

## 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 5206-132 ideal für Kalibrierungen von Magnetfeldsonden einsetzbar. 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 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.

### **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 field strength 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 5206-132 is ideally suited for the calibration of magnetic field probes or sensors. 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). 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.*

<b>Technische Daten:</b>		<b>Specifications:</b>
Windungszahl (pro Spule):	132	<i>Number of turns (per Coil):</i>
Maximaler Spulenstrom:	15 A, 5 min.	<i>Maximum coil current:</i>
Spulenstrom, nominell:	10 A continuous	<i>Nominal coil current:</i>
Spulenabstand:	300 mm	<i>Coil spacing:</i>
Max. Magn. Feldstärke:	4713 A/m, 5 min.	<i>Maximum magnetic field strength:</i>
Magn. Nennfeldstärke:	3142 A/m continuous	<i>Nominal magnetic field strength:</i>
Magn. Feldstärke bei 1 A Spulenstrom:	314.2 A/m 169.97 dB $\mu$ A/m	<i>Magnetic field strength @ 1 A Coil Current:</i>
Erforderlicher Strom für 1 A/m:	3.183 mA	<i>Current required for 1 A/m:</i>
Wandlungsmaß Strom-Feldstärke (Spulenfaktor):	50 dB/m	<i>Conversion Current-Fieldstrength (Coil factor):</i>
Spulen-Durchmesser:	600 mm	<i>Coil diameter:</i>
Abmessungen:	0.64 m x 0.79 m x 0.42 m	<i>Mechanical dimensions:</i>
Größtmöglicher Prüflingswürfel:	32.5x32.5x32.5 cm	<i>Max. cubical shaped DuT:</i>
Anschlüsse:	4 mm banana jacks Screw terminals	<i>Terminals:</i>
Nutzbarer Frequenzbereich:	DC - 30 kHz	<i>Usable frequency range:</i>
Induktivität (pro Spule):	22.4 mH	<i>Inductance (per coil):</i>
Induktivität (Spulenpaar):	49.9 mH	<i>Inductance (pair of coils):</i>
Wirkwiderstand bei 20°C (pro Spule):	1.42 $\Omega$	<i>Resistance by 20°C (per coil):</i>
Wirkwiderstand bei 120°C (pro Spule):	1.96 $\Omega$	<i>Resistance by 120°C (per coil):</i>
Windungskapazität (Spulenpaar):	174 pF	<i>Coil capacitance (pair of coils):</i>
Resonanzfrequenz (Spulenpaar):	> 50 kHz	<i>Resonance frequency (Pair of coils):</i>
Gewicht:	27.5 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 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 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.

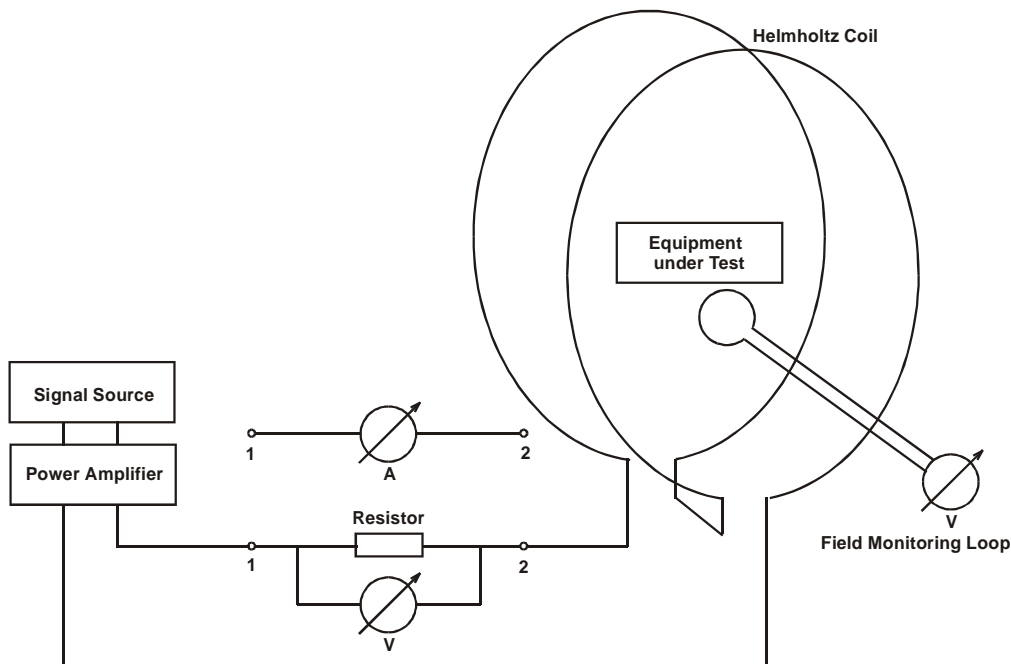
**Installation:**

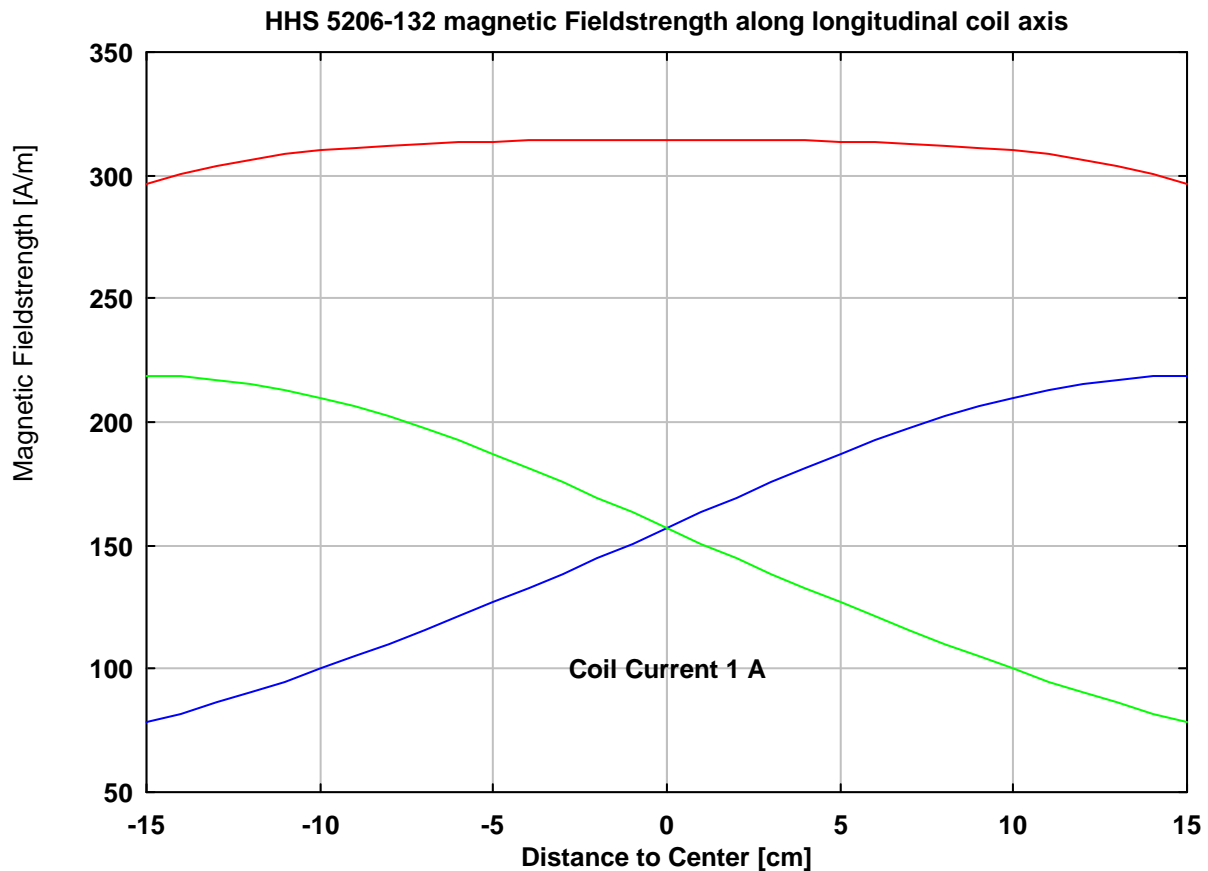
The Helmholtz-Coils should be installed on a desk in a sufficiently large separation from sources of unintentional magnetic fields, e.g. transformers in power supplies, conductors carrying high currents, computer monitors, loudspeakers, cathode ray tubes (CRT) and so on. All kinds of magnetic material (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 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.

**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 [dB $\mu$ A/m]	H2 [dB $\mu$ A/m]	Hges [dB $\mu$ A/m]
0.0	157.104	157.104	314.207	163.92	163.92	169.94
1.0	163.328	150.875	314.203	164.26	163.57	169.94
2.0	169.503	144.684	314.187	164.58	163.21	169.94
3.0	175.575	138.568	314.142	164.89	162.83	169.94
4.0	181.488	132.557	314.045	165.18	162.45	169.94
5.0	187.183	126.677	313.860	165.45	162.05	169.93
6.0	192.598	120.950	313.548	165.69	161.65	169.93
7.0	197.667	115.394	313.061	165.92	161.24	169.91
8.0	202.328	110.020	312.347	166.12	160.83	169.89
9.0	206.517	104.838	311.355	166.30	160.41	169.87
10.0	210.176	99.855	310.031	166.45	159.99	169.83
11.0	213.251	95.075	308.325	166.58	159.56	169.78
12.0	215.694	90.498	306.192	166.68	159.13	169.72
13.0	217.468	86.124	303.593	166.75	158.70	169.65
14.0	218.545	81.951	300.496	166.79	158.27	169.56
15.0	218.905	77.975	296.880	166.81	157.84	169.45

Spulenstrom: 1 A, Spulenabstand: 300 mm  
Coil Current: 1 A, Coil Separation: 300 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 Verstärkerausgangskreis erreicht werden. Bei der Messung des Spannungsabfalls an einem bekannten Vorwiderstand (z.B. 100 m $\Omega$  / 20 W bis ca. 14 A oder auch 10 m $\Omega$  / 20 W für höchste Ströme) muss für ausreichende Wärmeabfuhr (Kühlkörper) und Potentialtrennung bei netzbetriebenen Messgeräten gesorgt werden. Bei kleinen Shuntwiderständen entsteht zwar weniger Wärme, jedoch können unerwünschte Übergangswiderstände schnell in die Größenordnung des Shuntwiderstandes 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 m $\Omega$  / 20 W up to 14 A or 10 m $\Omega$  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[ $\mu$ T]	B[mT]	B[G]	H[A/m]	H[dB $\mu$ 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