

Rundes Helmholtz-Spulenpaar
Circular Helmholtz Coils



Beschreibung:

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 5202-9 ideal für Kalibrierungen von Magnetfeldsonden einsetzbar. Aufgrund der thermisch hochbelastbaren teflummantelten 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.

Description:

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 5202-9 is ideally suited for the calibration of magnetic field probes or sensors. Due to the high temperature proof Teflon-coated wire packet it is possible to generate magnetic fields up to approx. 3000 A/m (for a short time). Typical applications are magnetic immunity testing according to automotive standards or MIL-461F. When generating magnetic fields with Helmholtz coils the coil current is directly proportional to the magnetic field strength. The calibration of the magnetic field is finally traceable to a current measurement (or to a voltage drop at a known resistor).

Die Helmholtzspule selbst wird wegen des einfachen Zusammenhangs zwischen Strom und Feldstärke in der Regel nicht kalibriert sondern gilt als Primärnormal. Ansonsten können die erzeugten Feldstärken auch mit Feldspulen oder Sensorspulen nachgemessen werden.

The Helmholtz Coil itself is usually considered as primary standard due to the easily calculable relation between current and field strength. If this relation should be controlled, a loop sensor or monitoring loop can be used to determine the actual field strength.

Technische Daten:		Specifications:
Windungszahl (pro Spule):	9	<i>Number of turns (per Coil):</i>
Maximaler Spulenstrom:	55 A, 5 min.	<i>Maximum coil current:</i>
Kontinuierlicher Spulenstrom, nominell:	33 A	<i>Nominal continuous coil current:</i>
Spulenabstand für beste Feldhomogenität:	132 mm	<i>Coil spacing for best field uniformity:</i>
Spulenabstand für hohe Feldstärken (alle folgenden Angaben beziehen sich auf 116 mm Spulenabstand):	116 mm	<i>Coil spacing for high field strengths (all following values refer to 116 mm coil distance):</i>
Max. Magn. Feldstärke:	3053 A/m, 5 min.	<i>Maximum magnetic field strength:</i>
Kontinuierliche magnetische Nennfeldstärke:	1832 A/m	<i>Nominal continuous magnetic field strength:</i>
Magn. Feldstärke bei 1 A Spulenstrom:	55.52 A/m 154.89 dB μ A/m	<i>Magnetic field strength @ 1 A Coil Current:</i>
Erforderlicher Strom für 1 A/m:	18 mA	<i>Current required for 1 A/m:</i>
Wandlungsmaß Strom-Feldstärke (Spulenfaktor):	34.9 dB/m	<i>Conversion Current-Fieldstrength (Coil factor):</i>
Spulen-Durchmesser:	232 mm	<i>Coil diameter:</i>
Abmessungen:	0.20 m x 0.25 m x 0.39 m	<i>Mechanical dimensions:</i>
Größtmöglicher Prüflingswürfel:	11.3 x 11.3 x 11.3 cm	<i>Max. cubical shaped DuT:</i>
Anschlüsse:	4 mm Laborbuchsen und 7 mm Schraubklemmen <i>4 mm banana jacks 7 mm screw terminals</i>	<i>Terminals:</i>
Nutzbarer Frequenzbereich:	DC – 2.5 MHz	<i>Usable frequency range:</i>
Induktivität (pro Spule):	36 μ H	<i>Inductance (per coil):</i>
Induktivität (Spulenpaar):	80 μ H	<i>Inductance (pair of coils):</i>
Wirkwiderstand (pro Spule):	13 m Ω	<i>Resistance (per coil):</i>
Windungskapazität (Spulenpaar):	24 pF	<i>Coil capacitance (pair of coils):</i>
Resonanzfrequenz (Spulenpaar):	> 3.5 MHz	<i>Resonance frequency (Pair of coils):</i>
Gewicht:	4.9 kg	<i>Weight:</i>

Inbetriebnahme:

Die Helmholtzspule sollte in ausreichendem Abstand von möglichen Magnetfeldquellen (z.B. Transformatoren in Netzteilen von Messgeräten, stromdurchflossenen Leitern, Bildschirmen, Oszillografenröhren, Elektromotoren, Lautsprecher usw.) auf einem Tisch positioniert werden. Alle magnetischen Metallteile (d.h. Eisen / Stahl, Kobalt und Nickel) sollten aus der unmittelbaren Spulumgebung 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 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.

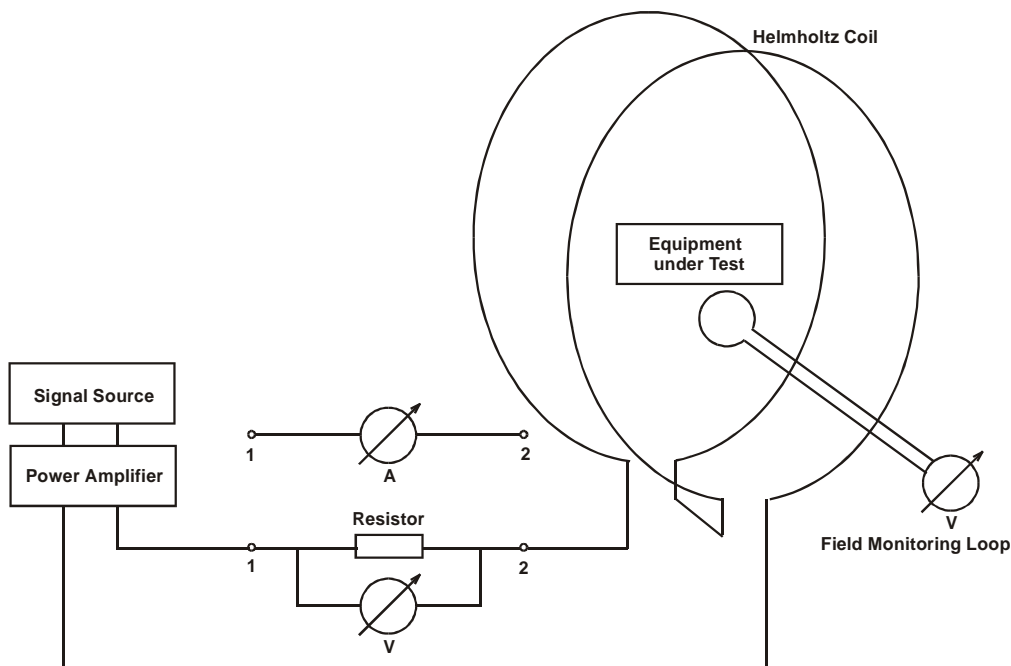
Installation:

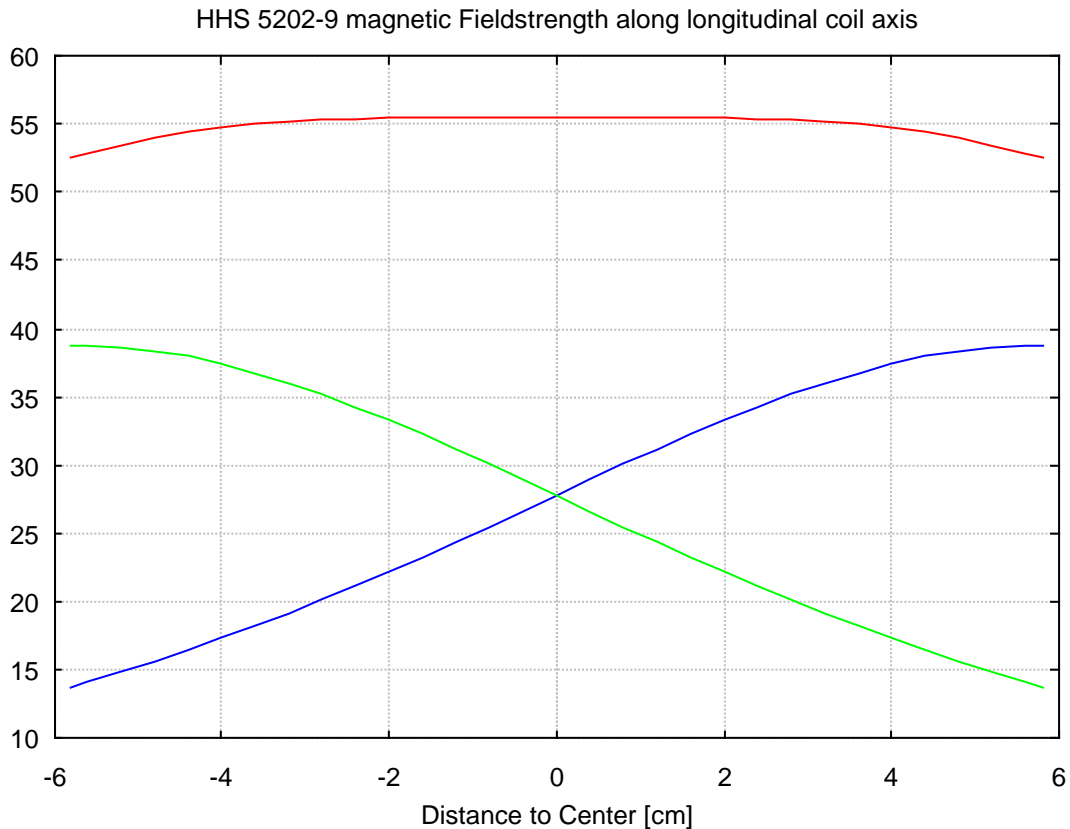
The Helmholtz-Coils should be installed on a desk in a sufficiently large separation from sources of unintentional magnetic fields, e.g. transformers in power supplies, conductors carrying high currents, computer monitors, loudspeakers, cathode ray tubes (CRT) and so on. All kinds of magnetic material (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 field strength between the coils. Assuming a wrong connection, the field strength decays very sharply in the center between the coils, because the fields compensate each other.

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



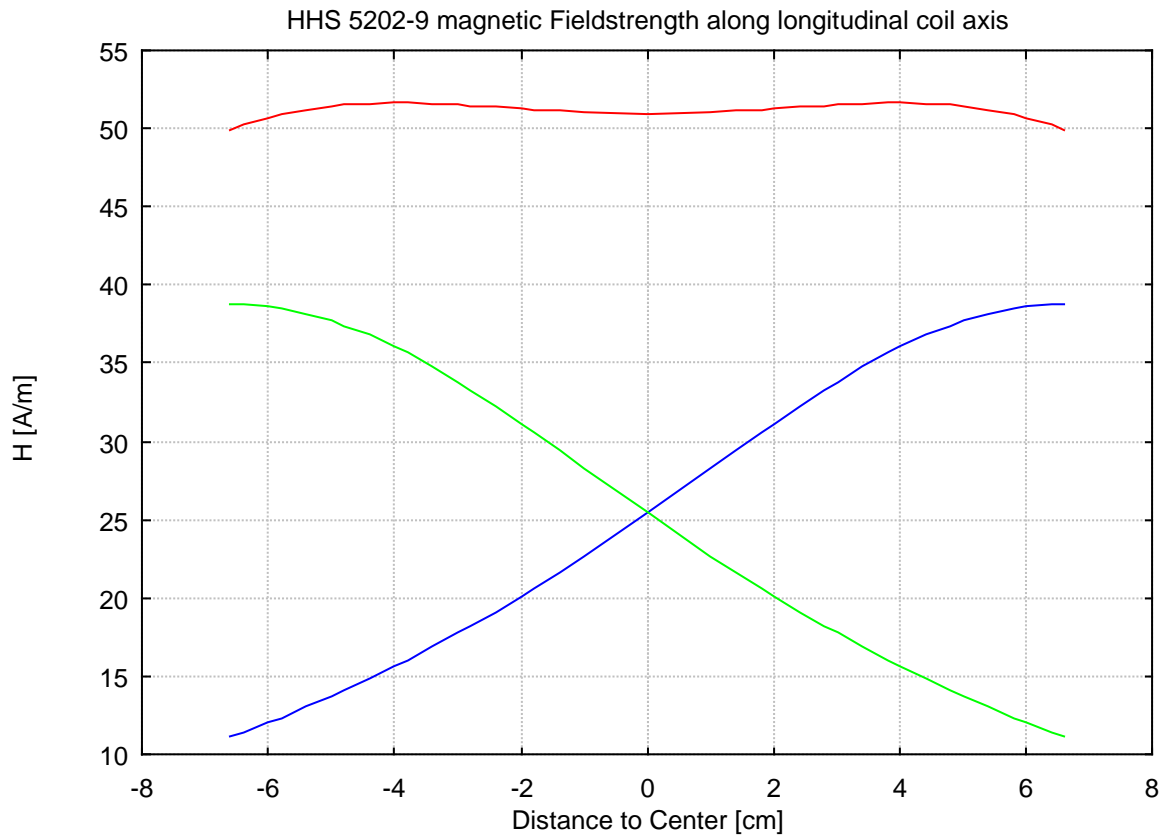


Längskomponente der magnetischen Feldstärke entlang der Spulenlängsachse

Magnet. Fieldstrength, longitudinal component along rotational axis

Abstand zur Spulenmitte [cm]	H1 [A/m]	H2 [A/m]	Hges [A/m]	H1 [dBµA/m]	H2 [dBµA/m]	Hges [dBµA/m]
0.0	27.758	27.758	55.516	148.87	148.87	154.89
0.4	28.905	26.611	55.516	149.22	148.50	154.89
0.8	30.043	25.472	55.515	149.55	148.12	154.89
1.2	31.161	24.348	55.509	149.87	147.73	154.89
1.6	32.248	23.245	55.493	150.17	147.33	154.88
2.0	33.293	22.169	55.461	150.45	146.91	154.88
2.4	34.282	21.123	55.404	150.70	146.49	154.87
2.8	35.203	20.110	55.313	150.93	146.07	154.86
3.2	36.043	19.133	55.176	151.14	145.64	154.83
3.6	36.790	18.193	54.983	151.31	145.20	154.80
4.0	37.433	17.292	54.725	151.47	144.76	154.76
4.4	37.961	16.429	54.390	151.59	144.31	154.71
4.8	38.365	15.606	53.971	151.68	143.87	154.64
5.2	38.638	14.821	53.459	151.74	143.42	154.56
5.6	38.776	14.075	52.851	151.77	142.97	154.46
5.8	38.793	13.715	52.509	151.78	142.74	154.40

Spulenstrom: 1 A, Spulenabstand: 116 mm
Coil Current: 1 A, Coil Separation: 116 mm



Längskomponente der magnetischen Feldstärke entlang der Spulenlängsachse						
Magnet. Fieldstrength, longitudinal component along rotational axis						
Abstand zur Spulenmitte [cm]	H1 [A/m]	H2 [A/m]	Hges [A/m]	H1 [dBµA/m]	H2 [dBµA/m]	Hges [dBµA/m]
0.0	25.472	25.472	50.944	148.12	148.12	154.14
1.0	28.332	22.703	51.036	149.05	147.12	154.16
2.0	31.161	20.110	51.271	149.87	146.07	154.20
3.0	33.795	17.738	51.533	150.58	144.98	154.24
4.0	36.043	15.606	51.649	151.14	143.87	154.26
5.0	37.712	13.715	51.427	151.53	142.74	154.22
6.6	38.793	11.159	49.952	151.78	140.95	153.97
Spulenstrom: 1 A, Spulenabstand: 132 mm Coil Current: 1 A, Coil Separation: 132 mm						

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 Sensorspule

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 kleinen Shunt-Widerständen entsteht zwar weniger Wärme, jedoch können unerwünschte Übergangswiderstände schnell in die Größenordnung des Shunt-Widerstandes kommen und damit unnötig hohe Messunsicherheit erzeugen. Bei Frequenzen ab einigen kHz kann die Induktivität des Shunts nicht mehr vernachlässigt werden, es empfiehlt sich daher mit Shunt zu messen, dessen Impedanz Z bekannt ist, z.B. der SHUNT 9571.

Bei der Feldstärkebestimmung mit Hilfe einer Sensorspule erreicht man ebenfalls Potentialtrennung und thermisch unkritische Verhältnisse. Die FESP 5133-7/41 ist für diesen Zweck geeignet.

Field strength determination:

There are two methods to determine the actual magnetic field strength:

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 field strength 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. Using small shunt resistor values causes less heat dissipation may however cause higher measurement uncertainties because the wanted shunt resistance is hardly higher than unwanted contact resistances. Beyond several kHz the inductance of the shunt resistor may become dominant. For that reason a low inductive shunt resistor with well known impedance Z like the SHUNT 9571 should be used.

The determination of the magnetic field strength using a sensor loop (field monitoring loop) allows also potential isolation without temperature stress. The FESP 5133-7/41 is suitable for this purpose.

Nützliche Umrechnungen für Magnetfelder
Useful conversions for magnetic fields

B[μ T]	B[mT]	B[G]	H[A/m]	H[dB μ A/m]	H[dBpT]
0.100	0.0001	0.0010	0.0796	98.02	100.00
0.126	0.0001	0.0013	0.1000	100.00	101.98
0.500	0.0005	0.0050	0.3979	112.00	113.98
1.000	0.0010	0.0100	0.7958	118.02	120.00
1.257	0.0013	0.0126	1.0000	120.00	121.98
2.000	0.0020	0.0200	1.5916	124.04	126.02
2.513	0.0025	0.0251	2.0000	126.02	128.00
5.000	0.0050	0.0500	3.9790	132.00	133.98
6.283	0.0063	0.0628	5.0000	133.98	135.96
10.000	0.0100	0.1000	7.9580	138.02	140.00
12.570	0.0126	0.1257	10.0000	140.00	141.98
20.000	0.0200	0.2000	15.9200	144.04	146.02
25.130	0.0251	0.2513	20.0000	146.02	148.00
50.000	0.0500	0.5000	39.7900	152.00	153.98
62.830	0.0628	0.6283	50.0000	153.98	155.96
100.000	0.1000	1.0000	79.5800	158.02	160.00
125.660	0.1257	1.2570	100.0000	160.00	161.98
200.000	0.2000	2.0000	159.1600	164.04	166.02
251.320	0.2513	2.5130	200.0000	166.02	168.00
500.000	0.5000	5.0000	397.9000	172.00	173.98
628.300	0.6283	6.2830	500.0000	173.98	175.96
1000.000	1.0000	10.0000	795.8000	178.02	180.00
1256.600	1.2570	12.5700	1000.0000	180.00	181.98
2000.000	2.0000	20.0000	1591.6000	184.04	186.02
2513.200	2.5130	25.1300	2000.0000	186.02	188.00
5000.000	5.0000	50.0000	3979.0000	192.00	193.98
6283.000	6.2830	62.8300	5000.0000	193.98	195.96
10000.000	10.0000	100.0000	7958.0000	198.02	200.00
12566.000	12.5660	125.6600	10000.0000	200.00	201.98
20000.000	20.0000	200.0000	15916.0000	204.04	206.02
25131.900	25.1320	251.3200	20000.0000	206.02	208.00
50000.000	50.0000	500.0000	39790.0000	212.00	213.98
62829.900	62.8300	628.3000	50000.0000	213.98	215.96
100000.000	100.0000	1000.0000	79580.0000	218.02	220.00
125660.000	125.6600	1256.6000	100000.0000	220.00	221.98
200000.000	200.0000	2000.0000	159160.0000	224.04	226.02
251319.000	251.3200	2513.1900	200000.0000	226.02	228.00
500000.000	500.0000	5000.0000	397900.0000	232.00	233.98
628299.000	628.3000	6282.9900	500000.0000	233.98	235.96
1000000.000	1000.0000	10000.0000	795800.0000	238.02	240.00