

Inhalt	Seite
1 Ermittlung der Frequenzabhängigkeit der Ummagnetisierungsverluste von Transformatorblechen	3
1.1 Erläuterung des Versuchs	3
1.2 Ermitteln der Koeffizienten	4
1.3 Darstellung der Funktionen P_v , P_h und P_w	5
1.4 Berechnung von P_v durch Ausplanimentieren der 700 Hz Hystereseschleife	6
2 Ermittlung der Abhängigkeit der Ummagnetisierungsverluste P_v Vom Scheitelwer der Induktion B bei Transformatorblechen	7
2.1 Erläuterung des Versuchs	7
2.2 Messergebnisse	7
2.3 Doppeltlogarithmisches zur Abhängigkeit $P_v = f(B)$	8
2.4 Bestimmung von x aus der Funktion $P_v = a \cdot B^x$	8
2.5 Ermittlung der Kurve $\mu_r = f(H)$	9
2.5.1 Kurve $\mu_r = f(H)$	9
3 Untersuchung des Verhaltens eines Ferritkerns bei kleinen Aussteuerungen	10
3.1 Erläuterung des Versuchs	10
3.2 Tabelle mit Messergebnissen	10
3.3 Berechnung der Anfangspermeabilität	10
4 Anhang	11
4.1 Referenzmessung	11
4.2 Endmessung mit der ermittelten Flussdichte	11

1 Ermittlung der Frequenzabhängigkeit der Ummagnetisierungsverluste von Transformatorblechen

1.1 Erläuterung des Versuchs

Bei diesem Versuch wurden die Ummagnetisierungsverluste in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen.

Dabei wurde eine bestimmte magnetische Flussdichte von 0,1 Tesla gewählt und die Frequenz von 17 bis 700 Hz erhöht. Wichtig hierbei ist die korrekte Einstellung der Messdaten, um Messfehler zu vermeiden.

Tabelle mit Messergebnissen

Messung	Frequenz in Hz	Flussdichte in T	Feldstärke in A/m	Verlustleistung in W/kg
1	17	0,1041	19,55	$5,550 \times 10^{-3}$
2	25	0,1040	19,22	$8,478 \times 10^{-3}$
3	50	0,1036	19,33	$1,921 \times 10^{-2}$
4	60	0,0987	19,51	$2,252 \times 10^{-2}$
5	100	0,1005	21,09	$4,679 \times 10^{-2}$
6	250	0,0993	26,05	$1,809 \times 10^{-1}$
7	500	0,0999	34,61	$5,506 \times 10^{-1}$
8	700	0,0993	40,94	$9,541 \times 10^{-1}$

An den Messwerten kann man deutlich erkennen, dass sowohl die Feldstärke als auch die Verlustleistung mit steigenden Frequenzen zunehmen.

1.2 Ermitteln der Koeffizienten

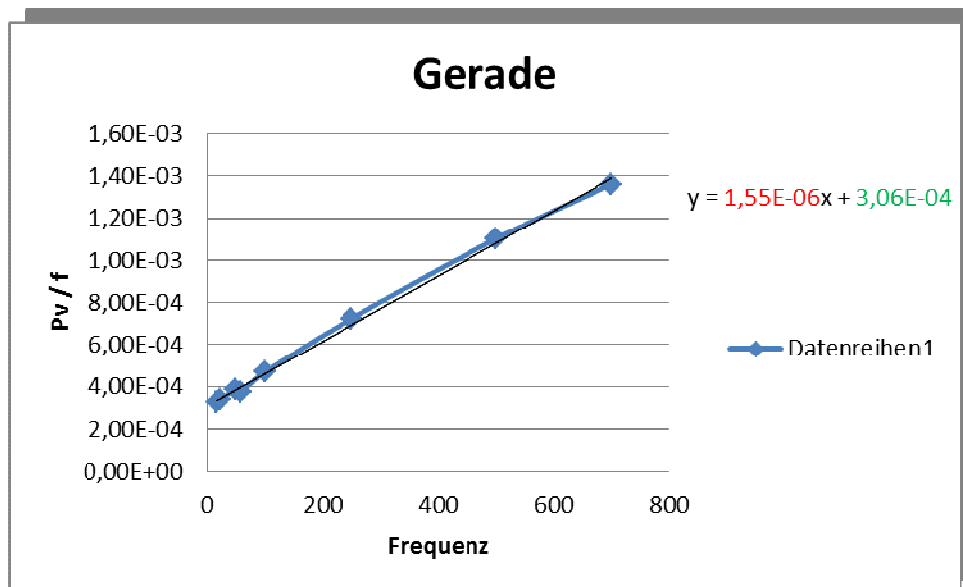
Magnetisierungsverluste setzen sich aus den Hystereseverlusten und den Wirbelverlusten zusammen.

$$P_v = P_h + P_w = c_h \cdot f + c_w \cdot f^2$$

Teilt man diesen Ausdruck durch die Frequenz f , so erhält man eine Geradengleichung.

$$P_v / f = c_h + c_w \cdot f$$

Um die beiden Werte c_h und c_w bestimmen zu können, tragen wir die Werte P_v / f aus der obigen Tabelle über der Frequenz in einem Diagramm auf.



Aus der Gleichung der erzeugten Trendlinie kann man die beiden Werte ablesen.

$$c_w = 1,55 \cdot 10^{-6}$$

$$c_h = 3,06 \cdot 10^{-4}$$

Somit erhält man die Hystereseverluste und die Wirbelstromverluste. Zum Vergleich werden die gemessenen Werte mit 700 Hz genommen.

$$P_h = c_h \cdot f = 3,06 \cdot 10^{-4} \cdot 700 \text{ Hz} = 214,2 \cdot 10^{-3} \text{ W/kg}$$

$$P_w = c_w \cdot f^2 = 1,55 \cdot 10^{-6} \cdot (700 \text{ Hz})^2 = 759,5 \cdot 10^{-3} \text{ W/kg}$$

$$P_{V\text{rechnerisch}} = P_h + P_w = 214,2 \cdot 10^{-3} \text{ W/kg} + 759,5 \cdot 10^{-3} \text{ W/kg} = 973,7 \cdot 10^{-3} \text{ W/kg}$$

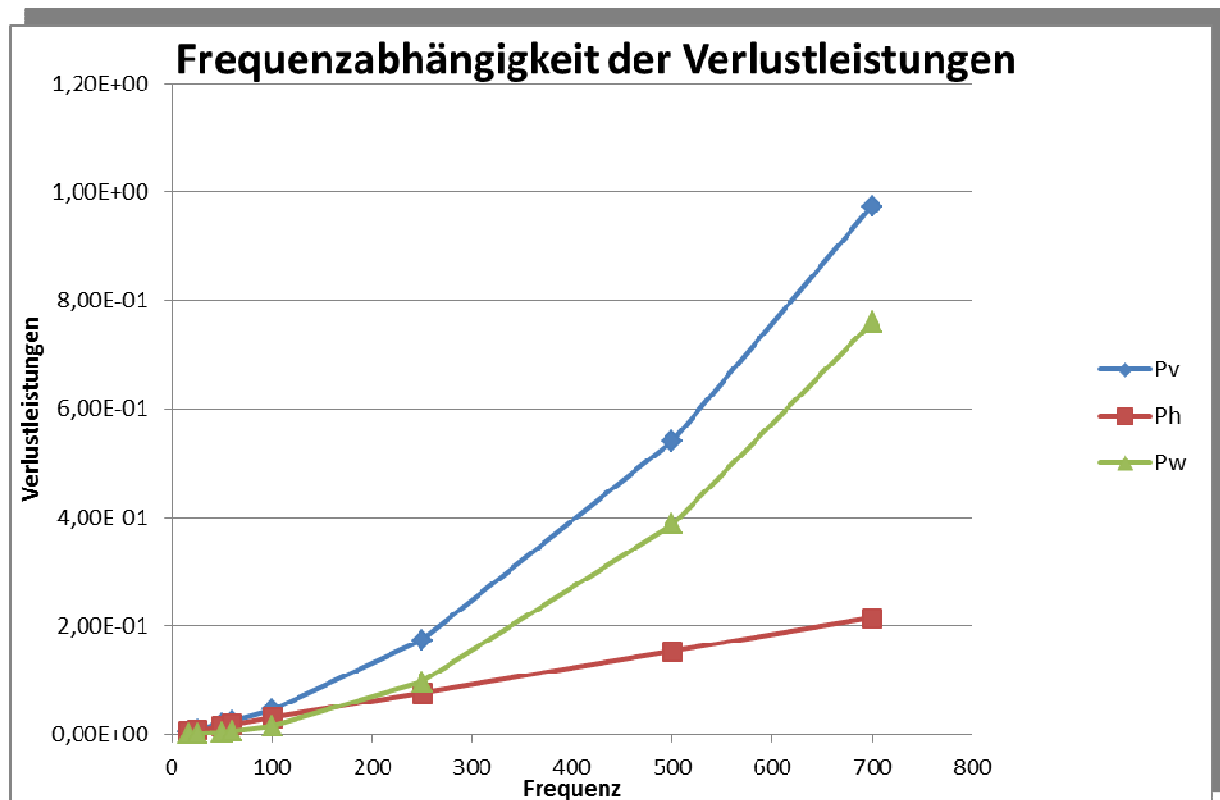
$$P_{V\text{gemessen}} = 954,1 \cdot 10^{-3} \text{ W/kg}$$

1.3 Darstellung der Funktionen P_v , P_h und P_w

$$P_v = c_h \cdot f + c_w \cdot f^2$$

$$P_h = c_h \cdot f$$

$$P_w = c_w \cdot f^2$$



1.4 Berechnung von P_v durch Ausplanimentrieren der 700 Hz Hystereseschleife

Flächenberechnung einer Ellipse:

$$A = \pi \cdot a \cdot b \quad a = 3,1cm \quad b = 6,05cm$$

$$A = \pi \cdot 3,1cm \cdot 6,05cm$$

$$A = 58,92cm^2 \quad [T = V_s/m] = 4,7cm$$

B_{max} und H_{max} gemessen:

$$B_{max} = 9,927 \cdot 10^{-2} T \quad H_{max} = 40,94 A/m$$

Verhältnis von A:

$$A = 58,92cm^2 = 7,68cm \cdot 7,68cm$$

$$\bullet x_b = 9,927 \cdot 10^{-2} T \cdot 7,68cm / 4,7cm = 0,162T$$

$$\bullet x_h = 40,94 A/m \cdot 7,68cm / 4,7cm = 66,89 A/m$$

$$\bullet A_{B,H} = 0,162T \cdot 66,89 A/m = 10,836 Ws/m^3$$

$$\bullet P = f \cdot A_{B,H} \cdot 1/\delta$$

$$\bullet P = 700Hz \cdot 10,836 Ws/m^3 \cdot 1/7650 kg/m^3$$

$$\bullet P = 0,99 W/kg$$

gemessen wurde der Wert $P = 0,954 W/kg$.

2 Ermittlung der Abhängigkeit der Ummagnetisierungsverluste P_V vom Scheitelwert der Induktion B bei Transformblechen

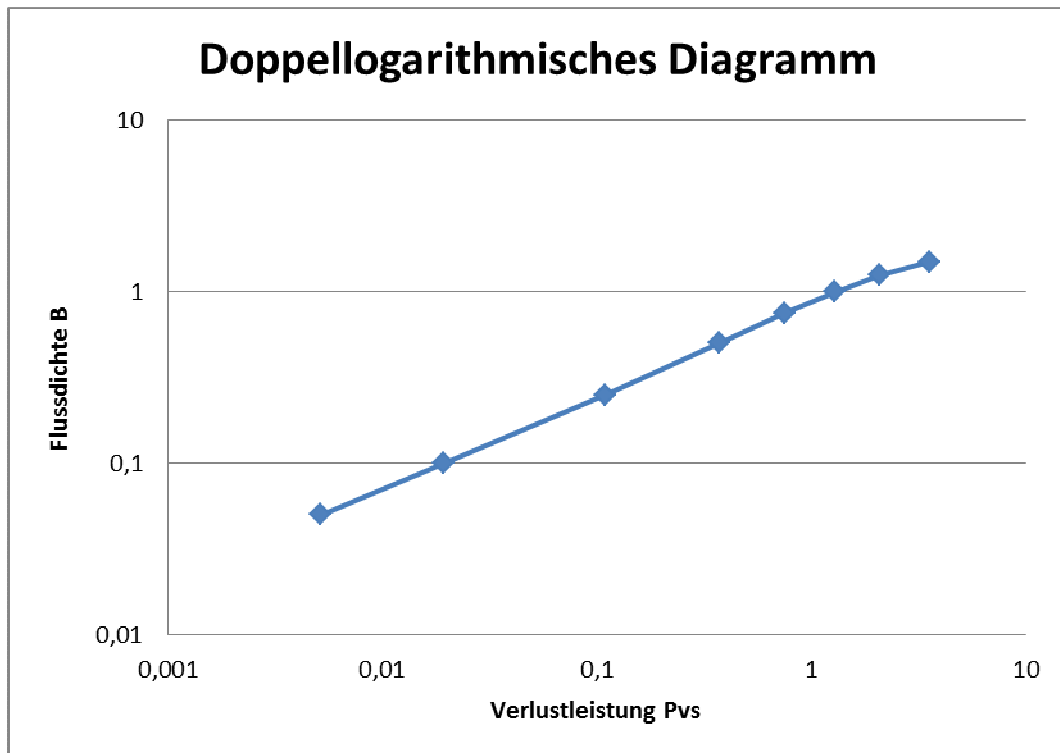
2.1 Erläuterung des Versuchs

Bei diesem Versuch wurde die Frequenz konstant bei 50 Hz gelassen. Die Flussdichte wurde von $0,05\text{ T}$ bis $1,5\text{ T}$ erhöht. Dabei wurde das Verhalten der Ummagnetisierungsverluste in Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte untersucht.

2.2 Messergebnisse

Messung	Frequenz in Hz	Flussdichte in T	Feldstärke in A/m	Verlustleistung in W/kg
1	50	0,0540	14,03	$5,156 \cdot 10^{-3}$
2	50	0,1022	20,08	$1,921 \cdot 10^{-2}$
3	50	0,2519	30,69	$1,101 \cdot 10^{-1}$
4	50	0,4966	42,8	$3,715 \cdot 10^{-1}$
5	50	0,7427	64,76	$7,574 \cdot 10^{-1}$
6	50	0,9947	130,2	$1,293 \cdot 10^0$
7	50	1,2414	376,6	$2,086 \cdot 10^0$
8	50	1,4849	1868	$3,581 \cdot 10^0$

2.3 Doppellogarithmisches Diagramm zur Abhängigkeit $P_v = f(B)$



2.4 Bestimmung von x aus der Funktion $P_v = a \cdot B^x$

$$\log(P_v) = \log(a) + x \cdot \log(B)$$

$$\bullet \log(P_{v1}) = \log(a) + x \cdot \log(B_1)$$

$$\bullet \log(P_{v2}) = \log(a) + x \cdot \log(B_2)$$

Aus den zwei Gleichungen kann schließlich x bestimmt werden.

$$x = \log(P_{v2}/P_{v1}) / \log(B_2/B_1)$$

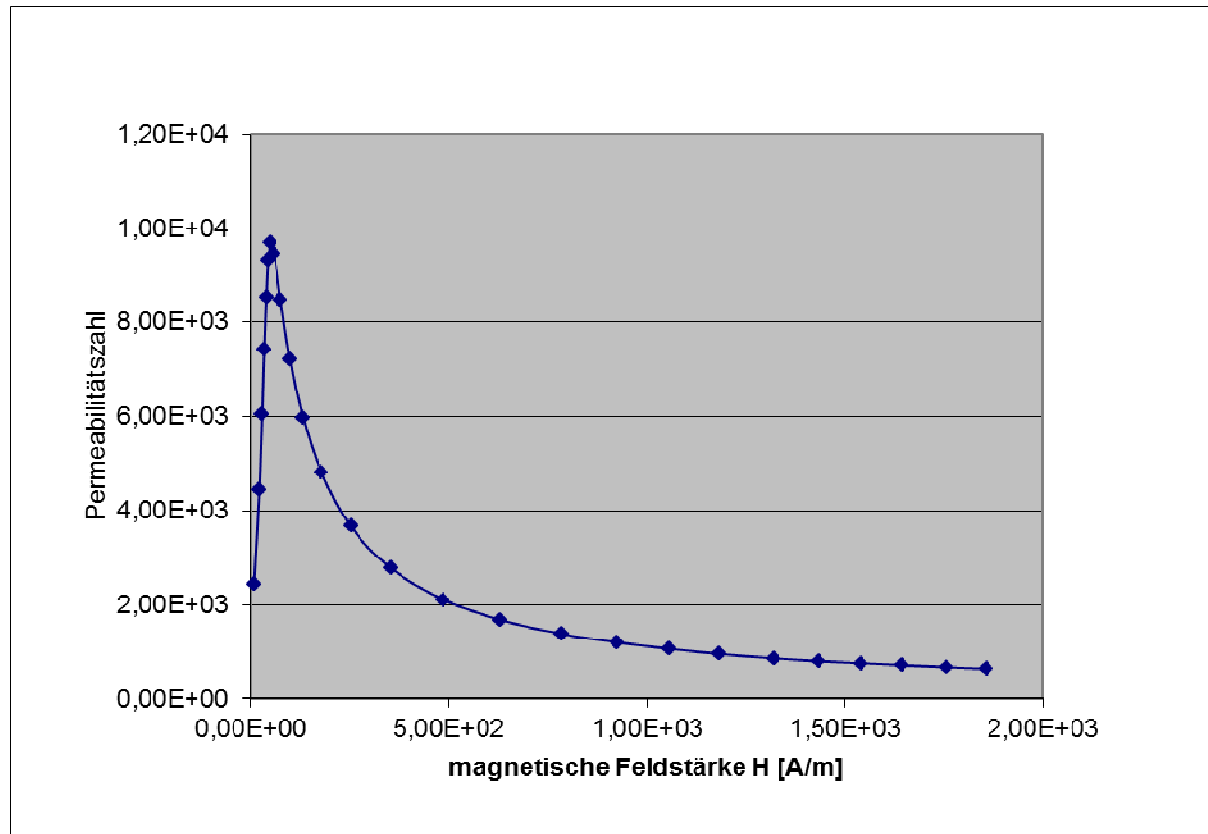
Bei unserem Versuch erhalten wir für x den Wert:

$$x = 1,9$$

2.5 Ermittlung der Kurve $\mu_r = f(H)$

$$\bullet \mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}/\text{Am} \quad \bullet B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \quad \bullet \mu_r = B / \mu_0 \cdot H$$

2.5.1 Kurve $\mu_r = f(H)$



3 Untersuchung des Verhaltens eines Ferritkerns bei kleinen Aussteuerungen

3.1 Erläuterung des Versuchs

Bei diesem Versuch wurde die Frequenz auf 1500 gesetzt. Anschließend wurde eine Referenzmessung durchgeführt um die passende Flussdichte zu ermitteln, bei der die Kommutierungskurve möglichst linear verläuft.

Nach einer erneuten Messung mit der eingestellten Referenzflussdichte wurden die passenden Werte der Feldstärke und der Verlustleistung ermitteln.

3.2 Tabelle mit Messergebnissen

Messun g	Frequenz in Hz	Flussdichte in T	Feldstärke in A/m	Verlustleistung in W/kg
1	1500	$1,466 \cdot 10^{-1}$	49,33	$1,010 \cdot 10^0$
2	1500	$1,14 \cdot 10^{-3}$	0,6662	$4,132 \cdot 10^{-6}$

3.3 Berechnung der Anfangspermeabilität

Nun kann man mit der ermittelten Feldstärke und Verlustleistung die Anfangspermeabilität berechnen.

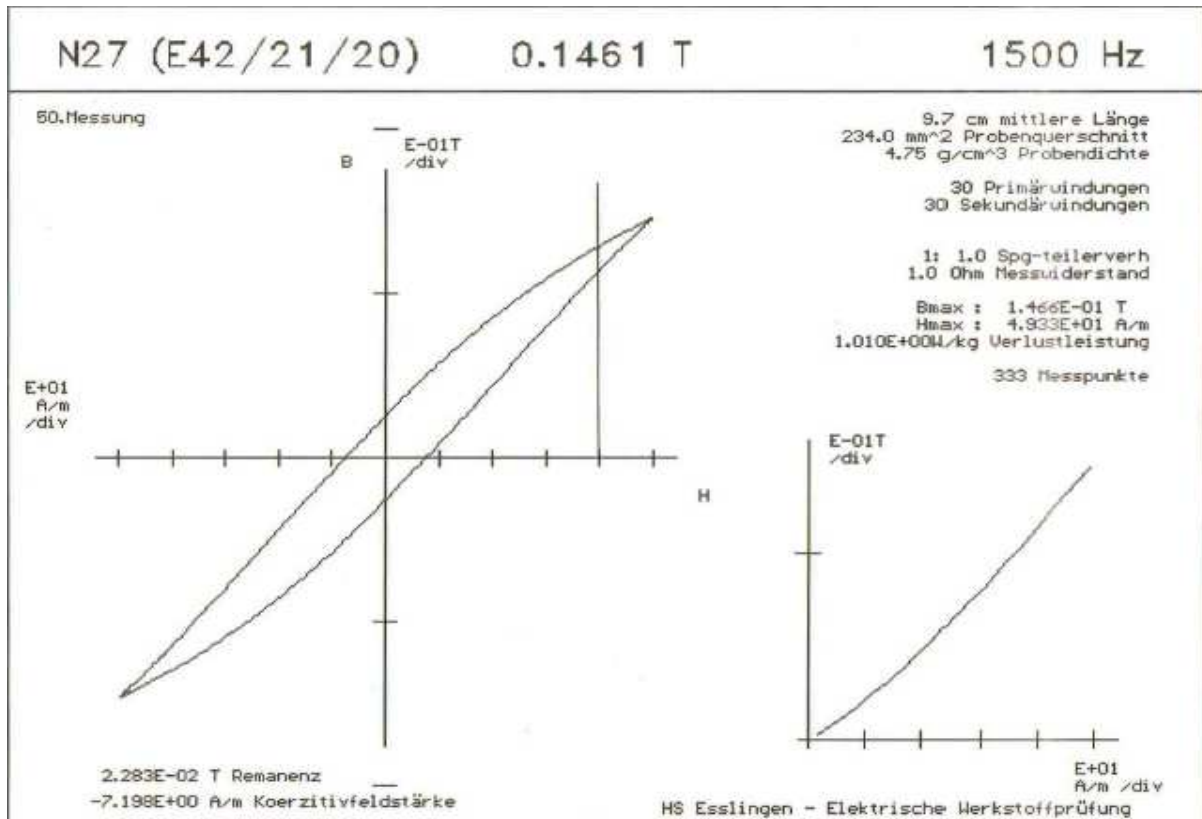
$$\mu_{ra} = B / \mu_0 \cdot H$$

$$\mu_{ra} = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ T} / 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}/\text{Am} \cdot 0,6662 \text{ A}/\text{m}$$

$$\mu_{ra} = 1361,33$$

4 Anhang

4.1 Referenzmessung



4.2 Endmessung mir der ermittelten Flussdichte

