

Rundes Helmholtz-Spulenpaar
Circular Helmholtz Coils



Technische Daten:		Specifications:
Windungszahl (pro Spule):	36	<i>Number of turns (per Coil):</i>
Maximaler Spulenstrom:	20 A, 5 min.	<i>Maximum Coil Current:</i>
Spulenstrom, nominell:	10 A continuous	<i>Nominal Coil Current:</i>
Spulenabstand einstellbar: (alle folgenden Angaben beziehen sich auf 200 mm Spulenabstand)	200 mm, 250 mm, 300 mm	<i>Coil Spacings: (the following data corresponds to a coil spacing of 200 mm)</i>
Max. Magn. Feldstärke:	2500 A/m, 5 min.	<i>Maximum Magnetic Field Strength:</i>
Magn. Nennfeldstärke:	1288 A/m continuous	<i>Nominal Magnetic Field Strength:</i>
Magn. Feldstärke bei 1 A Spulen- strom:	128.8 A/m 162.2 dB μ A/m	<i>Magnetic Fieldstrength, 1 A Coil Current:</i>
Erforderlicher Strom für 1 A/m:	7.76 mA	<i>Current required for 1 A/m:</i>
Wandlungsmaß Strom-Feldstärke:	42.2 dB/m	<i>Conversion Current-Fieldstrength:</i>
Spulen-Durchmesser:	400 mm	<i>Coil diameter:</i>
Abmessungen:	0.38 m x 0.58 m x 0.42 m	<i>Mechanical Dimensions:</i>
Anschlüsse: Laborbuchsen mit kombinierter Schraubklemme	4 mm	<i>Terminals: 4 mm female with uni- versal wire fixture</i>
Nutzbarer Frequenzbereich:	DC - 150 kHz	<i>Usable Frequency Range:</i>
Induktivität (pro Spule):	1.15 mH	<i>Inductance (per Coil):</i>
Induktivität (Spulenpaar):	2.56 mH	<i>Inductance (Pair of Coils):</i>
Wirkwiderstand (pro Spule):	0.35 Ω	<i>Resistance (per Coil):</i>
Resonanzfrequenz (Spulenpaar):	> 200 kHz	<i>Resonant Frequency (Pair of Coils):</i>
Gewicht:	8.5 kg	<i>Weight:</i>

Anwendung:

Das Helmholtz-Spulenpaar eignet sich zur Erzeugung exakt definierter magnetischer Felder von DC bis über das obere Ende des Audiofrequenzbereichs hinaus. Die erzeugte Feldstärke steht in streng linearem Zusammenhang zum Spulenstrom. Aus der Spulengeometrie, dem Strom und der Windungszahl läßt sich die resultierende Feldstärke exakt analytisch (oder auch numerisch) berechnen. Daher ist die HHS 5204-36 ideal für Kalibrierungen von Magnetfeldsonden einsetzbar. Aufgrund der thermisch hochbelastbaren Teflon-Bewicklung lassen sich (kurzzeitig) magnetische Felder bis ca. 3000 A/m erzeugen. Typische Anwendungsfälle sind Immunitätsprüfungen im KFZ-Bereich und nach MIL STD 461. Bei der Felderzeugung mit Helmholtzspulen ist die magnetische Feldstärke streng proportional zum Spulenstrom. Letztendlich lässt sich die Kalibrierung der Magnetfeldstärke auf eine Strommessung (oder z.B. auf den Spannungsabfall an einem bekannten Vorwiderstand) zurückführen. Die Helmholtzspule selbst muss nicht kalibriert werden. Alternativ kann die Feldstärke auch mit Hilfe einer kleinen Feld-Sensorspule bestimmt werden.

Inbetriebnahme:

Die Helmholtzspule sollte in ausreichendem Abstand von möglichen Magnetfeldquellen (z.B. Transformatoren in Netzteilen von Messgeräten, stromdurchflossene Leiter, Bildschirme, Oszillografenröhren, Elektromotore, Lautsprecher uvm...) auf einem Tisch positioniert werden. Alle magnetischen Metallteile (d.h. Eisen / Stahl, Kobalt und Nickel) sollten aus der unmittelbaren Spulenumgebung entfernt werden. Die Anschlußleitungen vom Generator zur Helmholtzspule sollten verdreht werden, um unerwünschte Einkopplungen magnetischer Flüsse zu vermeiden. Die Klemmen der Spule sind mit Kennbuchstaben A, B, C und D gekennzeichnet. Der Generator (Stromquelle, Audio-Verstärker ...) wird mit den Klemmen A und C der Spule verbunden. Das kurze, mitgelieferte Kabel mit zwei Bananensteckern verbindet die Klemmen B und D.

Zur Kontrolle kann die magnetische Feldstärke im Innern des Spulenpaares gemessen werden, bei falschem Anschluss wird genau in der Mitte zwischen den Spulen ein starker Feldstärkeabfall festzustellen sein, da sich die Felder der Spulen gegenseitig aufheben.

Application:

The Helmholtz-Coils are especially designed to generate precisely defined magnetic fields from DC to the upper end of the audio frequency range and beyond. The generated fields are in a strongly linear relation to the coil current. The fieldstrength can be calculated exactly by analytical (or numerical) methods, based on the coils' geometry, the number of turns and the coil current. Therefore the HHS 5204-36 is ideally suited for the calibration of magnetic field probes or sensors. Due to the high temperature proof Teflon wire packet it is possible to generate magnetic fields up to approx. 3000 A/m for short times. Typical applications are magnetic immunity testing according to automotive standards or MIL STD 461. When generating magnetic fields with Helmholtz coils the coil current is directly proportional to the magnetic fieldstrength. The calibration of the magnetic field is finally traceable to a current measurement (or to a voltage drop at a known resistor). The Helmholtz Coil itself does not require a calibration. Alternatively a small loop sensor can be used to determine the actual fieldstrength.

Installation:

The Helmholtz-Coils should be installed on a desk in a sufficiently large separation from sources of unintentional magnetic fields, e.g. transformers in power supplies, conductors carrying high currents, computer monitors, loudspeakers, cathode ray tubes (CRT) and more.... All kind of magnetic material (e.g. steel, Nickel, Cobalt) should be removed from the near surrounding of the coil. The wires which are used to connect the current source with the Helmholtz-Coil should be twisted to avoid an unwanted injection of magnetic flux.

The coil terminals are assigned with the characters A, B, C and D. The generator (current source, audio-amplifier...) is connected to the terminals A and C, the terminals B and D are connected with the short cable supplied with the coil.

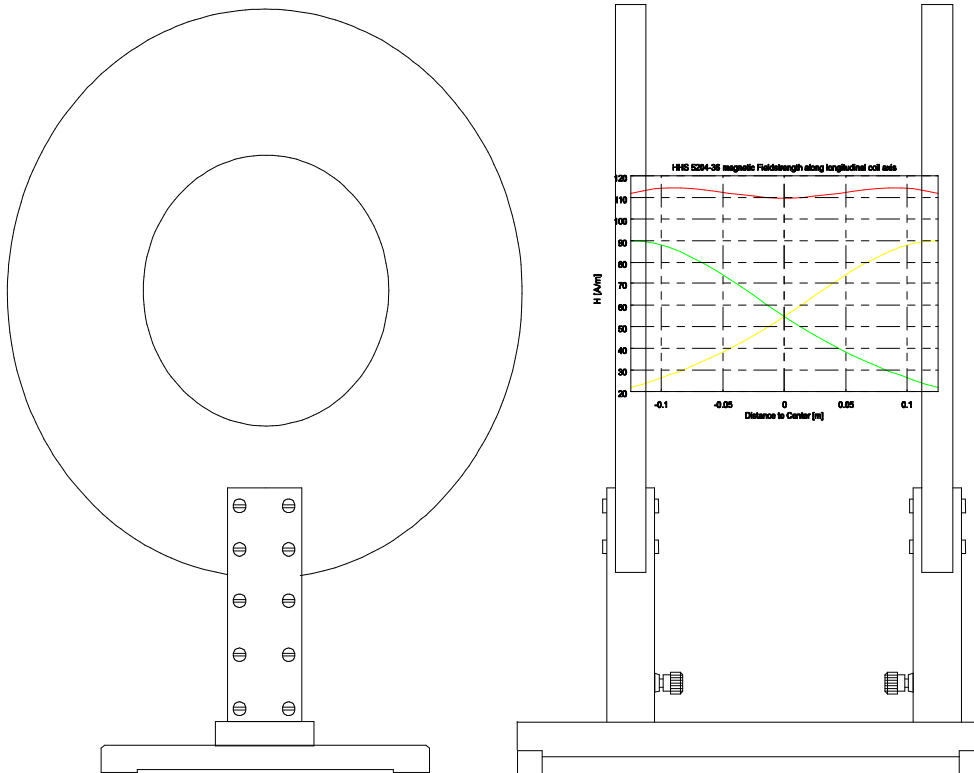
An additional verification can be done by measuring the magnetic fieldstrength between the coils. Assuming a wrong connection, the fieldstrength decays very sharply in the center between the coils, because the fields compensate each other.

Das Helmholtzspulenpaar kann je nach Anwendungsfall bei verschiedenen Spulenabständen betrieben werden. Die "klassische" Betriebsart mit einem Abstand von 200 mm ergibt höchste Feldstärke bei mittlerer Feldhomogenität (0.5 dB) und kleinstem Prüflingsvolumen. Der mittlere Abstand von 250 mm ergibt beste Feldhomogenität (0.36 dB), mittlere Feldstärke und mittelgroßes Prüflingsvolumen. Der größte Abstand ergibt geringste Feldstärke, größtes Prüflingsvolumen bei leichten Feldhomogenitätseinbußen (1.24 dB).

Die folgende Abbildung zeigt die HHS 5204-36 bei mittlerem Spulenabstand von 250 mm. Im rechten Teil der Ansicht sind die Feldstärkebeiträge der jeweiligen Einzelspulen sowie die daraus resultierende Summenfeldstärke bei 1 A Spulenstrom aufgetragen.

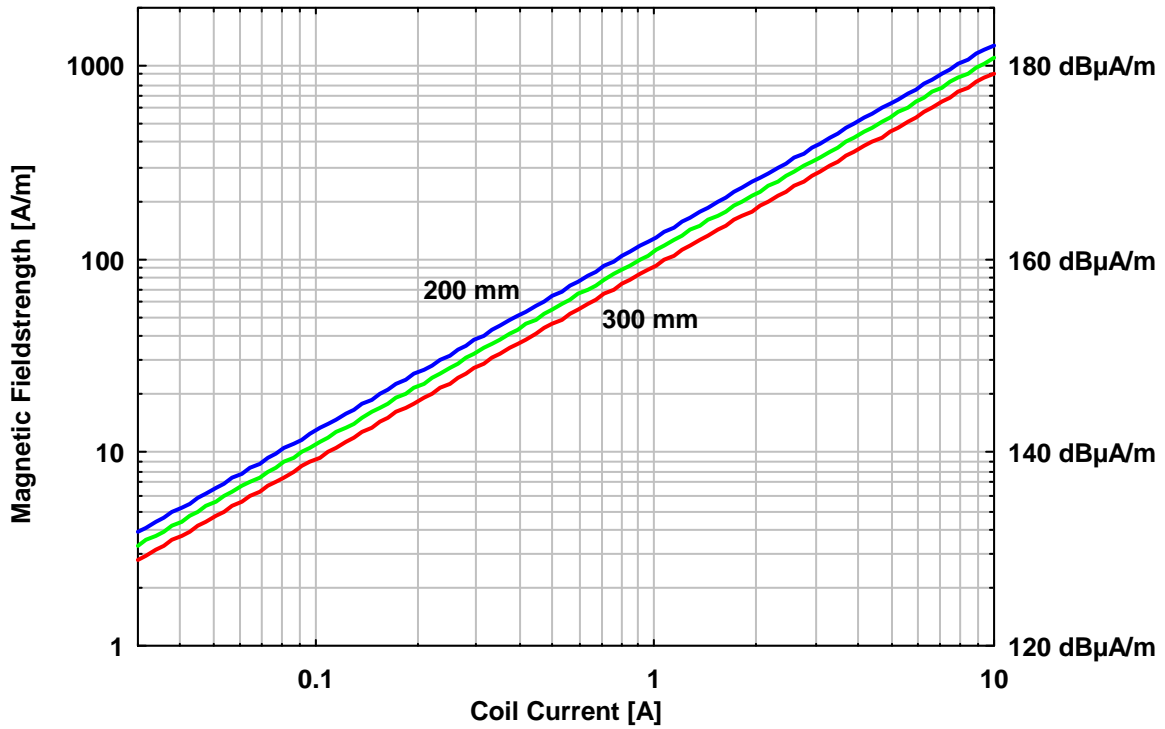
The Helmholtz coils can be operated at three different coil separations. The 'classic' operation mode has a coil spacing of 200 mm, which results in a maximum fieldstrength at medium field homogeneity (0.5 dB) and smallest EuT-volume. The mean spacing of 250 mm yields a medium fieldstrength, best field uniformity (0.36 dB) and medium EuT-volume. The largest spacing yields low fieldstrength, a large EuT volume with a slightly reduced field uniformity of 1.24 dB.

The following drawing shows the HHS 5204-36 with the medium coil spacing of 250 mm. The diagram at the right part of the drawing indicates the contributions of each single coil and the resulting sum -fieldstrength caused by a coil current of 1 A.

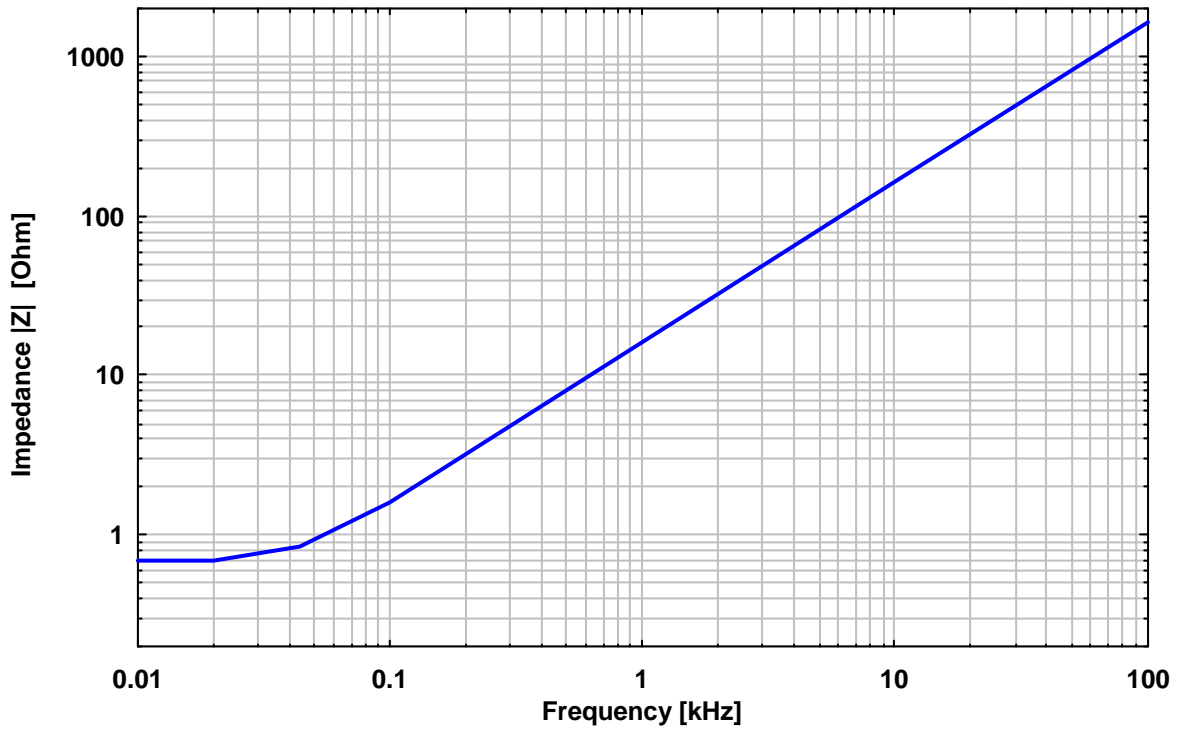




Magnetische Feldstärke und Spulenstrom
HHS 5204-36



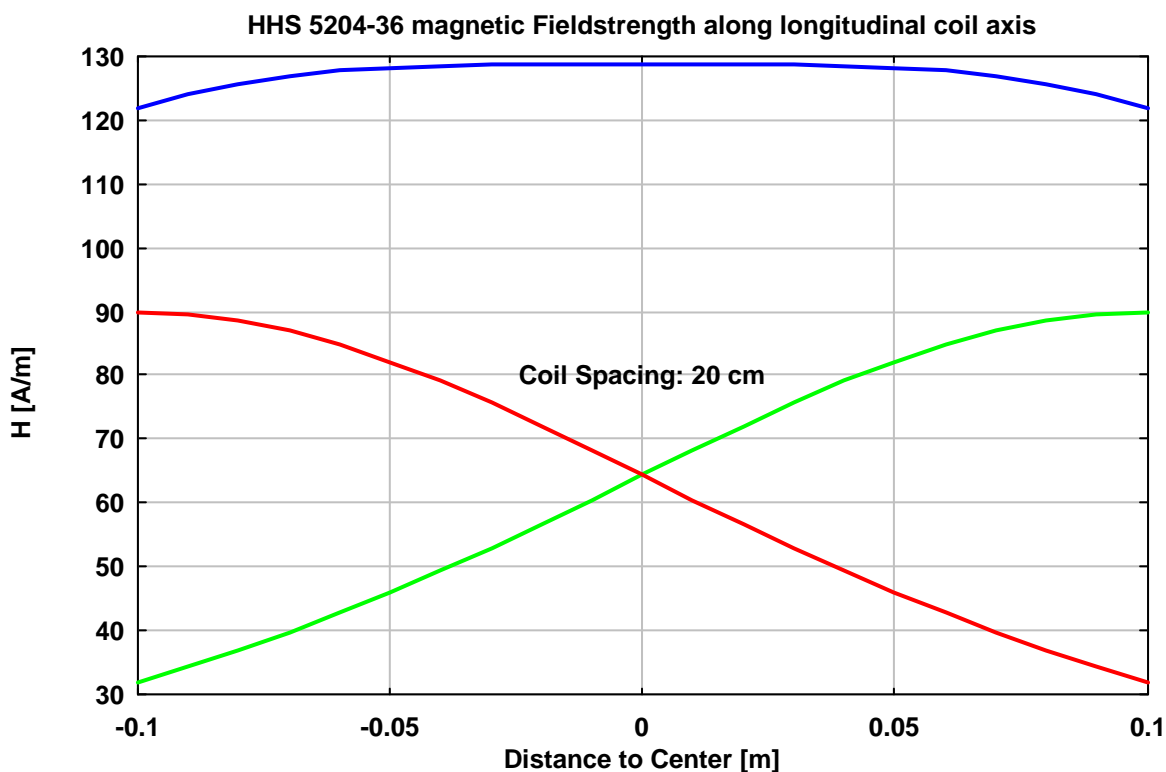
Betrag der Impedanz (Spulenpaar)
HHS 5204-36



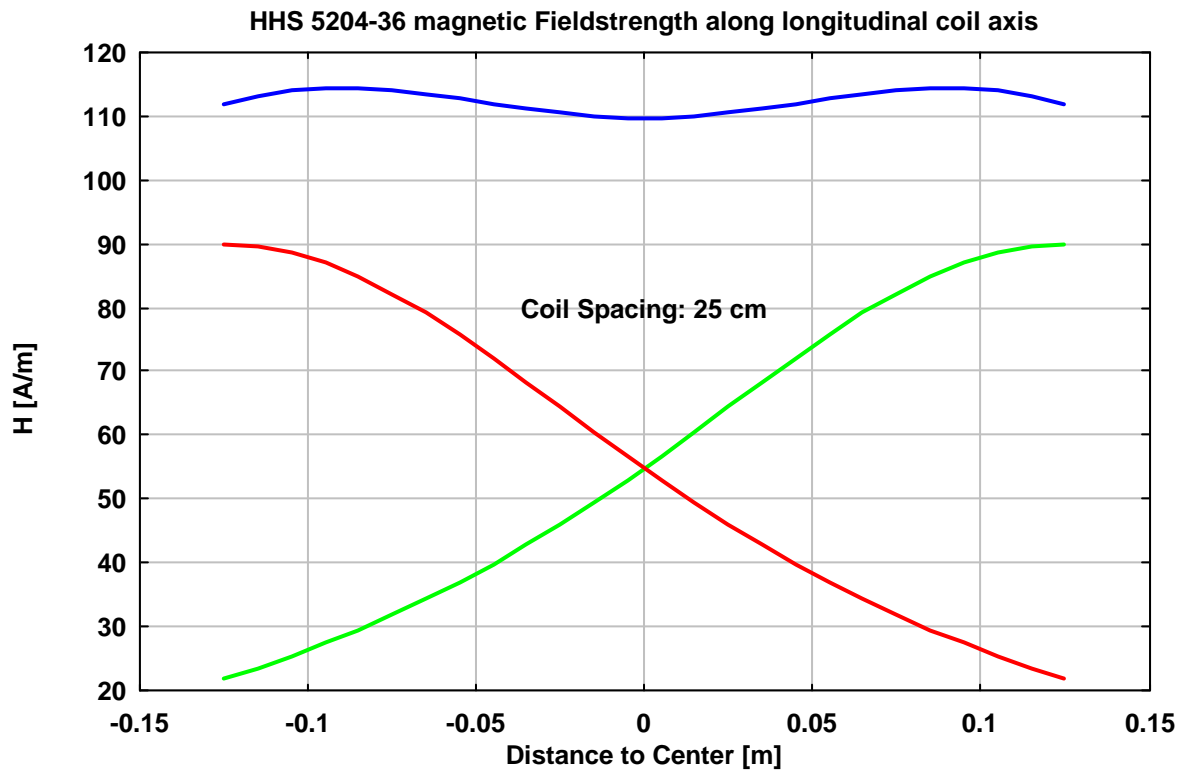
Coil factors for different coil separations:

Coil Separation [mm]	Coil Factor ¹ [1/m]
20	128.8
25	109.8
30	92.2

¹ The magnetic field strength is measured in the middle between the Helmholtz coils.

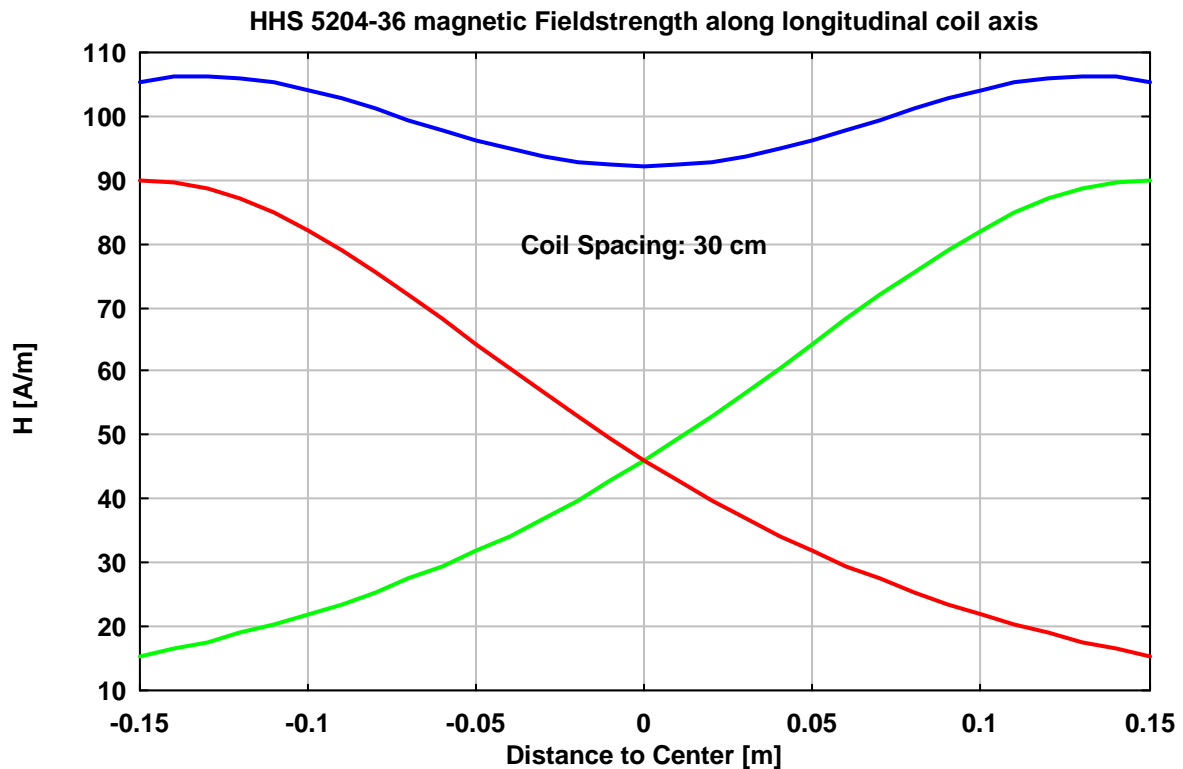


Längskomponente der magnetischen Feldstärke entlang der Spulenlängsachse <i>Magnet. Fieldstrength, longitudinal component along rotational axis</i>						
Abstand zur Spulenmitte	H1	H2	Hges	H1	H2	Hges
[m]	[A/m]	[A/m]	[A/m]	[dB μ A/m]	[dB μ A/m]	[dB μ A/m]
0.00	64.3988	64.3988	128.7975	156.18	156.18	162.20
0.01	68.2519	60.5447	128.7966	156.68	155.64	162.20
0.02	72.0370	56.7459	128.7828	157.15	155.08	162.20
0.03	75.6768	53.0474	128.7242	157.58	154.49	162.19
0.04	79.0866	49.4838	128.5704	157.96	153.89	162.18
0.05	82.1768	46.0800	128.2568	158.29	153.27	162.16
0.06	84.8579	42.8526	127.7105	158.57	152.64	162.12
0.07	87.0457	39.8111	126.8568	158.79	152.00	162.07
0.08	88.6667	36.9594	125.6261	158.96	151.35	161.98
0.09	89.6636	34.2970	123.9605	159.05	150.71	161.87
0.10	90.0000	31.8198	121.8198	159.08	150.05	161.71
Spulenstrom: 1 A, Spulenabstand: 200 mm Coil Current: 1 A, Coil Separation: 200 mm						



Längskomponente der magnetischen Feldstärke entlang der Spulenlängsachse						
<i>Magnet. Fieldstrength, longitudinal component along rotational axis</i>						
Abstand zur Spulenmitte	H1	H2	Hges	H1	H2	Hges
[m]	[A/m]	[A/m]	[A/m]	[dB μ A/m]	[dB μ A/m]	[dB μ A/m]
0.00	56.7458	53.0474	109.7933	155.08	154.49	160.81
0.01	60.5447	49.4838	110.0285	155.64	153.89	160.83
0.02	64.3988	46.0800	110.4788	156.18	153.27	160.87
0.03	68.2519	42.8526	111.1045	156.68	152.64	160.91
0.04	72.0370	39.8111	111.8480	157.15	152.00	160.97
0.05	75.6768	36.9594	112.6362	157.58	151.35	161.03
0.06	79.0866	34.2970	113.3835	157.96	150.71	161.09
0.07	82.1768	31.8198	113.9966	158.29	150.05	161.14
0.08	84.8579	29.5215	114.3794	158.57	149.40	161.17
0.09	87.0457	27.3939	114.4397	158.79	148.75	161.17
0.10	88.6667	25.4278	114.0945	158.96	148.11	161.15
0.11	89.6636	23.6134	113.2769	159.05	147.46	161.08
0.12	90.0000	21.9405	111.9405	159.08	146.82	160.98

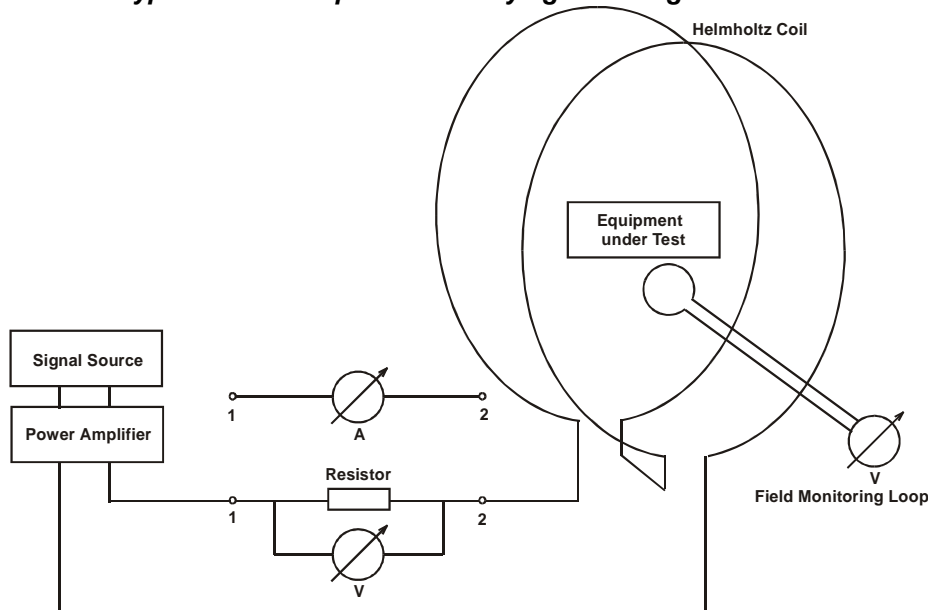
Spulenstrom: 1 A, Spulenabstand: 250 mm
Coil Current: 1 A, Coil Separation: 250 mm



Längskomponente der magnetischen Feldstärke entlang der Spulenlängsachse						
<i>Magnet. Fieldstrength, longitudinal component along rotational axis</i>						
Abstand zur Spulenmitte	H1	H2	Hges	H1	H2	Hges
[m]	[A/m]	[A/m]	[A/m]	[dB μ A/m]	[dB μ A/m]	[dB μ A/m]
0.00	46.0800	46.0800	92.1600	153.27	153.27	159.29
0.01	49.4838	42.8526	92.3364	153.89	152.64	159.31
0.02	53.0474	39.8111	92.8584	154.49	152.00	159.36
0.03	56.7458	36.9594	93.7052	155.08	151.35	159.44
0.04	60.5447	34.2970	94.8416	155.64	150.71	159.54
0.05	64.3988	31.8198	96.2186	156.18	150.05	159.67
0.06	68.2519	29.5215	97.7734	156.68	149.40	159.80
0.07	72.0370	27.3939	99.4309	157.15	148.75	159.95
0.08	75.6768	25.4278	101.1046	157.58	148.11	160.10
0.09	79.0866	23.6134	102.6999	157.96	147.46	160.23
0.10	82.1768	21.9405	104.1173	158.29	146.82	160.35
0.11	84.8579	20.3992	105.2572	158.57	146.19	160.45
0.12	87.0457	18.9798	106.0255	158.79	145.57	160.51
0.13	88.6667	17.6728	106.3395	158.96	144.95	160.53
0.14	89.6636	16.4693	106.1328	159.05	144.33	160.52
0.15	90.0000	15.3609	105.3609	159.08	143.73	160.45

Spulenstrom: 1 A, Spulenabstand: 300 mm
Coil Current: 1 A, Coil Separation: 300 mm

Typischer Messaufbau bei Magnetfeld-Immunitätsprüfungen
Typical Test Setup for Immunity against magnetic fields



Feldstärkebestimmung:

Zur Bestimmung der Magnetfeldstärke eignen sich im Wesentlichen zwei Verfahren:

1. Bestimmung des Spulenstroms
 - mit kalibriertem Stromwandler
 - durch Messung des Spannungsabfalls an einem bekannten Vorwiderstand
 - direkte Strommessung

2. Bestimmung der Feldstärke mit Hilfe einer Senserspule

Die direkte Strommessung hat den Nachteil, dass die Messgeräte bei hohen Dauerströmen recht heiß werden, was zu erhöhter Messunsicherheit und sogar zur Zerstörung führen kann. Die Messung mit einem Stromwandler ist thermisch unkritisch und darüber hinaus kann eine Potentialtrennung zwischen Messkreis und Verstärker-Ausgangskreis erreicht werden. Bei der Messung des Spannungsabfalls an einem bekannten Vorwiderstand (z.B. 100 mΩ / 20 W bis ca. 14 A oder auch 10 mΩ / 20 W für höchste Ströme) muss für ausreichende Wärmeabfuhr (Kühlkörper) und Potentialtrennung bei netzbetriebenen Messgeräten gesorgt werden.

Bei der Feldstärkebestimmung mit Hilfe einer Senserspule erreicht man ebenfalls Potentialtrennung und thermisch unkritische Verhältnisse.

Bei sorgfältiger Vorgehensweise lassen sich Messunsicherheiten von deutlich unter 0.5 dB (typ. < +/- 0.3dB) erzielen.

Fieldstrength Determination:

There are two methods to determine the actual magnetic fieldstrength:

1. *Determination of the coil current*
 - *Current transformer clamp*
 - *Measuring the voltage drop across a well-known resistor*
 - *Direct current measurement*

2. *Determination of the fieldstrength using a field monitoring loop*

The direct current measurement has the disadvantage that the measurement equipment itself heats up, which leads to increased measurement uncertainty or even destruction. The use of a calibrated current transformer clamp has two advantages: it is floating (potential isolation between measuring circuitry and amplifier output circuitry) and without thermal stress. In cases where the voltage drop across a known resistor (e.g. 100 mΩ / 20 W up to 14 A or 10 mΩ for highest currents) is measured, it is essential to provide sufficient cooling and potential isolation of mains driven voltmeters.

The determination of the magnetic fieldstrength using a sensor loop (field monitoring loop) allows also potential isolation without temperature stress.

Measurement uncertainties of less than 0.5 dB (typ. < +/- 0.3 dB) are achievable without problems.

MIL461E FIGURE RS101-2. RS101 applicable limit for all Army applications.				
Frequency	Limit	required Coil Current	Impedance (pair of coils)	required Voltage
[Hz]	[dBpT]	[A]	[Ohm]	[V]
0	N/A	N/A	0.35	N/A
10	N/A	N/A	0.39	N/A
20	N/A	N/A	0.48	N/A
30	180	6.178571	0.60	3.683
40	180	6.178571	0.73	4.525
50	180	6.178571	0.88	5.419
60	180	6.178571	1.03	6.343
70	179	5.506657	1.18	6.493
80	178	4.907814	1.33	6.545
90	177	4.374094	1.49	6.514
100	176	3.898415	1.65	6.417
1000	156	0.389841	16.09	6.272
10000	136	0.038984	160.85	6.270
100000	116	0.003898	1608.45	6.270

Nach MIL 461E müssen die Helmholtzspulen mit ausreichend Strom versorgt werden, damit die Grenzwerte für die Magnetfeldstärke um mindestens 6 dB überschritten werden können. Bei der Dimensionierung des Verstärkers sollten die Werte für Strom und Spannung also mindestens verdoppelt werden.

According to MIL 461E the coils have to be supplied with sufficient current to produce magnetic field strengths at least 6 dB greater than the applicable limit. This requires at least 6 dB higher values for voltage and current when dimensioning a suitable amplifier.

MIL461E FIGURE RS101-1. RS101 applicable limit for all Navy applications.				
Frequency	Limit	required Coil Current	Impedance (pair of coils)	required Voltage
[Hz]	[dBpT]	[A]	[Ohm]	[V]
0	N/A	N/A	0.35	N/A
10	N/A	N/A	0.39	N/A
20	N/A	N/A	0.48	N/A
30	170	1.953836	0.60	1.165
40	170	1.953836	0.73	1.431
50	170	1.953836	0.88	1.714
60	170	1.953836	1.03	2.006
70	169	1.741358	1.18	2.053
80	168,5	1.643948	1.33	2.192
90	168	1.551987	1.49	2.311
100	167,5	1.465170	1.65	2.412
400	160	0.617857	6.44	3.981
500	153	0.275987	8.05	2.222
1000	135	0.034745	16.09	0.559
2000	117	0.004374	32.17	0.141
10000	114	0.003097	160.85	0.498
100000	110	0.001954	1608.45	3.143

Nach MIL 461E müssen die Helmholtzspulen mit ausreichend Strom versorgt werden, damit die Grenzwerte für die Magnetfeldstärke um mindestens 6 dB überschritten werden können. Bei der Dimensionierung des Verstärkers sollten die Werte für Strom und Spannung also mindestens verdoppelt werden.

According to MIL 461E the coils have to be supplied with sufficient current to produce magnetic field strengths at least 6 dB greater than the applicable limit. This requires at least 6 dB higher values for voltage and current when dimensioning a suitable amplifier.

Specification 36-00-808/G Renault chapter 6.3.2 EQ/IR 02 applicable limits for testing Immunity to audio frequency magnetic field.				
Frequency	Limit	required Coil Current	Impedance (pair of coils)	required Voltage
[Hz]	[dB μ A/m]	[A]	[Ohm]	[V]
20	180	7.763956	0.48	3.691
30	180	7.763956	0.60	4.628
40	180	7.763956	0.73	5.686
50	180	7.763956	0.88	6.810
60	180	7.763956	1.03	7.970
80	180	7.763956	1.33	10.353
100	180	7.763956	1.65	12.780
500	180	7.763956	8.05	62.499
1000	180	7.763956	16.09	124.909
2000	167.96	1.941257	32.17	62.452
4000	155.92	0.485381	64.34	31.229
5000	152.04	0.3105153	80.42	24.973
10000	140	0.077640	160.85	12.488
50000	140	0.0776340	804.22	62.440
100000	140	0.0776340	1608.45	124.879

Nach MIL 461E müssen die Helmholtzspulen mit ausreichend Strom versorgt werden, damit die Grenzwerte für die Magnetfeldstärke um mindestens 6 dB überschritten werden können. Bei der Dimensionierung des Verstärkers sollten die Werte für Strom und Spannung also mindestens verdoppelt werden.

According to MIL 461E the coils have to be supplied with sufficient current to produce magnetic field strengths at least 6 dB greater than the applicable limit. This requires at least 6 dB higher values for voltage and current when dimensioning a suitable amplifier.

PSA Peugeot Citroën, Electronic and Electrical Equipment (Electrics) B21 7110, 68-143 Magnetic field spectrum envelope Engine Compartment area / under hood area

Frequency	Limit	required Coil Current	Impedance (pair of coils)	required Voltage
[Hz]	[A/m]	[A]	[Ohm]	[V]
20	316,23	2,455202	0,48	1,167
30	316,23	2,455202	0,60	1,464
40	316,23	2,455202	0,73	1,798
50	316,23	2,455202	0,88	2,153
60	316,23	2,455202	1,03	2,520
80	316,23	2,455202	1,33	3,274
100	316,23	2,455202	1,65	4,041
500	316,23	2,455202	8,05	19,764
1000	316,23	2,455202	16,09	39,500
2000	79,06	0,613820	32,17	19,747
4000	19,76	0,153416	64,34	9,871
5000	12,65	0,098214	80,42	7,899
10000	3,16	0,024534	160,85	3,946
50000	3,16	0,024534	804,22	19,731
100000	3,16	0,024534	1608,45	39,462

Nach MIL 461E müssen die Helmholtzspulen mit ausreichend Strom versorgt werden, damit die Grenzwerte für die Magnetfeldstärke um mindestens 6 dB überschritten werden können. Bei der Dimensionierung des Verstärkers sollten die Werte für Strom und Spannung also mindestens verdoppelt werden.

According to MIL 461E the coils have to be supplied with sufficient current to produce magnetic field strengths at least 6 dB greater than the applicable limit. This requires at least 6 dB higher values for voltage and current when dimensioning a suitable amplifier.