

Nachrichtentechniklabor

Wintersemester 2014

Übung C: RFID

Übungsdatum: 18.11.2014

Gruppe: 05

Protokollführer: Thomas Neff

Laborteilnehmer:

1. Daniel Freßl, 1230028
2. Thomas Neff, 1230319
3. Thomas Pichler, 1230320
4. Martin Winter, 1130688

Laborleiter: Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Erich Leitgeb

Betreuer: Paul Seebacher

Graz, am 17. November 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Rückwirkungsfreie Messung des H-Feldes zweier PCD-Schleifenantennen mit unterschiedlichen Güten	2
1.1	Aufgabenstellung	2
1.2	Messaufbau	2
1.3	Tabellen	3
1.4	Formeln	4
1.5	Berechnungsbeispiele	4
1.6	Diagramme	4
1.7	Geräteliste	5
1.8	Diskussion	6
2	Messung der H-Feldstärke über der Frequenz bei unterschiedlichen Antennengüten	7
2.1	Aufgabenstellung	7
2.2	Messaufbau	7
2.3	Tabellen	8
2.4	Formeln	8
2.5	Berechnungsbeispiele	9
2.6	Diagramme	9
2.7	Diskussion	9
3	Arbeitsbereich eines Lesegerätes	10
3.1	Aufgabenstellung	10
3.2	Tabellen	10
3.3	Formeln	10
3.4	Berechnungsbeispiele	10
3.5	Diagramme	11
3.6	Diskussion	11
4	Seitenbandpegel der Rückmodulation	11
4.1	Aufgabenstellung	11
4.2	Messaufbau	12
4.3	Tabellen	12
4.4	Formeln	12
4.5	Berechnungsbeispiele	13
4.6	Diagramme	13
4.7	Diskussion	13

1 Rückwirkungsfreie Messung des H-Feldes zweier PCD-Schleifenantennen mit unterschiedlichen Güten

1.1 Aufgabenstellung

Bei dieser Aufgabe sollten zwei Antennen mit unterschiedlicher Güte (5, 50) miteinander verglichen werden. Dazu soll die magnetische Feldstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zur Antenne gemessen werden (in 5mm Schritten, von 0 bis 14cm).

Weiters soll die Anstiegszeit des Sendesignals, von 10% auf 90% der Trägersignalamplitude, für beide Antennen bestimmt werden.

1.2 Messaufbau

Für den Messaufbau wurde ein speziell dafür modifizierter RFID-Reader mit regelbarer Ausgangsamplitude verwendet. Dieser wurde an einen Computer und einen Verstärker angeschlossen. Zwischen Verstärker und zu vermessender Antenne wurde ein Dämpfer (6db) eingebaut.

Die Antenne und die zur Messung verwendete Referenzspule wurden in einen verstellbaren Distanzhalter platziert. Zur Messung wurde die Referenzspule an ein Oszilloskop angeschlossen.

1.3 Tabellen

Distanz [cm]	Q=50 $U_i(pp)$ [V]	Q=5 $U_i(pp)$ [V]	Q=50 H(rms) [A/m]	Q=5 H(rms) [A/m]
0	2.9	0.894	3.167	0.976
0.5	2.75	0.863	3.003	0.942
1	2.61	0.813	2.85	0.888
1.5	2.44	0.756	2.664	0.826
2	2.25	0.706	2.457	0.771
2.5	2.06	0.637	2.249	0.696
3	1.89	0.584	2.064	0.638
3.5	1.7	0.531	1.86	0.579
4	1.55	0.481	1.69	0.525
4.5	1.39	0.434	1.52	0.474
5	1.25	0.425	1.37	0.464
5.5	1.13	0.425	1.23	0.464
6	1.01	0.425	1.102	0.464
6.5	0.92	0.425	1.004	0.464
7	0.82	0.425	0.895	0.464
7.5	0.75	0.425	0.819	0.464
8	0.68	0.425	0.743	0.464
8.5	0.62	0.425	0.677	0.464
9	0.55	0.425	0.6	0.464
9.5	0.5	0.425	0.546	0.464
10	0.46	0.425	0.502	0.464
10.5	0.41	0.425	0.448	0.464
11	0.38	0.425	0.415	0.464
11.5	0.35	0.425	0.382	0.464
12	0.32	0.425	0.349	0.464
12.5	0.29	0.425	0.317	0.464
13	0.29	0.425	0.317	0.464
13.5	0.29	0.425	0.317	0.464
14	0.29	0.425	0.317	0.464

Tabelle 1: Gemessene Spannung bei verschiedenen Höhen und Güten

1.4 Formeln

Diese Formel stellt den Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und Feldstärke dar. Die verwendeten Parameter sind $f_r = 13,56\text{MHz}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$, $\mu_r = 1$ und $A = 0,072 \cdot 0,042 \text{ m}^2$.

$$U_{ind} = 2\pi \cdot f_r \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \cdot A \quad (1)$$

Zusammenhang zwischen Spitze-Spitze-Spannung und dem Effektivwert der Spannung.

$$U_{pp} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot U_{ind} \quad (2)$$

1.5 Berechnungsbeispiele

Die Werte für das Berechnungsbeispiel wurden aus der Tabelle 1.3 Zeile 1 entnommen.

$$U_{ind} = \frac{U_{pp}}{\sqrt{2} \cdot 2} = \frac{2,9V}{\sqrt{2} \cdot 2} = 1,025V \quad (3)$$

$$H = \frac{U_{ind}}{2\pi \cdot f_r \cdot \mu_e \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{1,025V}{2\pi \cdot 13,56\text{MHz} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 1 \cdot 0,072\text{m} \cdot 0,042\text{m}} = 3,167 \frac{\text{A}}{\text{m}} \quad (4)$$

$$= 3,167 \frac{\text{A}}{\text{m}} \quad (5)$$

1.6 Diagramme

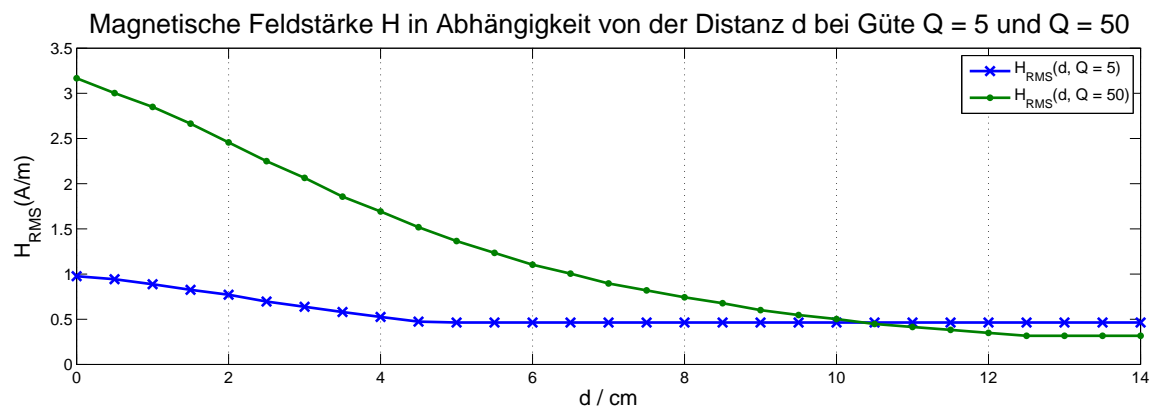


Abbildung 1: Verlauf der Feldstärke über die Entfernung für Q = 5 und Q = 50

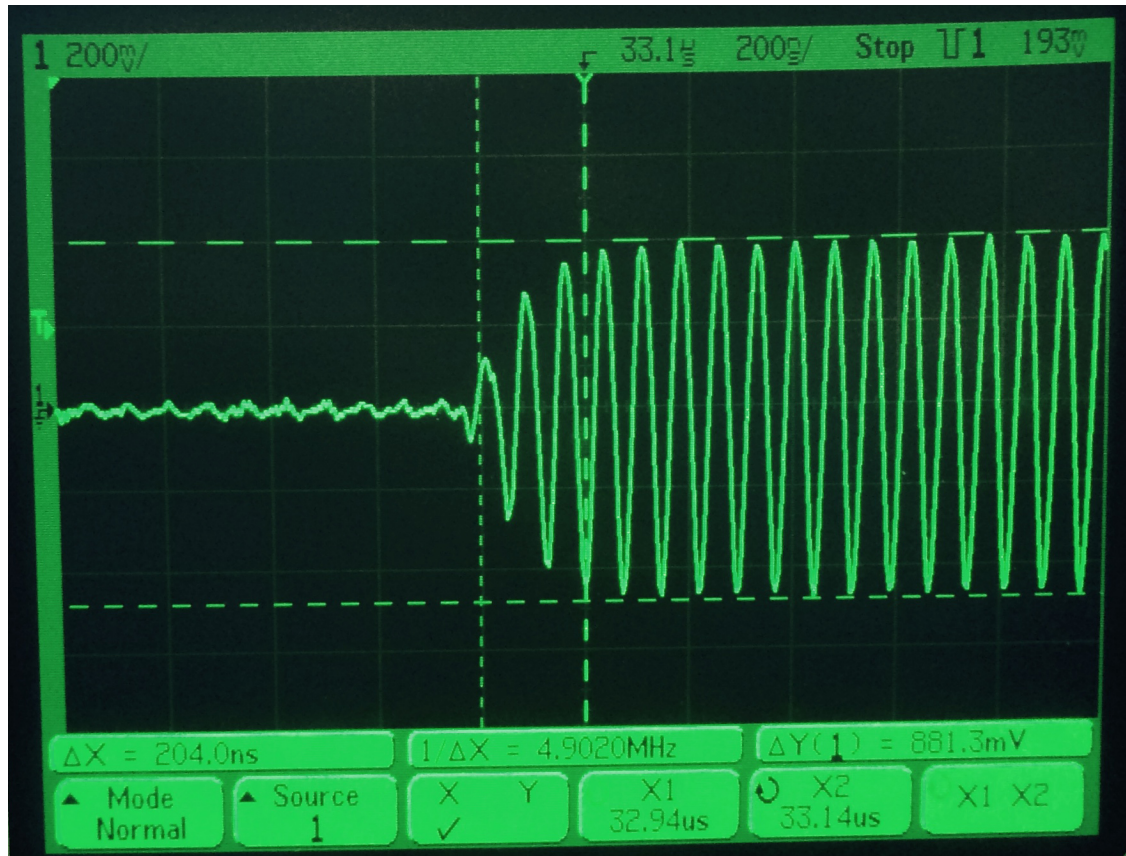


Abbildung 2: Messung der Anstiegszeit der Antenne mit $Q = 5$ am Oszilloskop

1.7 Geräteliste

- Computer
- Reader: Labor-RFID-Reader
- Verstärker: Amplifier Research Model 75A250
- Dämpfer: 6dB
- Antennen: PCD-Schleifenantennen mit $Q=5$ und $Q=50$
- Referenzspule mit Abmessungen 72mm x 42mm
- Oszilloskop: Agilent 54622D
- Distanzhalter: verstellbar

1.8 Diskussion

Bei dieser Übung wurde jeweils eine Antenne (mit der Güte $Q=5$, $Q=50$) in den Aufbau eingesetzt und angeschlossen. Es wurde nur das Trägersignal ohne zusätzliche Information übertragen und mit der Referenzspule gemessen. Die Entfernung der Referenzspule zur Antenne wurde mit 5mm Schritten von 0cm auf 14cm verändert. Mit dem Oszilloskop wurde die Peak-Peak-Spannung gemessen.

Diese Spannung kann mit den oben angeführten Formeln in die magnetische Feldstärke umgerechnet werden. Bei der Umrechnung ist zu beachten, dass die magnetische Feldstärke als Effektivwert angegeben werden soll und die Spannung als Spitze-Spitze-Wert gemessen wird. Die gemessenen und berechneten Werte wurden in einem Diagramm (Abbildung 3) dargestellt.

Die magnetische Feldstärke ist bei der Antenne mit der Güte $Q=50$ bis zu einer Entfernung von 10cm höher.

Zur Messung der Anstiegszeit wurde beim Oszilloskop der Single-Shot-Modus und Triggern an der fallenden Flanke mit nachfolgender Pause von $1,5\mu s$ eingestellt.

Der Reader wurde über die Reader-Software am Computer zum Senden eines Lesebefehls veranlasst, welcher an der Referenzspule und somit am Oszilloskop die zum Triggern benötigte negative Flanke und nachfolgende Pulsbreite (Pause) erzeugt.

Nach dieser Pause steigt die Amplitude des Signals wieder auf die Amplitude des Trägersignals an. Die Zeit für diesen Anstieg von 10% auf 90% der Signalamplitude wurde mittels Marker am Oszilloskop gemessen.

- Antenne $Q = 50$: $1,24\mu s$
- Antenne $Q = 5$: $204ns$

Aus diesen Werten ist ersichtlich, dass die Anstiegszeit für höhere Güten größer wird. Somit kann mit Antenne mit höherer Güte zwar eine größere Reichweite aber eine geringere Datenrate erzielt werden.

2 Messung der H-Feldstärke über der Frequenz bei unterschiedlichen Antennengüten

2.1 Aufgabenstellung

Bei dieser Aufgabe soll der Frequenzgang beider Antennen ($Q = 5$, $Q = 50$) von 12MHz bis 15MHz aufgenommen werden.

2.2 Messaufbau

Als Signalquelle wurde ein Funktionsgenerator verwendet, dieser wurde über den Verstärker und Dämpfer an die jeweilige Antenne angeschlossen. Die Antenne wurde mittig in den ISO-Aufbau eingebracht, auf einer Seite (der Helmholtz-Anordnung) wurde die Referenzspule befestigt. Die induzierte Spannung an der Referenzspule wurde auf einem Oszilloskop dargestellt.

2.3 Tabellen

Frequenz [MHz]	Q=50 $U_i(pp)$ [V]	Q=5 $U_i(pp)$ [V]	Q=50 H(rms) [A/m]	Q=5 H(rms) [A/m]
12	0.363	0.5	0.396	0.546
12.2	0.425	0.575	0.464	0.628
12.4	0.5	0.6	0.546	0.655
12.6	0.784	0.813	0.856	0.888
12.8	1	0.844	1.092	0.922
13	1.3	0.869	1.419	0.949
13.2	1.78	0.887	1.944	0.969
13.25	1.97	0.894	2.151	0.976
13.3	2.14	0.9	2.337	0.983
13.35	2.31	0.906	2.523	0.989
13.4	2.5	0.906	2.73	0.989
13.45	2.64	0.906	2.883	0.989
13.5	2.73	0.913	2.981	0.997
13.55	2.76	0.913	3.014	0.997
13.6	2.7	0.913	2.948	0.997
13.65	2.61	0.919	2.85	1.004
13.7	2.45	0.925	2.675	1.01
13.75	2.31	0.925	2.523	1.01
13.8	2.14	0.925	2.337	1.01
14	1.59	0.925	1.736	1.01
14.2	1.23	0.925	1.343	1.01
14.4	1.02	0.919	1.114	1.004
14.6	0.86	0.906	0.939	0.989
14.8	0.734	0.9	0.802	0.983
15	0.653	0.887	0.713	0.987

Tabelle 2: Gemessene Spannung und berechnete Feldstärke über die Frequenz

2.4 Formeln

Diese Formel stellt den Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und Feldstärke dar. Die verwendeten Parameter sind $f_r = 13,56\text{MHz}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$, $\mu_r = 1$ und $A = 0,072 \cdot 0,042 \text{ m}^2$.

$$U_{ind} = 2\pi \cdot f_r \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \cdot A \quad (6)$$

Zusammenhang zwischen Spitze-Spitze-Spannung und dem Effektivwert der Spannung.

$$U_{pp} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot U_{ind} \quad (7)$$

2.5 Berechnungsbeispiele

Die Werte für das Berechnungsbeispiel wurden aus der Tabelle 2 Zeile 1 entnommen.

$$U_{ind} = \frac{U_{pp}}{\sqrt{2} \cdot 2} = \frac{0.363V}{\sqrt{2} \cdot 2} = 0.1283V \quad (8)$$

$$H = \frac{U_{ind}}{2\pi \cdot f_r \cdot \mu_e \cdot \mu_r \cdot A} = \quad (9)$$

$$\frac{0.1283V}{2\pi \cdot 12MHz \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Vm} \cdot 1 \cdot 0,072m \cdot 0,042m} = 0.448 \frac{A}{m} \quad (10)$$

2.6 Diagramme

2.7 Diskussion

Am Funktionsgenerator wurden 13.56MHz und eine Amplitude von 100mV eingestellt. Der Verstärker wurde so eingestellt, dass am Oszilloskop 2.77V Spitze-Spitze-Spannung abzulesen waren. Dies entspricht einer Feldstärke von $3 \frac{A}{m}$.

Während der Messung wurde der Frequenzgenerator von 12-15MHz in 200kHz Schritten verstellt und dabei die Spitze-Spitze-Spannung am Oszilloskop abgelesen. Um die Resonanzfrequenz wurden mehrere Werte in einem engeren Abstand von 50kHz abgelesen (13.2-13.8MHz). Diese Messung wurde für beide Antennen durchgeführt.

Für die Antenne mit der Güte 50 erkennt man rund um die Resonanzfrequenz einen starken Anstieg der magnetischen Feldstärke und genau auf der Resonanzfrequenz den Maximalwert von $3.025 \frac{A}{m}$. Für die Antenne mit der Güte 5 sieht man einen flacheren Verlauf der Kurve, der Maximalwert liegt bei $0.982 \frac{A}{m}$. Dieser ist allerdings bei 13.56 MHz zu finden, sondern bei 13.95MHz, da die Antenne in dem Aufbau leicht verstimmt war. Außerdem war zu sehen, dass die Antenne mit niedrigerer Güte bei gleichem Aufbau und Verstärkung nur mehr $\frac{1}{3}$ der Feldstärke erzeugt.

H(rms)) [A/m]	$U_i(pp)amScope$ [V]	$U_i(pp)amTransponder$ [V]
0	0	0
0.498	0.456	0.982
0.997	0.913	1.933
1.4677	1.344	3.154
1.9656	1.8	4.21
2.4352	2.23	5.26
2.9375	2.69	6.29
3.4835	3.19	7.46
3.9421	3.61	8.5
4.4663	4.09	9.5
5.0123	4.59	10.52
5.4928	5.03	11.55
5.9733	5.47	12.55
6.4537	5.91	13.53
6.9233	6.34	14.55
7.4038	6.78	15.56
7.8515	7.19	16.5

Tabelle 3: Test

3 Arbeitsbereich eines Lesegerätes

3.1 Aufgabenstellung

- ???.

3.2 Tabellen

3.3 Formeln

3.4 Berechnungsbeispiele

3.5 Diagramme

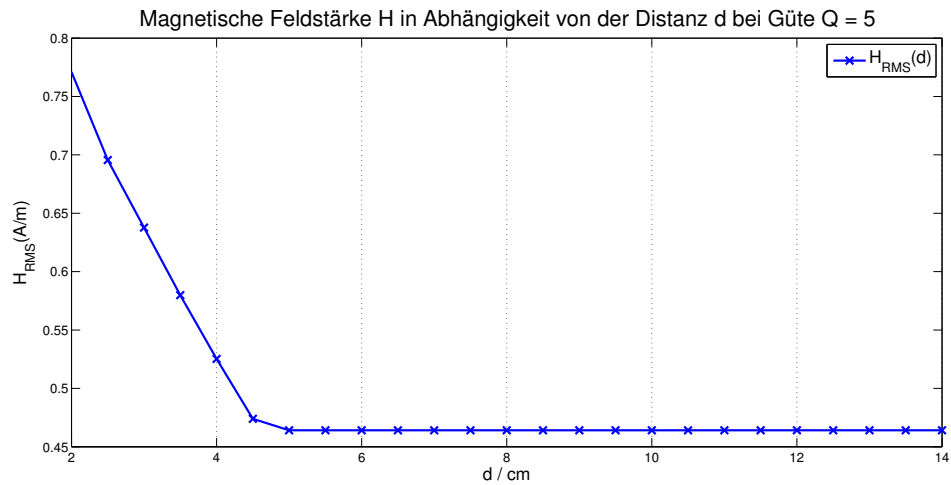


Abbildung 3: Verlauf der Feldstärke über die Entfernung für $Q = 5$ und $Q = 10$

3.6 Diskussion

4 Seitenbandpegel der Rückmodulation

4.1 Aufgabenstellung

Bei dieser Aufgabe, galt es die Amplituden der beiden Seitenbänder der Rückmodulation vom Transponder zu ermitteln. Hierfür soll die Helmholtz-Anordnung verwendet werden. Mit Hilfe des Verstärkers soll die magnetische Feldstärke am Referenz-PICC von 1-6 A/m eingestellt werden. Danach soll eine ISO 14443 Karte in das Feld gebracht und ein Kommando über die PC-Software geschickt werden. Mit Hilfe der Helmholtz-Anordnung wird die Transponder-Antwort mit dem Oszilloskop aufgenommen. Die Amplituden der Seitenbänder werden mit Hilfe eines Oszilloskop-Screenshots und einer FFT-Software berechnet.

U_{pp} [V]	H(rms) [A/m]	$U_i(pp)$ oberes Seitenband [mV]	$U_i(pp)$ unteres Seitenband [mV]
0.913	0.997	320.6	41.95
1.83	1.9984	866.21	727.24
2.75	3.003	158.54	32.35
3.69	4.0295	218.7	312.14
4.59	5.0123	175.37	61.54
5.53	6.0388	323.9	267.93

Tabelle 4: Test

4.2 Messaufbau

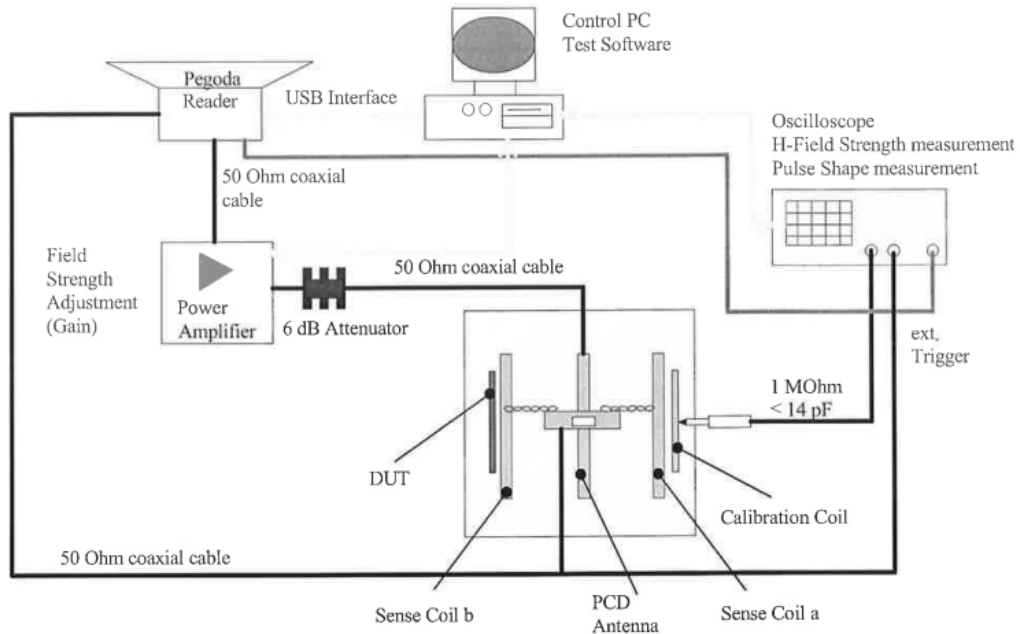


Abbildung 4: Messaufbau zu Aufgabe 4, entnommen aus Skript [1, S.39 Abbildung 42]

4.3 Tabellen

4.4 Formeln

Diese Formel stellt den Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und Feldstärke dar. Die verwendeten Parameter sind $f_r = 13,56\text{MHz}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$, $\mu_r = 1$ und $A = 0,072 \cdot 0,042 \text{ mm}^2$.

$$U_{ind} = 2\pi \cdot f_r \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \cdot A \quad (11)$$

Zusammenhang zwischen Spitze-Spitze-Spannung und dem Effektivwert der Spannung.

$$U_{pp} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot U_{ind} \quad (12)$$

4.5 Berechnungsbeispiele

Die Werte für das Berechnungsbeispiel wurden aus der Tabelle 1.3 Zeile 1 entnommen.

$$U_{ind} = \frac{U_{pp}}{\sqrt{2} \cdot 2} = \frac{0.913V}{\sqrt{2} \cdot 2} = 0.323V \quad (13)$$

$$H = \frac{U_{ind}}{2\pi \cdot f_r \cdot \mu_e \cdot \mu_r \cdot A} = \quad (14)$$

$$\frac{0.323V}{2\pi \cdot 13,56MHz \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{As}{Vm} \cdot 1 \cdot 0,072mm \cdot 0,042mm} = 0.997 \frac{A}{m} \quad (15)$$

4.6 Diagramme

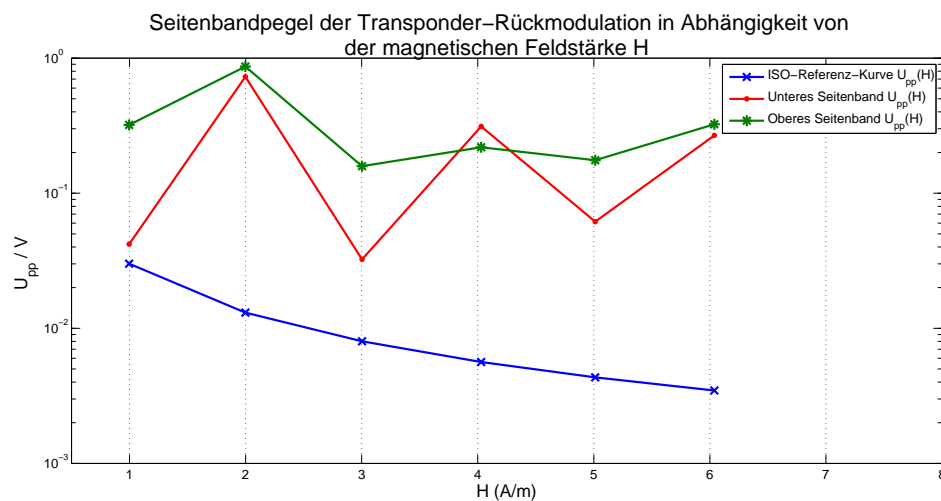


Abbildung 5: Seitenbandpegel bei verschiedenen Feldstärken im Vergleich zur ISO-Norm-Kurve

4.7 Diskussion

Literatur

- [1] Teresa Meier, Dipl.-Ing. Georg Egger, Dipl.-Ing. Dr Michael Gebhart
Übung C: RFID
 Technische Universität Graz