

**Elektromagnet mit variablem Luftspalt AGEM 5520**  
*Electromagnet with variable Air Gap AGEM 5520*



**Beschreibung:**

Der Elektromagnet AGEM 5520 dient zur Erzeugung starker Gleichmagnetfelder für experimentelle Anwendungen. In Abhängigkeit von der geforderten Flussdichte und dem benötigten Prüflingsvolumen kann der Luftspalt kontinuierlich verstellt werden. Die Magnetpole am Prüflingsvolumen sind konisch, um die Zugänglichkeit zu verbessern und die erreichbare Flussdichte zu maximieren. Die Klemmung der zylindrischen Magnetpole erfolgt durch Handhebel, deren Position relativ zum Gewinde bei Bedarf verstellt werden kann. Zur Vereinfachung der Abstandseinstellung werden Kunststoff-Distanzstücke mitgeliefert, mit denen 6 Abstände zwischen 15 mm und 40 mm in 5 mm Stufung bequem und schnell reproduzierbar eingestellt werden können.

**Description:**

*The electromagnet AGEM 5520 can generate strong magnetic fields for experimental applications. Depending on the required magnetic flux density and Equipment under Test volume the air gap can be adjusted continuously. The magnet poles come with conical shape close to the test volume to improve accessibility and to optimize the achievable magnetic flux density. The locking of the magnet poles is made using hand levers. Their position relative to their thread can be changed if needed. For the simplification of the air gap spacing adjustment there are plastic spacers supplied, which provide easy and repeatable setting of 6 different spacings from 15 mm to 40 mm in 5 mm steps.*

<b>Technische Daten:</b>		<b>Specifications:</b>
Windungszahl (pro Spule):	2000	<i>Number of turns (per Coil):</i>
Wirkwiderstand bei Raumtemperatur:	14 Ω	<i>Resistance at Room Temperature:</i>
Maximal zulässiger Wirkwiderstand bei Erwärmung:	16 Ω	<i>Maximum permissible Resistance during Use:</i>
Maximaler Spulenstrom:	20 A 1 min. 15 A 3 min. 10 A 6 min. 5 A > 20 min.	<i>Maximum Coil Current:</i>
Luftspalt zwischen den Polen:	0...95 mm	<i>Air Gap between the Poles:</i>
Max. Magn. Flussdichte:	> 2.2 T	<i>Maximum Magnetic Flux Density:</i>
Spulen-Durchmesser:	335 mm	<i>Coil diameter:</i>
Poldurchmesser am Prüflingsvolumen:	30 mm	<i>Pole Diameter at EuT:</i>
Poldurchmesser:	75 mm	<i>Pole Diameter:</i>
Abmessungen Grundplatte:	380 x 238 x 22 mm	<i>Mechanical Dimensions Base Plate:</i>
Gesamthöhe:	410 mm	<i>Total Height:</i>
Polhöhe über Grundplatte:	182.5 mm	<i>Pole Height above Base Plate:</i>
Anschlüsse: Laborbuchsen mit kombinierter Schraubklemme	4 mm	<i>Terminals: 4 mm female with universal wire fixture</i>
Induktivität (Spulenpaar):	1.89 H / 10 Hz 1.085 H / 20 Hz 0.55 H / 50 Hz 0.4 H / 100 Hz	<i>Inductance (Pair of Coils):</i>
Empfohlenes Gleichspannungsnetzteil bei Serienschaltung:	250 V / 20 A	<i>Recommended DC Power Supply for serial coil operation:</i>
Remanenzflussdichte:	typ. 5-8 mT	<i>Remanent Flux Density:</i>
Gewicht:	118 kg	<i>Weight:</i>

#### **Sicherheitshinweise:**

Der Magnet darf nur von Fachpersonal in Betrieb genommen werden. Aufgrund der starken Magnetfelder, die beim Betrieb des Magnets entstehen, kann es zu erheblichen Beeinträchtigungen von Körperhilfen (z.B. Herzschrittmacher) oder auch elektronischen Geräten (z.B. Magnetspeicher wie Festplatten) kommen. Entsprechende Warnhinweise sind anzubringen und Sicherheitsvorkehrungen gegen unbefugte Benutzung sind zu treffen.

Vor der Inbetriebnahme des Magnets müssen die Klemmungen an den Polen unbedingt fest geschlossen sein. Bei Stromfluß wirken erhebliche Kräfte auf die Pole, die insbesondere bei kleinen Luftspalten und hohen Stromstärken so stark werden können, daß nicht arretierte Pole unvermittelt aufeinander schlagen und eventuell Sach- und Personenschäden entstehen können.

Bei der Verkabelung der Magnetspulen sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften zu beachten, da die auftretenden Spannungen bei ca. 250 V liegen können. Niemals die Verkabelung des Magneten schlagartig

#### **Safety Precautions:**

*The magnet shall only be operated by skilled persons. The strong magnetic fields may harm persons with pacemakers or sensitive electronic equipment (e.g. magnetic storage devices like hard discs). Attach suitable warning labels and prevent unauthorized use of the equipment.*

*Both clamping hand levers must be locked before operating the magnet. There are high forces acting on the magnet poles while current is flowing through the coils. These forces may cause unlocked poles to impact suddenly with danger for health and materials.*

*The cable connections of the magnet shall be made according the relevant safety regulations because voltages in the order of 250 V may cause severe danger to health.*

trennen, solange dieser unter Strom steht, es können sehr hohe, lebensgefährliche Induktionsspannungen entstehen, die zur Zerstörung der angeschlossenen Geräte führen können.

#### **Benutzung:**

Bei der Erzeugung von starken Magnetfeldern wird der Elektromagnet AGEM 5520 in der Regel im nichtlinearen Bereich der magnetischen Permittivität betrieben. Dies hat zur Folge, daß mit linear zunehmender Stromstärke die Werte der magnetischen Flussdichte allmählich abflachen, d.h. der Magnet gerät zunehmend in die Sättigung. Grundsätzlich lassen sich bei kleinem Luftspalt große Flussdichten mit relativ geringem Strom erzeugen. Der "Sättigungsknick" in der Magnetisierungskurve ist dann stärker ausgeprägt. Durch Vergrößerung des Luftspalts erfolgt eine zunehmende Linearisierung der Magnetisierungskurve, allerdings werden dann auch höhere Stromstärken benötigt und die erreichbaren Flussdichten werden geringer. Die Leistungsfähigkeit des Elektromagnets ist wesentlich durch die in der Kupferwicklung entstehende Verlustleistung bestimmt. Die Verlustleistung ist proportional zum Quadrat des Spulenstroms. Da aus wirtschaftlichen Gründen auf eine Wasserkühlung verzichtet wurde, können große Stromstärken nur für kurze Zeiten einwirken. Aufgrund der großen Masse und Wärmekapazität der Wicklung ist der Magnet jedoch in der Lage, 5 kW Leistung 2 Minuten lang zu verkraften, wobei ein Temperaturanstieg von 20° C auf etwa 60° C entsteht. Anschließend muß ausreichende Zeit zur Abkühlung abgewartet werden. Die Abkühlung erfolgt über Strahlung und Konvektion und kann durchaus 30 min bis etwa 1 Stunde und mehr in Anspruch nehmen. Eine deutliche Verkürzung der Abkühlzeit kann durch den Einsatz von Ventilatoren erreicht werden.

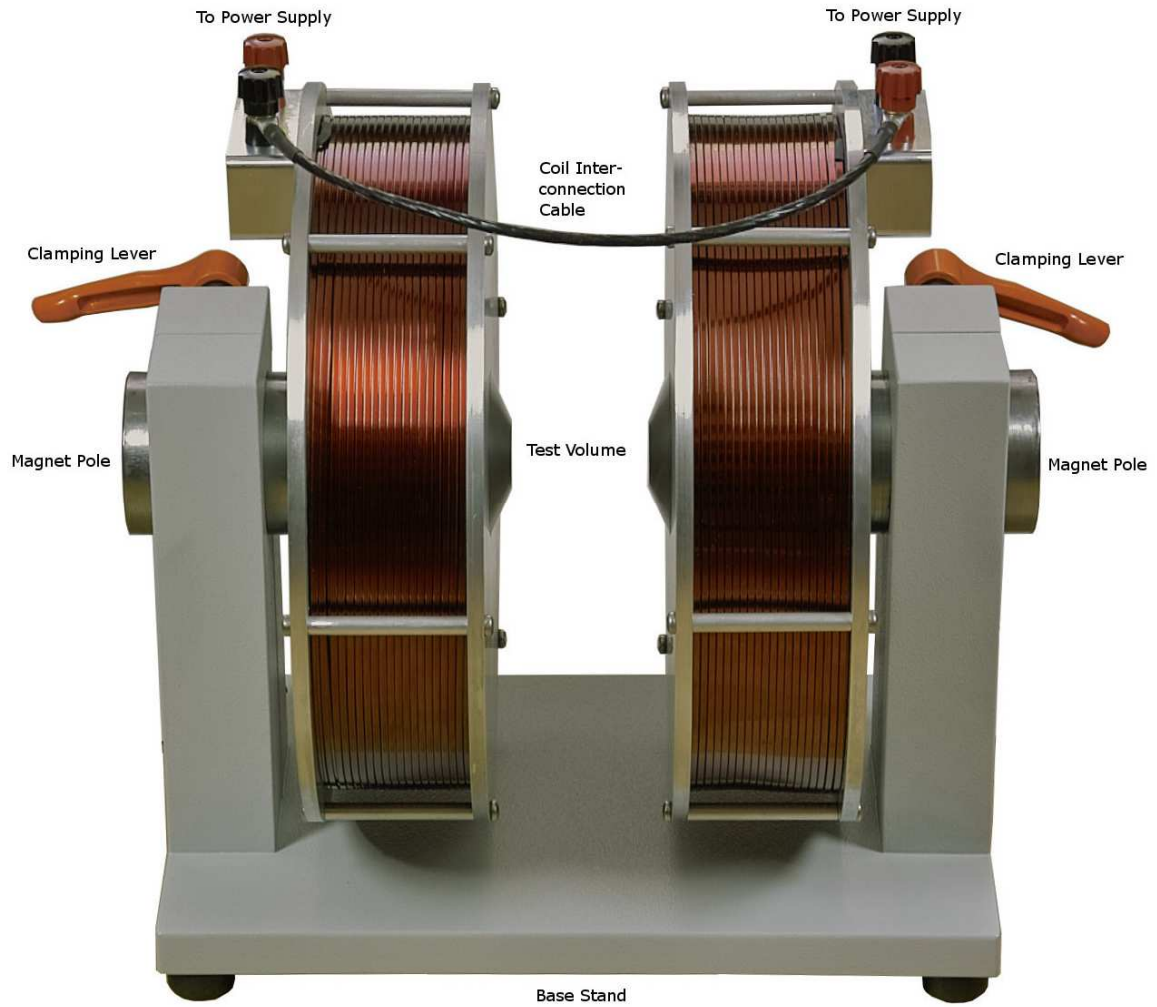
Die Pole sollten immer leicht eingefettet sein, um Korrosion durch Flugrost zu vermeiden. Die Magnetspulen werden üblicherweise in Serie geschaltet, indem der Pluspol (rot) der rechten Spule mit dem Minuspol (schwarz) der linken Spule mit dem mitgelieferten kurzen Kabel verbunden wird. Der Pluspol des Netzteils wird mit dem Pluspol der linken Spule verbunden, der Minuspol des Netzteils mit dem Minuspol der rechten Spule. Durch die Reihenschaltung wird gleiche Stromstärke in beiden Spulen erreicht, was zu guter Feldhomogenität und Symmetrie des Feldstärkeverlaufs führt. In Einzelfällen kann jedoch auch eine Parallelschaltung der Spulen sinnvoll sein, insbesondere wenn Doppelnetzeile zur Verfügung stehen, die einen Master-Slave Betrieb erlauben.

*Never disconnect the cabling of the magnet while current is applied! This can generate very high induction voltages, which can be highly dangerous to both, operators and connected equipment.*

#### **Operation:**

*The electromagnet AGEM 5520 is usually operated in the non-linear range of permittivity when high fieldstrengths are required. This leads to a more flat characteristic of the magnetic flux density with increasing drive current, the iron of the poles become saturated. In general the achievable magnetic flux density between the poles becomes larger with decreasing air gap spacing. The sharp bend of saturation is more pronounced the shorter the air gap is. Enlarging the air gap leads to a "linearisation" of the magnetizing curve, but the achievable flux density reduces. The performance of the magnet is mainly limited by the losses of the copper windings. These losses are proportional to the square of drive current flowing through the coil. A water cooling of the coils was not provided because of economic reasons. Because of the very large thermal capacity of the magnet it can be operated with 5 kW power for 2 minutes, which rises the temperature from 20°C to 60°C. Afterwards a cooling time of approx. 30 min to 1 hour is needed to bring the coils close to room temperature. The cooling time can be reduced significantly when using fans to get rid of the heat.*

*The poles should always be covered slightly with grease to avoid corrosion by surface rust. The magnet coils are usually connected in series, which provides the same current flowing through each coil. The cabling for series connection is made as follows: the short interconnection cable is connected to the red terminal of the right coil and to the black terminal of the left coil. The positive terminal of the power supply is connected to the red terminal of the left coil, the black terminal of the right coil is connected to the negative terminal of the power supply. In special cases however it makes sense to operate the coils in parallel connection, e.g. using a dual power supply with master-slave capability.*



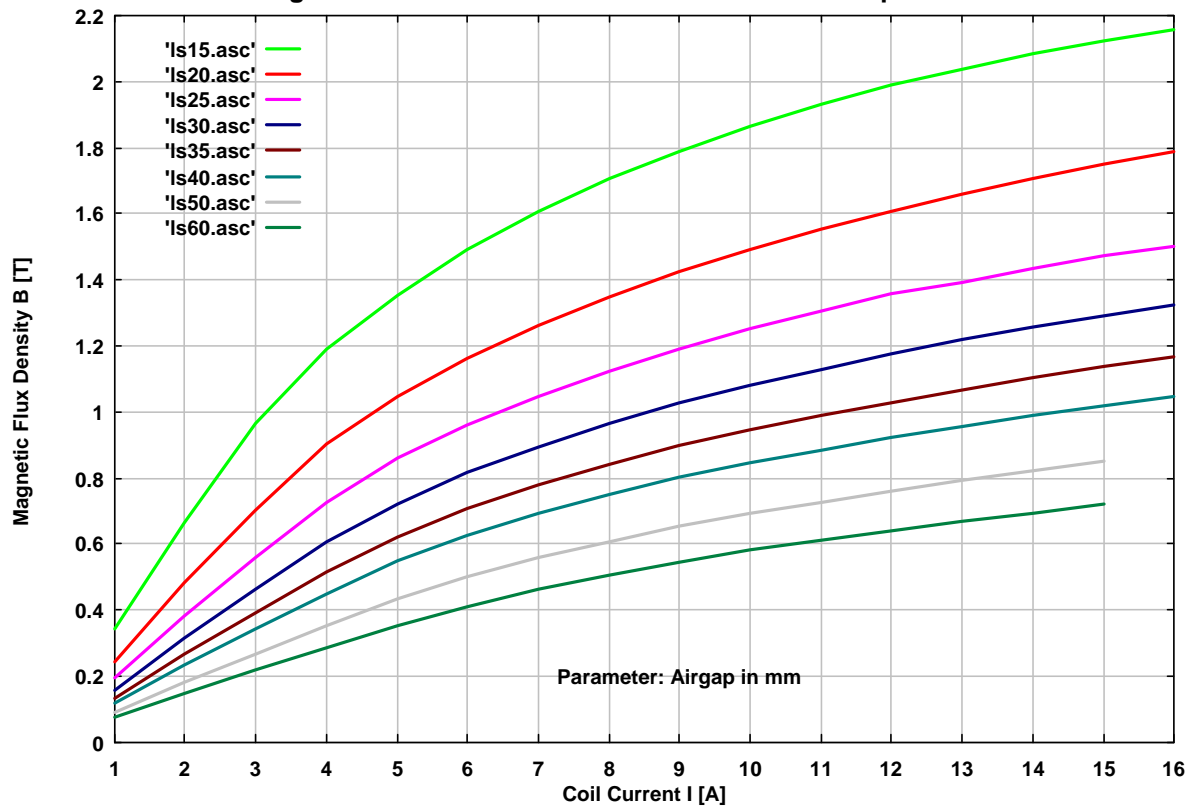


Bei kleinen Luftspalten und großen Stromstärken wirken immense Kräfte auf die Magnetpole ein. Diese Feldkräfte können unter Umständen zu einer (elastischen) Verformung der Grundplatte und daher wiederum zu einer Größenänderung des Luftspalts führen. Aus diesem Grund werden für Luftspaltabmessungen von 15 mm bis 40 mm Distanzstücke aus Kunststoff verwendet, die an der Oberseite des Magnets eingelegt werden und während der Messung dort verbleiben. Jedes Distanzstück kann für zwei Luftspaltabmessungen gemäß Beschriftung verwendet werden. Insgesamt stehen drei verschiedene Distanzstücke zur Verfügung: 15/20 mm, 25/35 mm, 30/40 mm.

*When operated with small air gaps and high currents, enormous forces are impacting at the magnet poles. These forces might lead to a noticeable, elastic deformation of the base stand, which will result in a reduction of the air gap. To avoid this effect, three different distance blocks made of plastic are supplied with the magnet, which are inserted on top of the magnet coils. Each distance block is useable for two air gap dimensions as labelled on each block: 15/20 mm, 25/35 mm, 30/40 mm.*



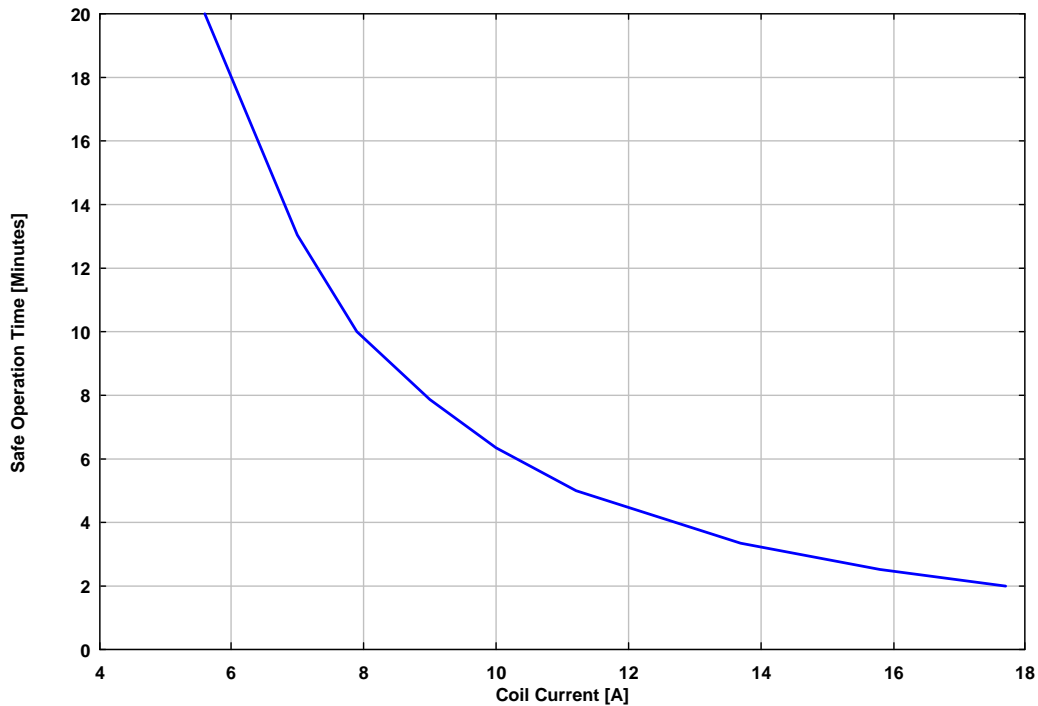
**Magnetic Flux Density at different Air Gaps**  
**Magnetische Flussdichte bei verschiedenen Luftspalten**



Strom Current A	Magnetische Flussdichte bei verschiedenen Luftspalten in T Magnetic Flux Density at different Air Gaps in T							
	15 mm Air Gap	20 mm Air Gap	25 mm Air Gap	30 mm Air Gap	35 mm Air Gap	40 mm Air Gap	50 mm Air Gap	60 mm Air Gap
1	0.34146	0.241967	0.194018	0.15753	0.13395	0.11644	0.09066	0.073841
2	0.66277	0.4799	0.38066	0.31318	0.26436	0.23116	0.180176	0.145401
3	0.96284	0.7038	0.5596	0.4626	0.39261	0.34268	0.267325	0.216664
4	1.19145	0.9017	0.72752	0.60450	0.51632	0.44934	0.35172	0.28574
5	1.35445	1.0466	0.85777	0.72334	0.6222	0.54855	0.43205	0.35216
6	1.49133	1.1639	0.9600	0.81733	0.7068	0.62627	0.50065	0.41204
7	1.6077	1.2636	1.04908	0.89499	0.77836	0.69287	0.55784	0.46215
8	1.7048	1.3504	1.125098	0.96496	0.84155	0.75083	0.60758	0.50612
9	1.7888	1.4246	1.19190	1.02530	0.89721	0.80273	0.65261	0.54524
10	1.8643	1.49218	1.25098	1.07830	0.94553	0.8477	0.69227	0.58067
11	1.931	1.55384	1.30585	1.12768	0.98718	0.88203	0.7274	0.61189
12	1.9883	1.60926	1.35697	1.17371	1.02921	0.91996	0.76033	0.64079
13	2.0398	1.65892	1.39250	1.21753	1.06795	0.95619	0.79162	0.66800
14	2.0853	1.70509	1.43397	1.25548	1.10379	0.98922	0.82128	0.69417
15	2.1248	1.74825	1.47322	1.29075	1.13704	1.01968	0.84817	0.71828
16	2.15967	1.78999	1.5	1.32429	1.16863	1.04822		



**Safe Operation Time**  
**Sichere Betriebsdauer**



**Power Loss in Magnet Coil Windings**  
**Wirkleistungsumsatz in den Magnetspulen**

