

# Magnetisches Schirmungssystem **MAGSS** zur Schirmung statischer und langsamveränderlicher Magnetfelder

## 1 Statische und langsamveränderliche Magnetfelder

Dauermagnete – wie sie beispielsweise in der Medizintechnik (MRT) verwendet werden, erzeugen ein Magnetfeld, das sich zeitlich gar nicht oder nur sehr langsam verändert. Es wird *statisches* Magnetfeld genannt. Gleiches geschieht, wenn hohe Gleichströme fließen, beispielsweise in Solaranlagen.

In Anlagen der Elektroenergieversorgung (Schaltanlagen, Transformatorstationen, Gleich- und Frequenzumrichter) fließen hohe elektrische Wechselströme. Diese Ströme verursachen ein Magnetfeld, das sich mit der Netzfrequenz ändert (also ein Gleichfeld bei Gleichstrom, 16 2/3 Hz bei Bahnanlagen und 50 Hz in der Elektroenergieversorgung). Weil sich diese Magnetfelder im Vergleich zu Hochfrequenzfeldern vergleichsweise langsam ändern, spricht man von *quasistatischen* Feldern.

Die *Abschirmung* magnetischer Felder ist oft zur Einhaltung von EMV- oder Personenschutzgrenzwerten erforderlich. Außerdem müssen empfindliche Geräte, wie beispielsweise EKG- oder EEG-Systeme, Elektronenmikroskope etc. gegen den Einfluss von Magnetfeldern geschützt werden.

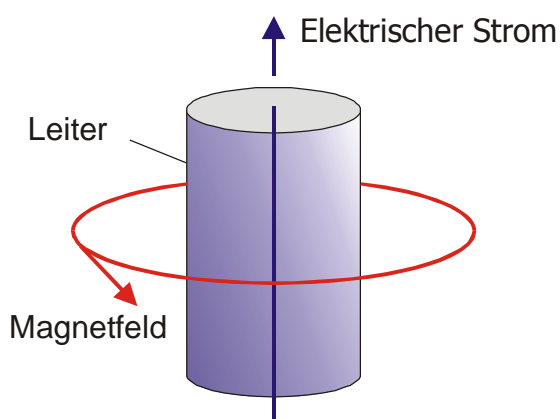


Bild 1 Jeder elektrische Strom verursacht ein Magnetfeld.

Eine Größe zur Erfassung des Magnetfeldes ist die magnetische Flussdichte, die in *Tesla* (Abk. T) gemessen wird.

Bild 2 zeigt die Intensität eines Magnetfeldes, wie es typischer Weise in der Umgebung eines Drehstromsystems auftritt.

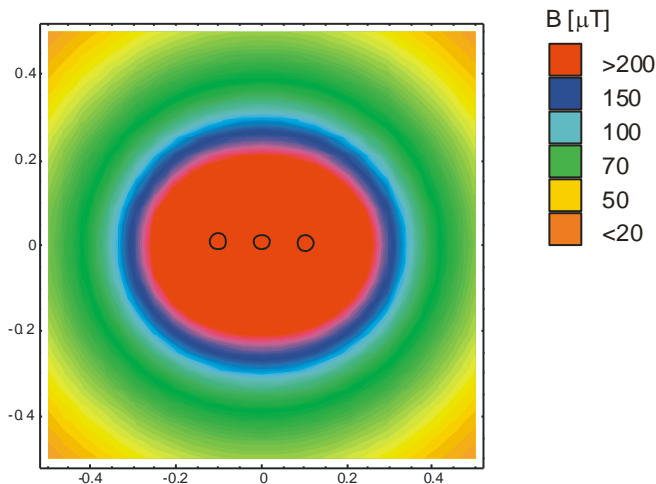


Bild 2 Betrag der magnetischen Flussdichte um ein Dreileiter-Kabel (Betriebsstrom 100 A) ohne Schirmungsmaßnahmen. Achsenbeschriftung in Metern.

### Magnetostatischer Schirm

Die Schirmung von niederfrequenten Magnetfeldern erfolgt mit *weichmagnetischem*, Material, das sich leicht ummagnetisieren lässt. Es muss außerdem eine hohe Magnetisierbarkeit besitzen, was bei *ferromagnetischen* Stoffen wie Eisen, Kobalt oder Nickel der Fall ist.

Die hohe Magnetisierbarkeit führt zu einer Bündelung der Flusslinien im Material, ähnlich einem Eisenkreis in einer elektrischen Maschine (Trafo, Motor), Bild 3. Weil sich das Magnetfeld im Schirmmaterial bündelt, herrscht im Bereich hinter der Schirmfläche ein geringeres Feld. Man spricht dann vom *magnetostatischen Schirm*.

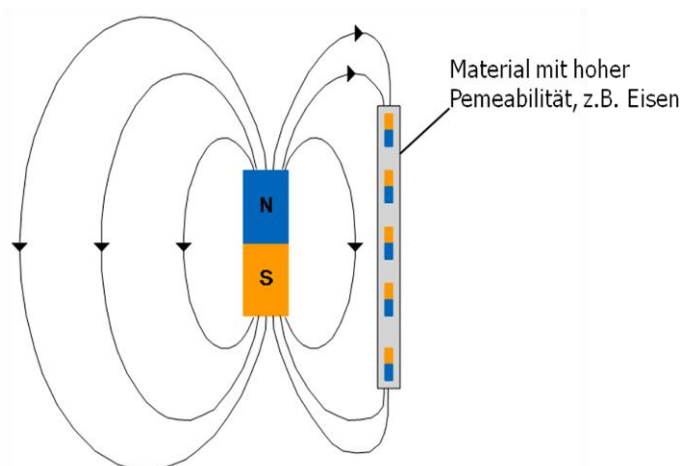


Bild 3 Bündelung des magnetischen Flusses durch permeables Material

Im Gegensatz zur Schirmung von hochfrequenten Wellenfeldern, die sich im Raum ausbreiten, ist bei langsamveränderlichen Magnetfeldern nicht unbedingt die Schaffung einer geschlossenen Hülle erforderlich. Bei bekannter und gleichbleibender Position der Feldursache kann auch mit Teilabschirmungen an der richtigen Position der gewünschte Schirmungseffekt erzielt werden.

Der magnetostatische Schirm ist dann besonders wirkungsvoll, wenn die magnetischen Feldlinien eher parallel zur Schirmfläche verlaufen.

## Schirmwirkung durch den Induktionseffekt

Die vom elektrischen Versorgungsnetz verursachten Felder besitzen eine Frequenz von 50 Hz. Damit ist das Magnetfeld in der Lage, elektrische Spannungen zu induzieren. Das bedeutet, in Ergänzung zum oben beschriebenen Bündelungseffekt des magnetostatischen Schirms, kann durch zusätzliche Verwendung von elektrisch leitfähigem Material (z. B. Aluminium) ein *elektrodynamischer Schirmungseffekt* erzielt werden.

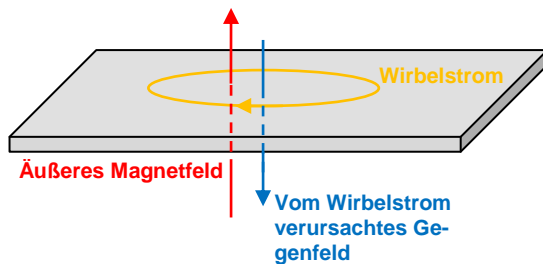


Bild 4 Prinzip des elektrodynamischen Schirms

Da bei 50 Hz die Induktionswirkung des magnetischen Feldes jedoch begrenzt ist, wären zur Erzielung nennenswerter Schirmdämpfungen ausschließlich mit Hilfe von Wirbelstromerzeugung sehr hohe Materialstärken erforderlich. Die Verwendung von leitfähigem Material ist daher nur eine Ergänzung zum ferromagnetischen Schirm.

Die Schirmwirkung aufgrund des Induktionseffektes ist dann besonders wirkungsvoll, wenn die magnetischen Feldlinien eher senkrecht zur Schirmfläche verlaufen.

Dieses Schirmungsprinzip ist nur bei Wechselfeldern anwendbar. Es funktioniert umso besser, je höher die Frequenz ist. Bei Gleichfeldern findet keine Induktion statt - eine Abschirmung ist nur – wie oben beschrieben – mit einem magnetostatischen Schirm unter Verwendung von magnetisierbarem Schirmungsmaterial möglich.

*Eine Abschirmung von magnetischen Gleichfeldern mit Aluminium, Kupfer oder Beton ist nicht möglich.*

## 2 **MAGSS** – Ein System zur magnetischen Abschirmung

### 2.1 Der Systemgedanke

Magnetische Felder sind oft sehr inhomogen. An Ecken und Kanten bilden sich oft „Hot-Spots“ mit hohen Feldstärkewerten aus.

Der Entwurf einer geeigneten magnetischen Schirmung hängt daher ab von

- benötigtem Schirmfaktor
- zu erwartender Feldstärke des abzuschirmenden Feldes
- der Geometrie des Feldes
- Frequenz des Feldes (Gleichfeld, Bahnstromfrequenz, 50 Hz oder höher)
- den Eigenschaften der gewählten Abschirmmaterialien
- dem mechanischen Aufbau und den Materialverbindungen

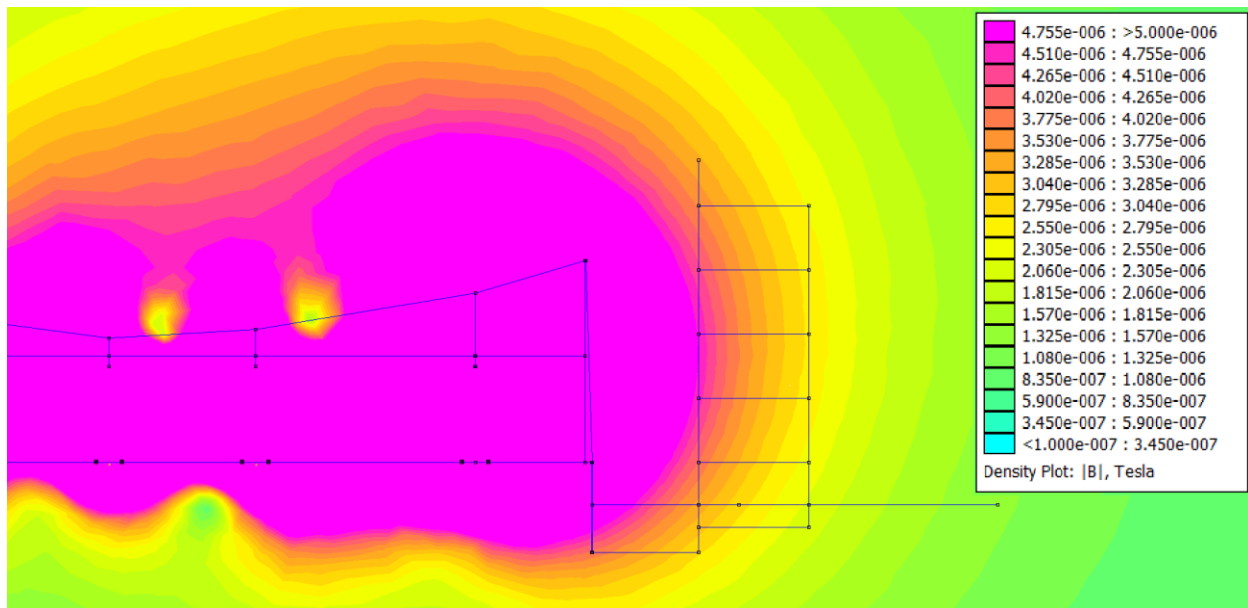


Bild 5 Simulationsrechnung: Magnetische Flussdichte an einer Bahnanlage

Durch den Einsatz eines *Schirmungssystems*, welches auf definierten, geprüften Komponenten beruht, lassen sich magnetische Schirmungen mit hoher Effizienz, Zuverlässigkeit und in hoher Qualität realisieren. Um mit standardisierten Komponenten eine geforderte Schirmwirkung zu erreichen, wurde daher das magnetische Schirmungssystem **MAGSS** entwickelt, das auf einem Reineisen-Aluminium-Verbundmaterial mit definierten Eigenschaften basiert. Dabei wurden zahlreiche Gesichtspunkte berücksichtigt

- Definierte Abschirmwirkung mit optimalen magnetischen und elektrischen Verbindungen
- Erweiterbarkeit
- Anpassung an beliebige Raumgeometrien
- Lösungen für Wände / Decken, Böden und Kabelkanäle
- Montagefreundlichkeit, auch auf gedämmten Flächen
- Revisionierbarkeit / Austausch von Elementen
- Korrosionsschutz
- Optik

Bei einfachen Aufgabenstellungen ist es für jeden Installationsbetrieb möglich, mit **MAGSS**-Standardteilen eine definierte Schirmwirkung zu erzielen.

**In der Realisierung erreicht das Schirmungssystem **MAGSS** mit Standardplatten einen Schirmfaktor von 8 bis 10, je nach Feldausrichtung.**

Bei komplexen Aufgabenstellungen führen wir projektspezifisch eine optimale Schirmauslegung durch. Dabei wenden wir bewährte Verfahren zur Feldberechnung an. **Schirmungstechnik** verfügt über die Kompetenz und die Erfahrung, magnetische Abschirmungen komplett CAD-gestützt zu entwerfen, zu fertigen, vor Ort zu montieren und abschließend die Wirksamkeit zu prüfen.



Bild 6 Schirmung eines physikalisch-technischen Labors mit **MAGSS**

## 2.2 Aufbau des Schirmungssystems

Basis des Schirmungssystems ist ein Verbund aus Reineisen-Platten mit Aluminium-Blechtefeln.

Diese Verbundtafeln werden als „Nut-und-Feder“ - Platten montiert und miteinander verschraubt. Als Unterkonstruktion dienen Standard-Profilschienen, die auf nahezu allen Untergründen montiert werden können.

Bestandteile des Systems sind

- Standard-Verbundplatten für Wände und Decke
- Verbund-Winkel für Raumkanten
- Verbund-Eckteile für Raumecken
- Verbinder zum Längenausgleich
- U-Verbundteile für Kabelkanäle
- Standardisiertes Material für die Unterkonstruktion
- Erdungsmaterial

Bild 7 zeigt eine Anordnung der Elemente im Deckenspiegel.

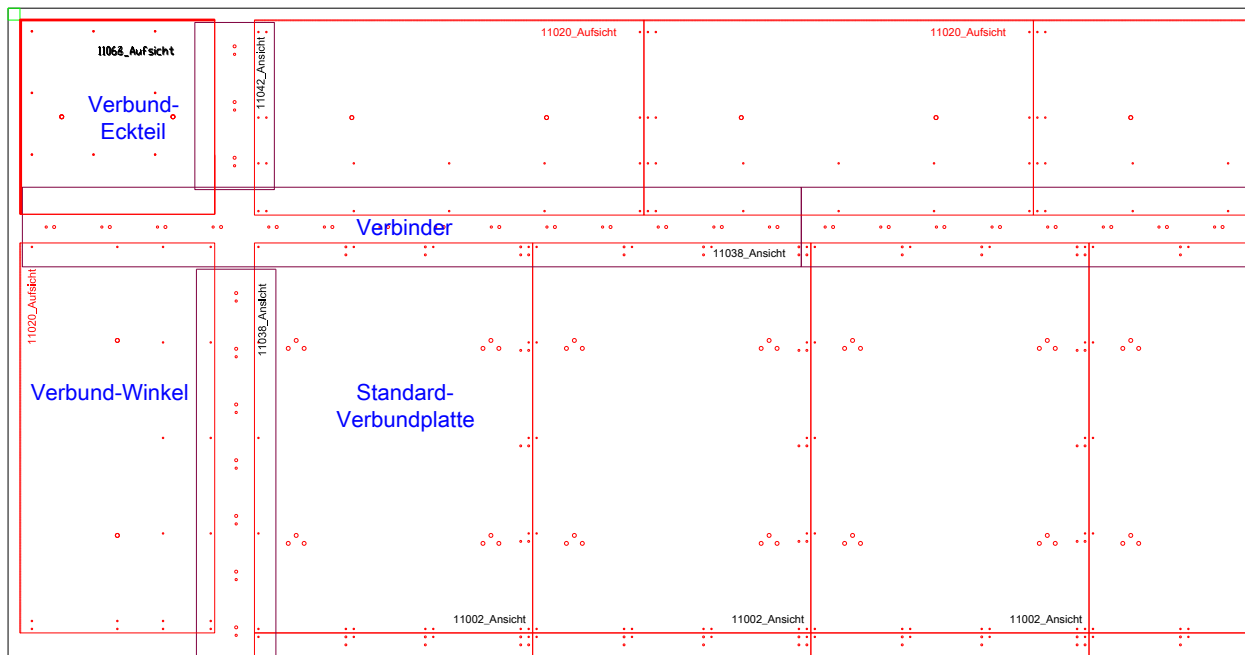


Bild 7 **MAGSS**: Elemente der Schirmung im Deckenspiegel

Die Unterkonstruktion erlaubt eine nivellierende Montage auf nahezu allen Untergründen, insbesondere auch auf gedämmten Betondecken, wie das bei der Abschirmung von Transformatorräumen häufig vorkommt, siehe Bild 8.

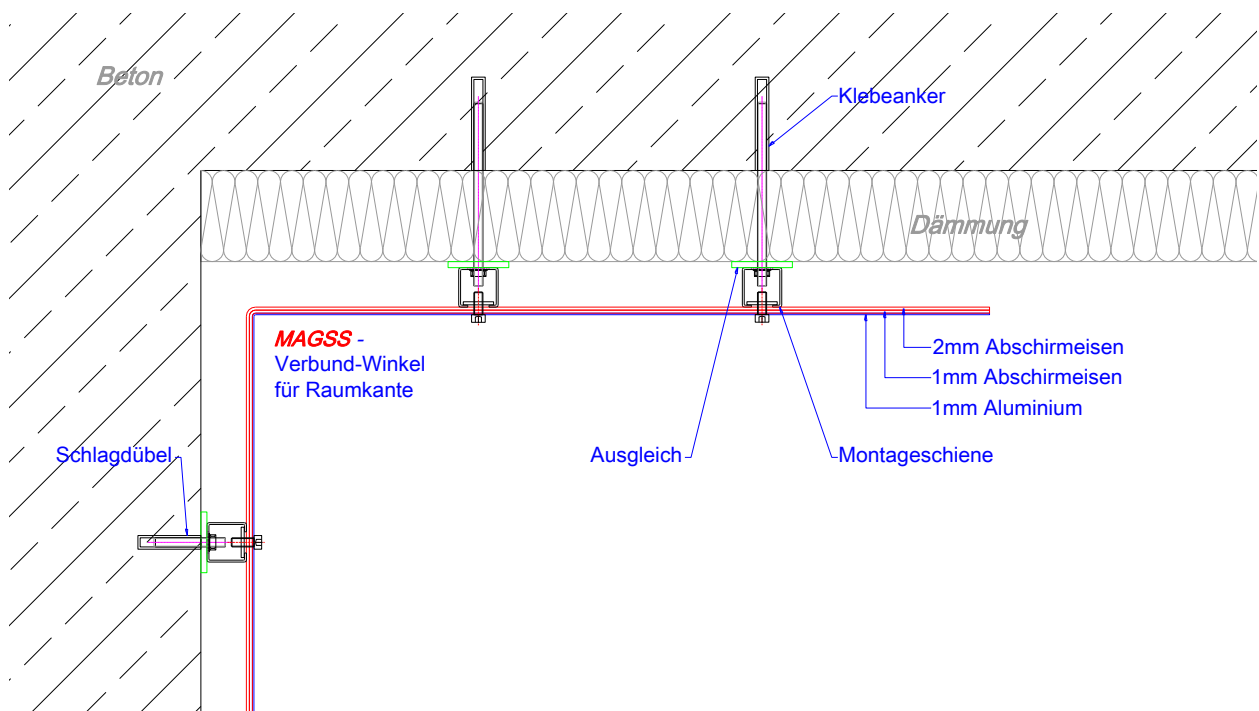


Bild 8 **MAGSS**: Ausbildung von Raumkanten

## 2.2.1 Standard-Verbundplatten

Tabelle 1 Eigenschaften von Standard-Verbundplatten

		<b>3-lagige Verbundplatten</b>
Aufbau		2x2 mm Reineisen, 1 mm Aluminium
Überlappung (Länge Feder)		20 mm
<hr/>		
Standardmaße und Gewicht	Maße [mm]	Gewicht [kg] (Verbund komplett)
	490 x 980 <b>Übliche Platte für Flächen</b>	18,4
	980 x 980 <b>Nicht empfohlen wegen Montagegewicht</b>	36,8
	700 x 980	26,3
	420 x 980	15,8
	140 x 980	5,3
	700 x 700	18,8
	490 x 700	21,2
	420 x 700	11,3
	140 x 700	3,8
	490 x 490	9,2
	420 x 490	7,9
	140 x 490	2,6
	420 x 420	6,8
	140 x 420	2,3
	140 x 140	0,8

## 2.2.2 Verbund-Winkel

Tabelle 2 Eigenschaften von Standard-Verbundwinkeln

		<b>3-lagige Verbundwinkel</b>
Aufbau		2x2 mm Reineisen, 1 mm Aluminium
Überlappung (Länge Feder)		20 mm
Standardmaße und Gewicht	Maße [mm]	Gewicht [kg] (Verbund komplett)
	490 x 490 x 980 <b>Üblicher Winkel für lange Kanten</b>	36,8
	490 x 490 x 700	26,3
	490 x 490 x 490	18,4
	490 x 490 x 420	15,8
	490 x 490 x 140	5,3
	490 x 980 x 980	55,2
	490 x 980 x 700	39,4
	490 x 980 x 490	27,6
	490 x 980 x 420	23,6
	490 x 980 x 140	7,9



### 2.2.3 Eckteile

Tabelle 3 Eigenschaften von Standard--Eckteilen

			<b>3-lagige Verbundplatten</b>
Aufbau			2x2 mm Reineisen, 1 mm Aluminium
Überlappung (Länge Feder)			keine
Standardmaße und Gewicht	Maße [mm]		Gewicht [kg] (Verbund komplett)
	490 x 490 x 490		27,6

### 2.2.4 Verbinder zum Längenausgleich

Tabelle 4 Eigenschaften von Verbindungselementen zum Längenausgleich

			<b>2-lagige Verbundwinkel</b>
Aufbau			1x2 mm Reineisen, 1 mm Aluminium
Abstandsausgleich von Plattenabstände (= Arbeitsbereich)			10 mm 160 mm
Standardmaße und Gewicht	Maße [mm]		Gewicht [kg] (Verbund komplett)
	200 x 1960		8,0
	200 x 980		4,0
	200 x 490		2,0
	200 x 420		1,7
	200 x 210		0,9

## 2.2.5 Kabelkanalschirmung

Tabelle 5 Eigenschaften von geschirmten Kabelkanälen für Elektrotrassen

		<b>3-lagige Kanalprofile</b>
Aufbau		2x2 mm Reineisen, 1 mm Aluminium
Überlappung (Länge Feder)		20 mm
<hr/>		
Standardmaße und Gewicht	Maße [mm]	Gewicht [kg] (Verbund komplett)
	180 x 100 x 1960	42,0
	380 x 100 x 1960	72,1
	180 x 100 x 980	21,0
	380 x 100 x 980	36,0

Weitere Abmessungen auf Anfrage

### 3 Technische Daten des **MAGSS**-Systems

Tabelle 6 Technische Daten des Schirmungssystems **MAGSS**

<b>Eigenschaft</b>	<b>Spezifikation</b>	
Aufbau der Standardelemente	2 x 2 mm Reineisen zu Abschirmzwecken 1 mm Aluminium	
Schirmfaktor bei Flächenschirmung	8 – 10	
Schirmfaktor bei Kabelkanälen	10 - 12	
Verbindung der Elemente	Schrauben, Klemmen	
Einsatzbereich bei Flussdichte	nT und niedriger $\mu$ T-Bereich	
Anwendungsort	An Störsenke oder -Störquelle	
Anwendungsfall	Verbesserung der EMV: Schutz vor magnetischen Störungen Einhaltung von EEG / EKG - Grenzwerten Einhaltung von Personenschutzgrenzwerten MRT-Abschirmung	
	<b>Eisen-Lagen</b>	<b>Aluminium-Lagen</b>
Zusammensetzung	Eisen 99,85 % Fe	Aluminium
Koerzitivfeldstärke [A/m]	60 - 120	-
Sättigungsflussdichte [T]	2	-
Anfangspermeabilität $\mu_4$ bei f = 0 Hz	300 - 500	-
Maximale Permeabilität $\mu_{max}$ bei f = 0 Hz	3500 -6500	-
Spezifischer Widerstand $\rho$ [ $\Omega$ m]	$0,107 \cdot 10^{-6}$	$0,028 \cdot 10^{-6}$
Spezifische Leitfähigkeit $\sigma$ [1/( $\Omega$ m)]	$9,35 \cdot 10^6$	$35,7 \cdot 10^6$
Dichte [kg/dm <sup>3</sup> ]	7,86	2,7
Korrosionsverhalten	Behandlung mit Korrosions- schutzlack bei aggressiver Um- gebung erforderlich	Keine Korrosion

### 4 Magnetfeld-Messungen

**Schirmungstechnik** besitzt die erforderliche Messtechnik, um den Erfolg von Schirmungsmaßnahmen während und nach der Ausführung zu kontrollieren. Zum Einsatz

kommt dabei unser Magnetfeld-Messsystem, das die isotrope Messung magnetischer Gleich- und Wechselfelder im Zeit- und Frequenzbereich bis ca. 1 kHz ermöglicht. Durch den Einsatz von unterschiedlichen Sondensätzen können wir einen Dynamikbereich von wenigen nT bis in ca. 1 Tesla abdecken.

Der isotrope Feldstärkesensor, der besteht aus drei Hall-Sonden, siehe Bild 9. Diese sind so angeordnet, dass das Magnetfeld in den drei Raumrichtungen gleichzeitig bestimmt werden kann, Bild 10.

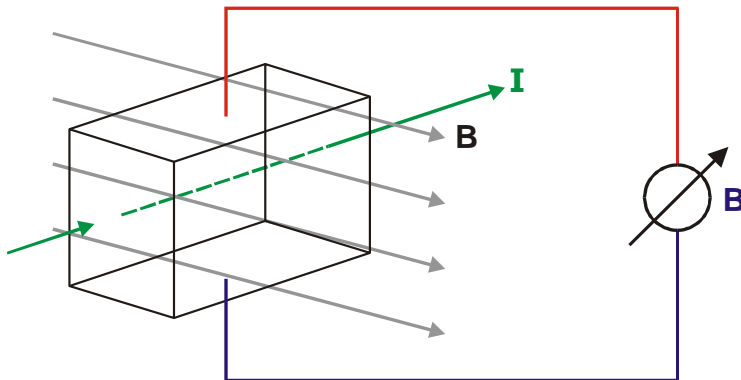


Bild 9 Funktionsprinzip einer Hall-Sonde

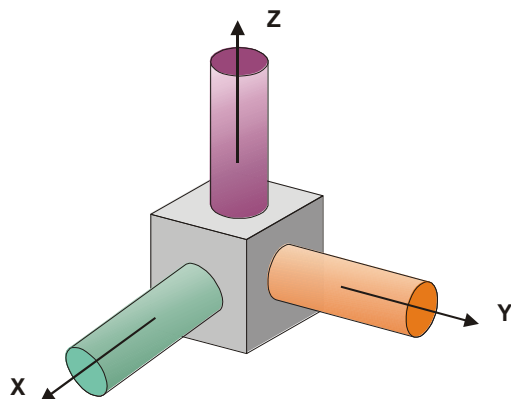


Bild 10 Anordnung dreier Hallsonden zu einem isotropen Sensor

Die von den Hallsonden des isotropen Sensors ausgegebenen Spannungen werden in einer Interface-Einheit verstärkt und mit einem Oszilloskop AD-gewandelt. Mittels angeschlossenen PC werden die Spannungswerte wieder in Feldstärkewerte umgerechnet.

Die über den Zeitverlauf gemessenen Feldstärkewerte werden abgespeichert und anschließend ausgewertet.

Die spektrale Analyse erfolgt durch Zeitbereichsmessung und FFT.

Für die Langzeitmessung und Auswertung steht uns ebenfalls die entsprechende Software zur Verfügung, so dass wir Gleich- und Wechselfelder über einen beliebigen Zeitraum messen und erfassen können.



Bild 11 Mobiles Magnetfeldmesssystem auf der Baustelle



Bild 12 Isotroper Magnetfeldsensor

Unser Magnetfeld-Messsystem hat sich in zahlreichen Einsätzen, insbesondere bei Standortmessungen für Magnetresonanztomographen, bewährt.

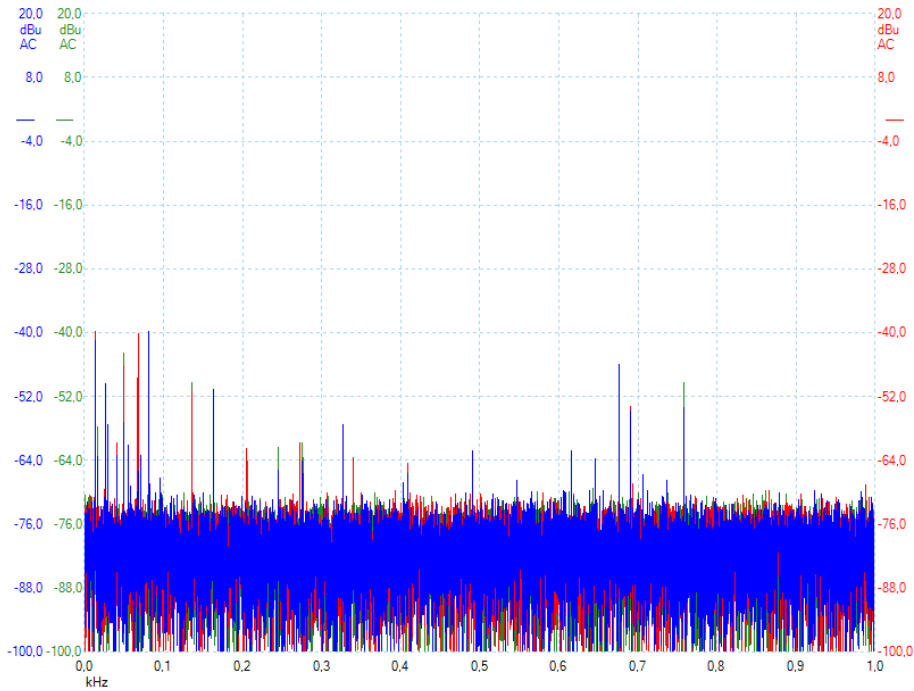


Bild 13 Spektrumanalyse bei einer magnetischen. Flussdichtemessung

## 5 Bauseitige Voraussetzungen / Hinweise

- Die Wände sollten eben sein: ebenes Sichtmauerwerk oder Putz. Zu große Unebenheiten erschweren die spaltfreie Montage der Schirmungsplatten.
- Der Rohbetonboden sollte gespachtelt sein.
- Wenn Lüftungskanäle die Schirmung durchdringen müssen gilt: Kanal nach Möglichkeit am Rand der Schirmung positionieren. Besser mehrere kleine Kanäle als ein großer.
- Rohrleitungen (metallisch / isolierend) dürfen die Schirmung durchdringen, sollten aber an der Schirmung geerdet werden.
- Die Befestigung von Gegenständen an geschirmten Wänden ist möglich. Leichte Gegenstände können mit Blechschrauben direkt auf der Schirmung montiert werden. Schwere Gegenstände können in den Wänden / der Decke bverankert werden. Bei der Montage muss dann aber zunächst durch das Metall und dann in das Mauerwerk / Beton gebohrt werden (verschiedene Bohrer nötig). Außerdem muss bei der Montage darauf geachtet werden, dass nicht durch mechanische Spannung Spalte zwischen den Metallplatten entstehen.
- Die Einbeziehung der Schirmung in den Potentialausgleich des Gebäudes ist erforderlich.
- Elektroinstallation: Alle stromführenden Leitungen erzeugen Magnetfelder. Deshalb sollten in dem Bereich, in dem die Feldstärke verringert werden soll, nur Kabel geführt werden, die für die Versorgung der dortigen Verbraucher erforderlich sind. Eine sternförmige Verkabelung ist sinnvoll. Auf eine „niederinduktive“ Leitungsführung möglichst nahe an der Schirmung oder Erde ist zu achten.
- Feuchtigkeit sollte vom ferromagnetischen Material unbedingt ferngehalten werden.
- Das Schirmmaterial stellt eine Dampfsperre dar. Die Schirmung aus ist aufgrund des Abstandes zur Wand / Decke jedoch hinterkühlt.

Bei der Schirmung von Kabeltrassen: Die vorhandenen Kabel müssen so von Ihren Befestigungen gelöst werden, dass ein Anbringen von geschirmten Kabelkanälen möglich ist. Die Kabeltrassen müssen zugänglich sein. Die Montage der Schirmung muss ggf. gemeinsam mit Elektrofachkräften erfolgen, die auch über die nötige Schaltberechtigung verfügen. Eine Abschaltung der Kabel zur Schirmungsmontage ist notwendig. Bei Neumontagen ist es günstig, das Schirmungsunterteil vor dem Verlegen der Kabel zu montieren

-

## 6 Literaturverzeichnis

- [DIN-VDE 12] DIN VDE 0100-710:2012-10 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-710: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Medizinisch genutzte Bereiche (IEC 60364-7-710:2002, modifiziert)
- [EMVG 98] Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten, Bundesgesetz der Bundesrepublik Deutschland, 1998
- [Eur 108 04] Richtlinie 2004/108/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit und zur Aufhebung der Richtlinie 89/336/EWG, 2004
- [Eur 40 04] Richtlinie 2004/40/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004
- [Eur 519 99] Empfehlung 99/519/EG des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Felder (0 HZ – 300 GHz), 1999
- [Kad 59] H. Kaden, „Wirbelströme und Schirmung in der Nachrichtentechnik“, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1959
- [Küpf 00] K. Küpfmüller / Gerhard Kohn „Theoretische Elektrotechnik und Elektronik. Eine Einführung“. Springer-Verlag , Berlin, 2000
- [Wo 08] H. A. Wolfperger, „Elektromagnetische Schirmung“, Springer-Verlag Berlin, 2008