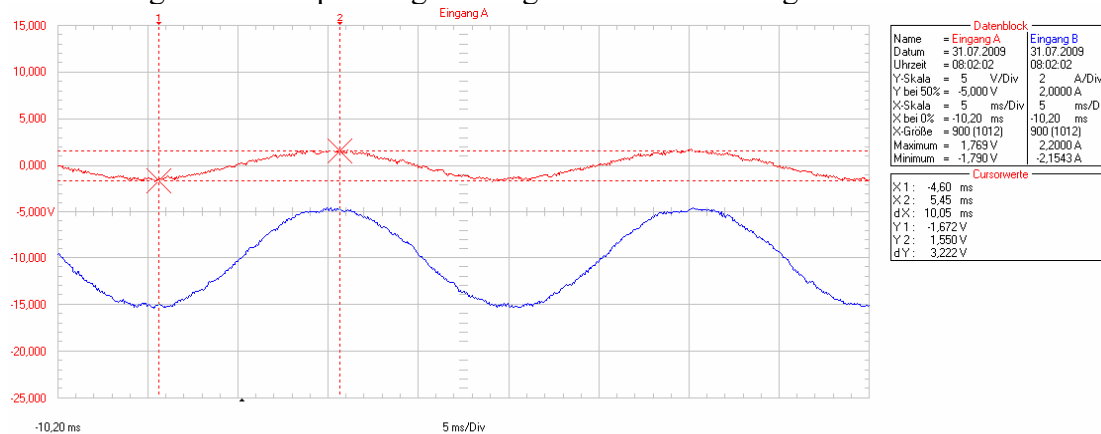
messung-energiefluss-im trafo-17.bmp, wie 14 jedoch Last und
 $A = U_{\text{sec}} = 4,50 \text{ V}_{\text{eff}}$, $B = 1,52 \text{ A}_{\text{eff}}$.

Bild 24 zeigt oben die Primärspannung und unten den Primärstrom bei Last.



messung-energiefluss-im trafo-18.bmp, wie 17, mit Last, jedoch
 $A = U_{\text{pr}} = 7,16 \text{ V}_{\text{eff}}$.

Bild 25 zeigt oben die Spannung an der gelben Hilfswicklung und unten den Primärstrom bei Last.



messung-energiefluss-im trafo-19.bmp, wie 17 mit Last, jedoch
 $A = U_{\text{mess}} = 1,09 \text{ V}_{\text{eff}}$, $B = I_{\text{prim ist}} = 1,52 \text{ A}_{\text{eff}}$, $R_i \text{ v. Primwickel} = 0,4 \text{ ohm} = R_i \text{ sek. wickel}$

Die Bilder 20 – 25 zeigen, dass die Primär-Spannungen und Ströme ohne Phasenverschiebung zu einander stehen und den Bildern 17 und 18 damit entsprechen.

Fazit: Natürlich können Befürworter der Pointing Theorie behaupten, dass die Steufeldmessungen in Wirklichkeit die Pointingfelder nachweisen. Damit diese Behauptung widerlegt werden kann, müsste an einem großen, z.B. 3 kVA Ringkern mit schmalen und niederen, also einlagigen Sektorwickeln, mit einer kleinen Feldmessspule nachgemessen werden, wie sich die gemessenen Felder verhalten wenn in

der Mitte des Ringkernes dann die vermeintlichen Pointing Felder und direkt an der Kernoberfläche die Streufelder gemessen werden. Eine Messserie mit besserer Ortsauflösung könnte weitere Klarheit bringen.

Gemessen, verfasst und korrigiert von EMEKO Ing. Büro, M.Konstanzer, am 27.- 30.07, 29.12.2009 und 04.01.2010, 17.6.2020.