

Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld





Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld



Impressum

Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld

ISBN (Druck-Version): 978-3-940009-26-5

ISBN (Online-Version): 978-3-940009-27-2

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: (08 21) 90 71-0

Fax: (08 21) 90 71-55 56

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

Prof. Dipl.-Ing. Peter Pauli, 85577 Neubiberg,

Universität der Bundeswehr München,

Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Am Henkelsee 13, 97376 Iphofen

Redaktion:

LfU, Referat 28 „Schallmessungen, Erschütterungen, Mobilfunk“ und

Referat 29 „Immissionsschutz Nordbayern“

Bildnachweis:

Christian Wiedemann, LfU (Titelbild, S. 2, 8 l.o., m.o., r.o., l.u., r.u., 16 m.o., r.o., m.u.), LfU-Referat 28 (S. 8 m.u.), Prof. Dipl.-Ing. Peter Pauli, Universität der Bundeswehr München (S. 16 l.o., r.u., 32), Fa. Sto AG, Stühlingen (S. 16 l.u., 25), Fa. Weiß & Weiß GmbH, Kirchheim b. München (S. 22), Fa. Dörken GmbH & Co. KG, Herdecke (S. 28), Fa. Biologa GmbH & Co. KG, Hohentengen-Stetten (S. 30)

Grafik: Klaus & Stoll, München (S. 12).

Druck:

Beck Druck, Königstr. 68, 95028 Hof

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

3., aktualisierte Auflage

Januar 2008

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Vorwort

Die Wirkungen der elektromagnetischen Felder von Mobilfunkbasisstationen beschäftigen weiterhin viele Mitbürgerinnen und Mitbürger. Dabei wird diskutiert, ob Intensitäten der Funkwellen unterhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte unserer Gesundheit schaden.

Nach wie vor sehen alle zuständigen internationalen und nationalen Gremien, die sich mit dieser Frage bis in die jüngste Zeit befassten, keinen Anlass, auf Grund des wissenschaftlichen Kenntnisstands Absenkungen der geltenden Grenzwerte zu empfehlen. Hier sind insbesondere die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung ICNIRP, die Weltgesundheitsorganisation WHO, die Europäische Union EU und die deutsche Strahlenschutzkommission SSK zu nennen. Auch nationale Kommissionen in England, Frankreich, Kanada und in den Niederlanden kommen zu diesem Ergebnis. Wir haben keinen Grund, an den Aussagen dieser Gremien zu zweifeln.

Das Landesamt für Umwelt (LfU) und andere Institutionen haben in Bayern an mittlerweile über tausend Orten, an denen sich Menschen üblicherweise aufhalten, gemessen. Danach überschreiten die Feldimmissionen von den Mobilfunkbasisstationen nur ausnahmsweise einmal ein Zehntel der Grenzwerte, geschweige denn die Grenzwerte selbst. Trotzdem machen sich manche Menschen Sorgen, was sie für sich und ihre Schutzbefohlenen zusätzlich tun könnten.

Daher haben wir vom LfU unter Finanzierung durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz eine Studie zur Schirmung hochfrequenter elektromagnetischer Felder durch verschiedene Materialien vergeben. Herr Prof. Dipl.-Ing. Peter Pauli, Experte für Hochfrequenz- und Radartechnik von der Universität der Bundeswehr in Neubiberg, hat sie zusammen mit Herrn Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Ingenieurbüro für Umweltanalytik Iphofen, erarbeitet. Die Verbesserung vorhandener, sowie die Entwicklung und Umsetzung neuer Ideen und Produkte erforderten die Überarbeitung dieser Broschüre, deren mittlerweile dritte Auflage Sie nun in Händen halten. Sie fasst die Ergebnisse für den interessierten Laien zusammen. Die erste und zweite Auflage sind zudem vergriffen.

Im Einzelnen geht es dabei um die Schirmung durch massive Baustoffe und Holzkonstruktionen, die beim Hausbau Verwendung finden. Auch Fenster, Dächer, Wandbeschichtungen, Textilien und Häuser sind getestet worden. Bei der Planung und Umsetzung aufwändigerer Maßnahmen unterstützen Sie Fachleute, deren Adressen Sie dem Internetauftritt des LfU entnehmen können.

Aufgestaute Angst kann krank machen. Untätigkeit löst sie nicht auf; vielmehr ist Angst Antrieb zum Handeln. Mit dieser Broschüre haben Sie auf physikalischen Tatsachen beruhende Daten an der Hand, auf Grund derer Sie selbst im Zusammenwirken mit qualifizierten Fachleuten hochfrequente elektromagnetische Felder in Ihrem Umfeld weiter mindern können. Sie haben damit die Chance, physikalisch wirksame Maßnahmen zu ergreifen, und können sich auf wissenschaftlich begründete Vorschläge verlassen. Hochfrequente elektromagnetische Felder sind physikalische Erscheinungen, die physikalisch auf Materie – dazu gehört auch biologisches Gewebe –, einwirken.

Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle
Präsident

1 Elektromagnetische Wellen	7
Anwendungen und Frequenzbereiche	7
Feldstärken und Leistungsflussdichte	7
D- und E-Netz, UMTS	8
2 Grenzwerte	9
Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV	9
Standortbescheinigung	10
3 Abstrahlung und Ausbreitung	11
Richtcharakteristik	11
Ausbreitung	11
Polarisation	12
4 Schirmung	13
Schirmdämpfung	13
Schirmungswirkungsgrad	14
Schirmfaktor	14
5 Messung der Schirmdämpfung	15
6 Messergebnisse	16
Massive Baustoffe	16
Kalksandstein + 50 % Magnetit	18
Hochlochziegel 36 cm mit und ohne Alu-Streifen	19
Holzkonstruktionen	20
Fenster und Zubehör	22
Fensterrahmen	22
Jalousien aus Metall	23
Wandbeschichtungen	25
Aluminium Sidings	25
Abschirmgewebe AES	25
Abschirmtapete	25
HF-Abschirmfarbe	25
Abschirmputz und Schutzplatte	25
Dächer	28
Textilien	30
Häuser	32
7 Wie gehe ich vor?	34
Schirmungsreduzierung durch Fenster- und Türöffnungen	34
Schirmungsreduzierung durch Spalte, Schlitze oder andere	
Schirmunterbrechungen	35
Erdung von Schirmmaterial	35
Kleinflächige Schirmung	36
8 Kosten	37
9 Adressen von Herstellern	40
10 Literaturtipps und Auszüge aus der 26. BImSchV	42
Literatur	42
Auszüge aus der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV	43

1 Elektromagnetische Wellen

Anwendungen und Frequenzbereiche

Die elektromagnetische Umwelt ist im hochfrequenten Bereich durch verschiedene funktechnische Anwendungen geprägt. Im Wesentlichen sind dies

- leistungsstarke Sender (Hörfunksender, TV-Sender, Radarsender),
- Mobilfunkbasisstationen mit mittlerer Sendeleistung und
- Handys sowie DECT-Telefone, die zwar mit relativ geringer Sendeleistung, dafür aber direkt in Kopfnähe betrieben werden.

Sie unterscheiden sich in Frequenz und Sendeleistung (siehe Tabelle 1).

Der hochfrequente Bereich umfasst Frequenzen zwischen 30 kHz und 300 GHz. Durch die Einheit Hertz (Hz) wird die Anzahl der Schwingungen des elektromagnetischen Feldes pro Sekunde angegeben.

Feldstärken und Leistungsflussdichte

Alle Sendeanlagen emittieren elektromagnetische Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Zu ihrer Beschreibung dienen neben der Frequenz

- die elektrische Feldstärke, das sogenannte **E-Feld** mit der Einheit **V/m** (Volt/Meter), und
- die magnetische Feldstärke, das sogenannte **H-Feld** mit der Einheit **A/m** (Ampere/Meter).

Im hochfrequenten Bereich (HF-Bereich) wird neben den E- und H-Feldstärken häufig die Leistungsflussdichte S einer elektromagnetischen Welle angegeben. Sie besitzt die Einheit W/m^2 (Watt pro Quadratmeter). Beim Mobilfunk sind in einigen Metern Entfer-

Elektromagnetische Wellen werden für viele Funkanwendungen zur Daten- und Nachrichtenübertragung genutzt. Die Stärke hochfrequenter elektromagnetischer Wellen wird durch das elektrische Feld E , das magnetische Feld H oder die Leistungsflussdichte S beschrieben.

Funkdienst	Frequenzbereich MHz	Sendeleistung Eingangleistung
Mittelwellensender	0,525 – 1,605	20 kW – 500 kW
Kurzwellensender	6 – 26	50 kW – 500 kW
UKW-Sender	87,5 – 108	Je Kanal bis 50 kW
VHF-TV-Sender / DVB-T	174 – 223	Je Kanal bis 20 kW (analog) Je Kanal 0,5 – 2 kW (DVB-T)
Basisstation TETRA	380 – 400	Je Kanal 1 – 40 W
TETRA-Handy	380 – 400	1 – 3 W
UHF-TV-Sender / DVB-T	470 – 862	Je Kanal bis 100 kW (analog) Je Kanal 0,5 – 12 kW (DVB-T)
D-Netz-Handy	880 – 915	2 W, $P_{\text{Mittel}} \approx 0,225 \text{ W}$
Basisstation D-Netz	925 – 960	Je Kanal 4 – 50 W
Flugsicherungsradar	1250 – 1350	0,5 – 2,5 MW, $P_{\text{Mittel}} < 2 \text{ kW}$
E-Netz-Handy	1710 – 1785	1 W, $P_{\text{Mittel}} \approx 0,125 \text{ W}$
Basisstation E-Netz	1805 – 1880	Je Kanal 5 – 20 W
DECT-Basisstation	1880 – 1900	0,25 W, $P_{\text{Mittel}} \approx 0,01 \text{ W}$
DECT-Handteil	1880 – 1900	0,25 W, $P_{\text{Mittel}} \approx 0,01 \text{ W}$
UMTS-Handy	1920 – 1980	< 1 W
UMTS-Mobilfunkbasisstation	2110 – 2170	Je Kanal 5 – 20 W
W-LAN, Bluetooth	2400 – 2480	Je Station 2,5 – 100 mW

Tab. 1: Übersicht über Quellen hochfrequenter elektromagnetischer Wellen, Frequenzbereiche und Sendeleistungen

nung von der Antenne die elektrische Feldstärke E und die magnetische Feldstärke H einander proportional: $E = 377 \Omega \cdot H$; zudem ist dann die Leistungsflussdichte S das Produkt aus E und H . (377 Ohm wird als Feldwellenwiderstand des freien Raumes bezeichnet.) Umrechnungen der drei Größen ineinander sind für beispielhafte Werte in Tabelle 2 dargestellt.

D- und E-Netz, UMTS

Im Brennpunkt der öffentlichen Diskussion stehen derzeit die Emissionen der Mobilfunkbasisstationen des D- und E-Netzes (um 0,9 GHz bzw. 1,8 GHz) sowie des UMTS-Mobilfunks (um 2,1 GHz). Deshalb konzentrieren sich die Hinweise in dieser Fachinformation hauptsächlich auf die Schirmung elektromagnetischer Wellen in diesen Frequenzbereichen.



Abb. 1: Beispiele für die Anwendung hochfrequenter elektromagnetischer Felder.

Tab. 2 (links): Umrechnung der Leistungsflussdichte in elektrische und magnetische Feldstärke E und H im HF-Bereich

S in W/m ²	E in V/m	H in A/m
0,01	1,94	0,0051
0,02	2,75	0,0073
0,05	4,34	0,011
0,1	6,14	0,016
0,2	8,68	0,023
0,5	13,7	0,036
1	19,4	0,051
2	27,5	0,073
5	43,4	0,115
10	61,4	0,16

Abkürzungen und Umrechnungen		
1 Hertz	= 1 Hz	
1 Kilohertz	= 1 kHz	= 1.000 Hz
1 Megahertz	= 1 MHz	= 1.000.000 Hz
1 Gigahertz	= 1 GHz	= 1.000.000.000 Hz
1 Watt	= 1 W	
1 Milliwatt	= 1 mW	= 0,001 W
1 Mikrowatt	= 1 µW	= 0,000 001 W
1 W/m ²	= 1.000 mW/m ²	= 1.000.000 µW/m ²
	= 0,1 mW/cm ²	
1 µm	= 0,001 mm	= 0,000 001 m

2 Grenzwerte

Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV

Um die Menschen in der Nachbarschaft von Sendeanlagen vor Gesundheitsschäden zu bewahren, sind in der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (siehe S. 43) – Grenzwerte festgelegt. Diese beruhen, wie in den meisten anderen Staaten, auf den Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung ICNIRP.

Im **Hochfrequenzbereich** gelten für die Allgemeinheit die Grenzwerte der Tabelle 3. Danach ergeben sich zulässige Leistungsflussdichten S für das D-Netz (um 0,9 GHz) von $4,5 \text{ W/m}^2$, für das E-Netz (um 1,8 GHz) von $9,2 \text{ W/m}^2$ und für UMTS (um 2,0 GHz) und höhere Frequenzen von 10 W/m^2 .

In der 26. BImSchV sind Grenzwerte für elektromagnetische Felder festgeschrieben, um die Allgemeinheit vor gesundheitsschädlichen Wirkungen zu schützen.

Frequenz f in MHz	Elektr. Feldstärke E in V/m	Magnet. Feldstärke H in A/m	Leistungsflussdichte S in W/m^2
10 - 400	27,5	0,073	2
400 - 2.000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$	$0,005 \cdot f$
2.000 - 300.000	61	0,16	10

Tab. 3: Grenzwerte für die Feldstärken E und H im Hochfrequenzbereich nach 26. BImSchV und die zugehörigen Leistungsflussdichten S in Abhängigkeit von der Frequenz in MHz

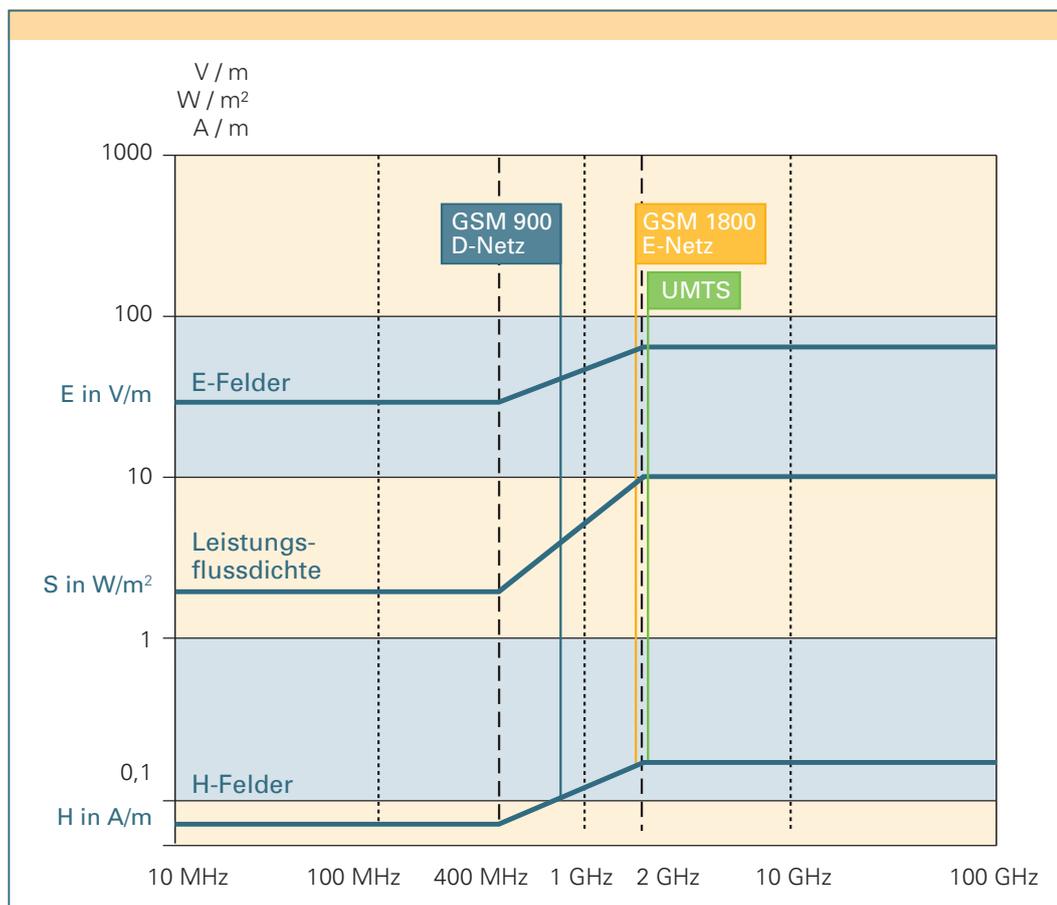


Abb. 2: Hier ist der Verlauf der Grenzwerte grafisch dargestellt (vgl. Tab. 3).

Die äquivalente isotrope Sendeleistung gibt an, mit welcher Sendeleistung ein Rundstrahler versorgt werden müsste, um dieselbe Feldstärke zu erzeugen wie eine Richtantenne in ihrer Hauptsende- richtung.

Abbildung 2 stellt den frequenzabhängigen Grenzwertverlauf anschaulich dar. Die Werte an der linken Seite des Diagramms gelten für E in V/m, H in A/m und S in W/m².

Standortbescheinigung

Für Sendeanlagen mit einer äquivalenten isotropen Sendeleistung von 10 Watt oder mehr im Frequenzbereich von 9 kHz bis 300 GHz muss bei der Bundesnetzagentur eine sogenannte Standortbescheinigung beantragt werden.

Dabei wird unter Berücksichtigung der technischen Daten aller am Standort betriebenen Sendeanlagen und der standortspezifischen Grundbelastung ein Sicherheitsabstand berechnet, ab dem die genannten Grenzwerte für elektrische und magnetische Felder nicht überschritten werden. Die Standortbescheinigung verliert bei Änderung der Anlage ihre Gültigkeit und ist vom Betreiber erneut zu beantragen.

3 Abstrahlung und Ausbreitung

Die Richtcharakteristik der Sendeantennen und die Abnahme der Leistungsflussdichte auf dem Ausbreitungsweg haben großen Einfluss auf die Immissionen im privaten Umfeld.

Richtcharakteristik

Sender, wie Hörfunk-, Fernseh- und Mobilfunksendeanlagen, müssen ein großes Gebiet versorgen. Es ist daher nicht sinnvoll, die Sendeleistung in alle Raumrichtungen gleichermaßen abzustrahlen. Die Richtcharakteristik wird meist so ausgelegt, dass die Leistung horizontal rundherum ungefähr gleichmäßig, in vertikaler Richtung aber nur in einem flachen Winkelbereich abgestrahlt wird (siehe Abbildung 3). Dies bringt einen Zugewinn an Leistungsflussdichte am Horizont des Versorgungsgebietes. Dafür ist in der Regel die Abstrahlung nach oben sehr gering. Auch steil nach unten muss wegen der Nähe der Empfänger weniger Leistung abgestrahlt werden.

Bei ungehinderter Wellenausbreitung können mit einer derartigen Station im D-Netz Teilnehmer in einem Umkreis von 15 km bis 20 km erreicht werden, im E-Netz nur von ca. 5 km bis 10 km. Dieser Versorgungsbereich wird als „Mobilfunkzelle“ bezeichnet, deren Ausdehnung wesentlich von der Sendeleistung abhängt. Bei UMTS schrumpfen die Mobilfunkzellen auf ca. 0,5 bis 2 km Radius. Infolgedessen können UMTS-Basisstationen mit geringeren Sendeleistungen betrieben werden.

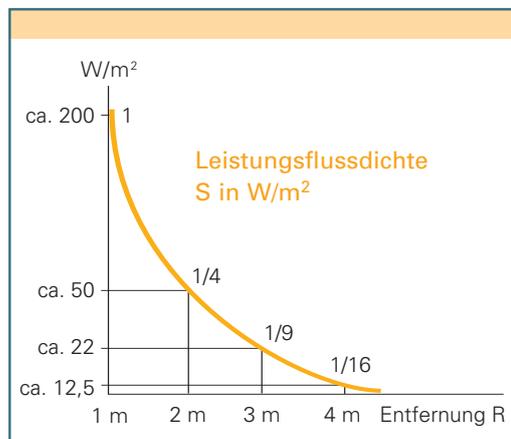
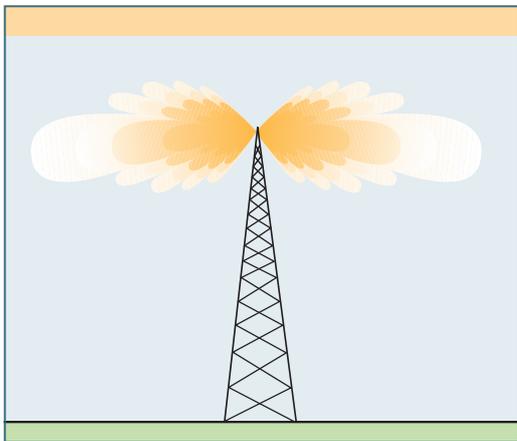


Abb. 3 (links): Vertikale Richtcharakteristik der Antenne einer Mobilfunkbasisstation (qualitativ; sie wird mit dem Antennengewinnfaktor G beschrieben)

Abb. 4 (rechts): Entfernungabhängige Abnahme der Leistungsflussdichte einer 50-W-Mobilfunkbasisstation in der Hauptstrahlrichtung

Ausbreitung

Abbildung 4 zeigt die Abhängigkeit der Leistungsflussdichte vom Abstand von der Antenne; sie nimmt umgekehrt proportional zur Entfernung im Quadrat ab. Eine Mobilfunkantenne mit beispielsweise 50 Watt Sendeleistung und mit einem typischen Antennengewinnfaktor von $G = 50$ weist in Hauptstrahlrichtung in 1 m Abstand eine Leistungsflussdichte von ca. 200 W/m² auf, während in 2 m Abstand nur mehr ein Viertel davon, also 50 W/m², erreicht wird. Nach 10 m fällt der Wert auf 1,0 %, nach 33 m auf 0,1 % = 1 % und nach 100 m auf 0,1 %. Unterhalb der Hauptstrahlrichtung reduziert sich die Leistungsflussdichte gemäß der Form der Antennencharakteristik. Unter realen Bedingungen – Dämpfung durch Erdoberfläche, Bebauung und Bewuchs – nimmt die Leistungsflussdichte

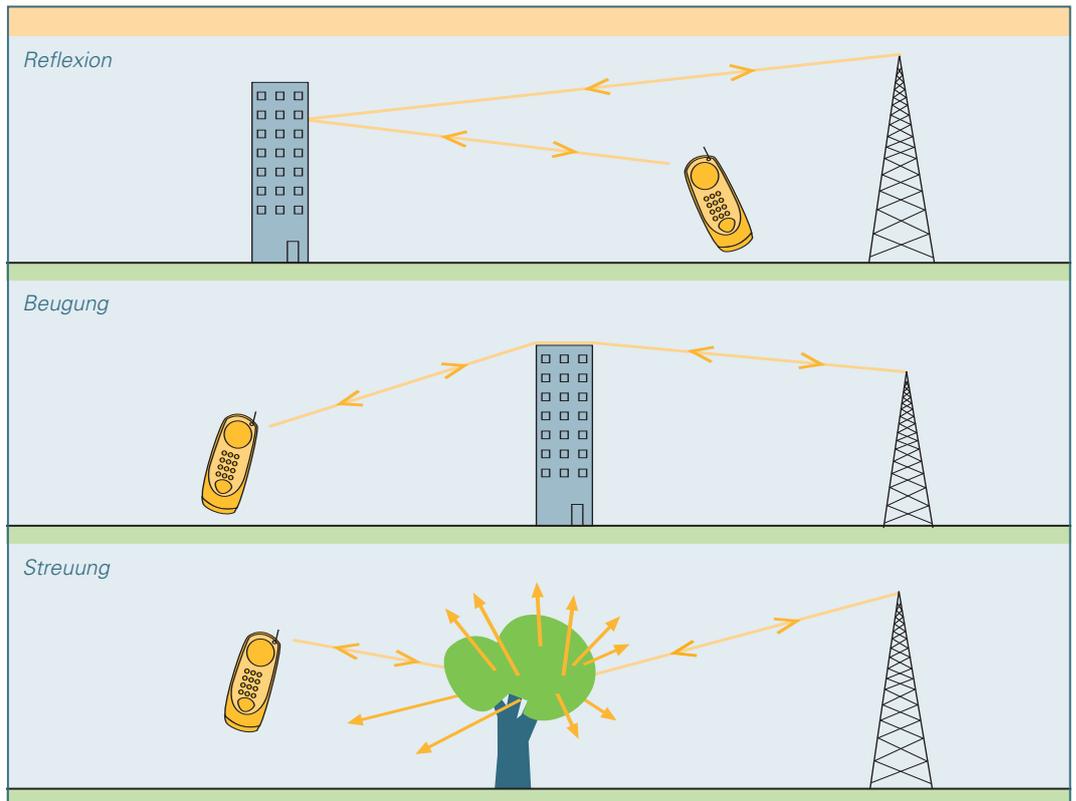


Abb 5: Unterschiedliche indirekte Ausbreitungswege der Funksignale von der Mobilfunkbasisstation zum Handy und umgekehrt.

te deutlich mehr ab. Bei einem solchen Sender werden die Grenzwerte für D-Netz-Frequenzen (ca. 0,9 GHz) von 41 V/m und 0,11 A/m entsprechend 4,5 W/m² in Hauptstrahlrichtung in Entfernungen über 7 m unterschritten.

Die Funksignale einer Mobilfunkbasisstation gelangen nicht immer auf direktem Wege zum Handy. (Das gleiche gilt auch für die Funksignale vom Handy zur Mobilfunkbasisstation.) Die in Abbildung 5 dargestellten Ausbreitungswege über Reflexion, Beugung und Streuung können jedoch bei der Konzeption von Schirmungsmaßnahmen meistens vernachlässigt werden. Aus diesen Richtungen kommen Feldkomponenten mit Leistungsflussdichten, die um den Faktor 100 bis 10 000 geringer sind als die über den direkten Weg. Daher genügt es häufig, sich auf die Schirmung der senderseitig liegenden Wände sowie Fenster- und Türöffnungen zu konzentrieren.

Polarisation

Sendestationen emittieren ihre elektromagnetischen Wellen antennenbedingt mit einer bestimmten Polarisation. Sie wird durch die Richtung der elektrischen Feldstärke definiert. Besteht „freie Sicht“, z. B. von einer Mobilfunkbasisstation zu einem Handy, trifft die Welle mit der Polarisation ein, mit der sie abgestrahlt wurde. Allerdings ändert sich die Polarisation der Wellen, wenn sie gebeugt, gestreut oder reflektiert werden. Daher hängt der Empfang mit dem Handy kaum von der Richtung ab, in welche es gehalten wird. Ältere Mobilfunkbasisstationen senden oft vertikal polarisierte Wellen aus, neue Anlagen hingegen in zunehmendem Maße diagonal polarisierte. Der elektrische Feldvektor besitzt somit sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Komponente. Bei Schirmungsmaßnahmen kann die Polarisation der Welle eine Rolle spielen, besonders bei Jalousien.

4 Schirmung

Bei Schirmungsaufgaben ist zunächst die Quelle der elektromagnetischen Wellen zu identifizieren. Dabei spielt deren Frequenz eine wesentliche Rolle, weil sie Einfluss auf die Auswahl der erforderlichen Schirmungsmaßnahmen hat. Zur Schirmung können sowohl übliche Baustoffe, als auch besondere Schirmungsmaterialien Verwendung finden.

Trifft eine elektromagnetische Welle auf die Wand eines Gebäudes, so ist deren Leistungsflussdichte hinter der Wand in der Regel geringer als vor ihr. Dies hat zwei Ursachen:

- Ein Teil der Welle wird von der Wand **reflektiert** und/oder
- ein Teil der Welle wird in ihr **absorbiert**, also in Wärme umgewandelt.

Abbildung 6 zeigt das Zusammenspiel dieser beiden Effekte. Ein Teil der einfallenden Welle wird reflektiert, der andere Teil im Material durch Absorption geschwächt. Schließlich wird noch einmal ein Teil der Welle an der Rückseite der Wand reflektiert, bevor sie reduziert den Schirm verlässt. Beide Effekte, Reflexion und Absorption, müssen bei der Konzeption und Optimierung von Schirmmaterialien beachtet werden. An gut leitenden metallischen Materialien werden elektromagnetische Wellen im hier interessierenden Frequenzbereich nahezu vollständig reflektiert.

Schirmdämpfung

Für unsere Zwecke ist die Schirmung von Interesse. Ein Maß hierfür – den **Schirmfaktor** – erhält man, indem man die Leistungsflussdichte der einfallenden Welle durch die der durchgelassenen teilt. Da diese Werte auch sehr groß werden können, geben Fachleute diesen Quotienten meistens dekadisch logarithmiert und mit 10 multipliziert in Dezibel (dB) an.

Schirmdämpfung in dB	Leistungsdurchlass in %	Schirmungswirkungsgrad in %	Schirmfaktor S_1 / S_2
0	100	0	1
3	50	50	2
6	25	75	4
10	10	90	10
13	5	95	20
16	2,5	97,5	40
20	1	99	100
23	0,5	99,5	200
26	0,25	99,75	400
30	0,1	99,9	1.000
33	0,05	99,95	2.000
40	0,01	99,99	10.000
43	0,005	99,995	20.000
50	0,001	99,999	100.000
53	0,0005	99,9995	200.000
60	0,0001	99,9999	1.000.000

Schirmmaterialien wirken, indem sie eine elektromagnetische Welle teils reflektieren, teils absorbieren. Die Schirmung wird als Schirmdämpfung in Dezibel, als Schirmungswirkungsgrad in % oder als Schirmfaktor angegeben.

Tab. 4: Zusammenhang zwischen Schirmdämpfung in dB, Leistungsdurchlass in %, Schirmungswirkungsgrad in % und Schirmfaktor, der das Verhältnis zwischen Leistungsflussdichte vor und hinter dem Schirm angibt.

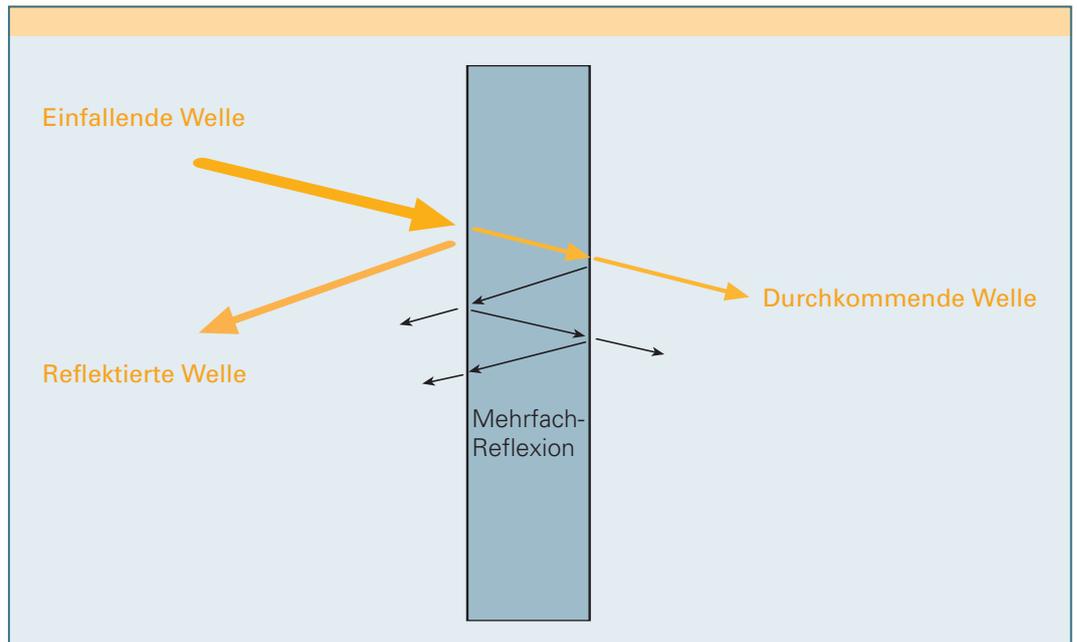


Abb. 6: Vorgänge bei der Schirmung einer elektromagnetischen Welle (Prinzip-skizze)

Schirmungswirkungsgrad

Schirmung kann durch Absorption und/oder Reflexion erreicht werden. Fehlt die Absorption – z. B. bei einer Metallfolie oder einem Metallgewebe – so wird der Leistungsfluss an anderer Stelle erhöht.

Daneben wird das Verhältnis aus Leistungsflussdichte der durchkommenden Welle zur Leistungsflussdichte der einfallenden Welle in Prozent als **Leistungsdurchlass** bezeichnet. Die Differenz zu 100 % ergibt den Schirmungswirkungsgrad. Tabelle 4 zeigt den Zusammenhang zwischen diesen Größen.

Hat z. B. die Messung für ein bestimmtes Material eine **Schirmdämpfung** von 20 dB ergeben, so ist die Leistungsflussdichte hinter dem Schirm auf 1% abgesunken. Dann wird von einem **Schirmungswirkungsgrad** von 99 % gesprochen. Eine Schirmdämpfung dieser Größe kann man im persönlichen Umfeld als „gut“ bis „sehr gut“ einstufen.

Schirmfaktor

Er gibt das Verhältnis der auf den Schirm auftreffenden Leistung P_1 zur abgeschwächten hindurchtretenden Leistung P_2 an. Er gilt auch für die entsprechenden Leistungsflussdichten.

5 Messung der Schirmdämpfung

Für die Messung der Schirmungswirkung von Materialien gibt es mehrere nationale und internationale Vorschriften. Die Schirmdämpfungen aller in dieser Broschüre aufgeführten Materialien wurden mit dem in Abbildung 7 dargestellten Messaufbau in Anlehnung an den Military Standard MIL - STD 285 oder IEEE 299-1997 ermittelt.

Die Materialproben befinden sich vor der Öffnung eines gegen sonstige elektromagnetische Felder geschirmten Raumes; sie werden von außen mit einer von einem Netzwerkanalysator erzeugten und von der Sendeantenne abgestrahlten vertikal polarisierten Welle befeldet. Im geschirmten Raum trifft die durchkommende Welle auf eine Empfangsantenne; das Messsignal gelangt schließlich wieder zum Netzwerkanalysator. So lässt sich durch Vergleich der von der Sendeantenne abgestrahlten und von der Empfangsantenne gemessenen Leistungsflussdichten die Schirmdämpfung ermitteln.

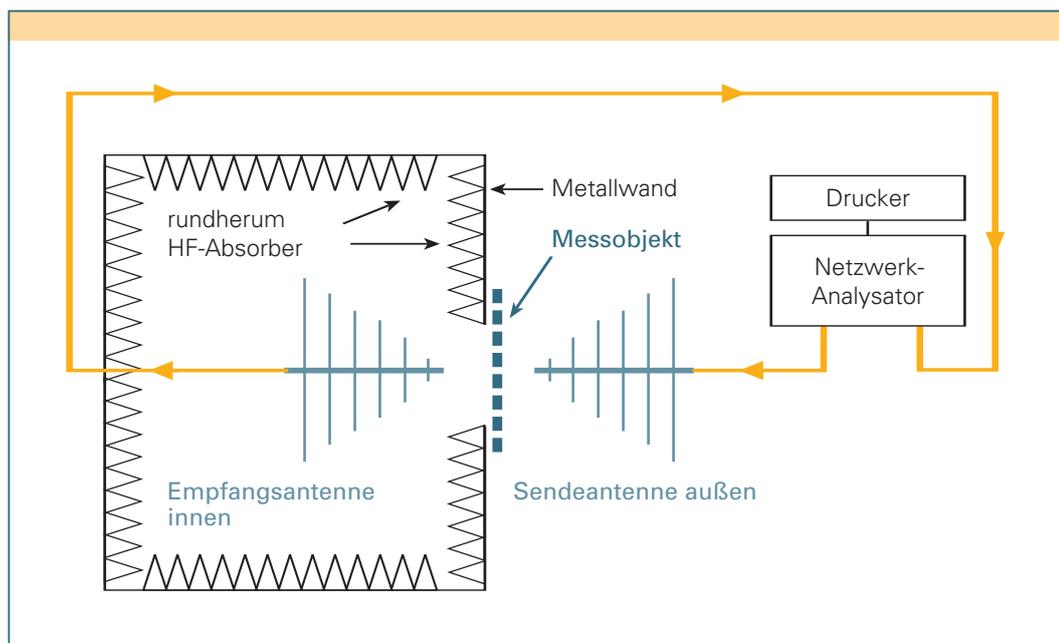


Abb. 7: Messanordnung zur Bestimmung der Schirmdämpfung (Prinzipische Skizze)

6 Messergebnisse

Zur besseren Übersicht und leichteren Vergleichbarkeit sind die Messresultate der untersuchten Materialien zu sechs Produktgruppen zusammengefasst:

- Massive Baustoffe,
- Holzkonstruktionen,
- Fenster und Zubehör,
- Wandbeschichtungen,
- Dach und Dämmung sowie
- Textilien.

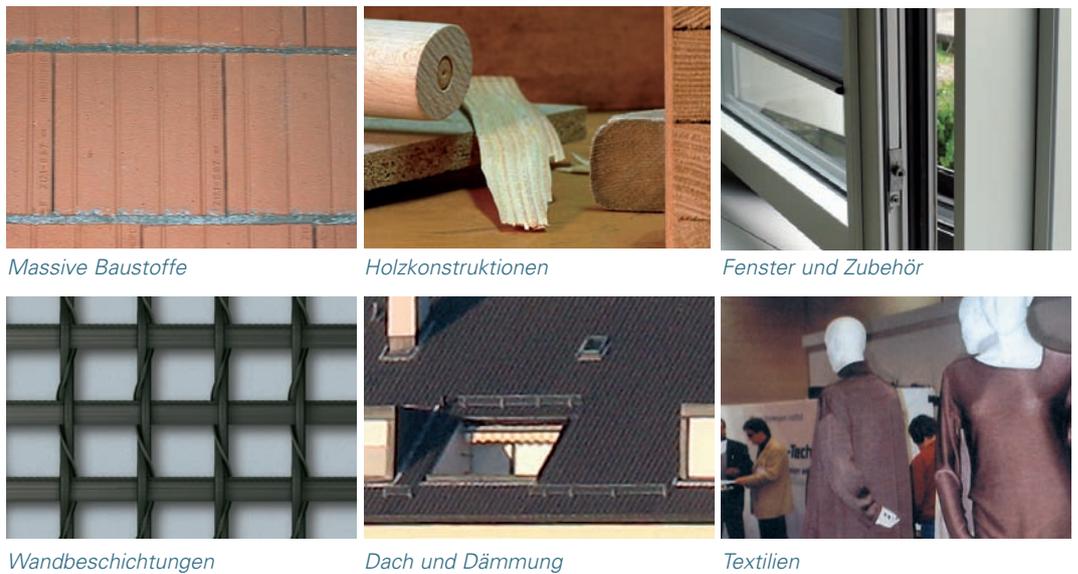


Abb. 8: Sechs Produktgruppen

Die unter realen Bedingungen erreichten Schirmdämpfungen können wesentlich geringer sein als diejenigen, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Für alle Messobjekte wurden die Schirmdämpfung in dB und der Schirmungswirkungsgrad in % für die Frequenzbänder um 0,9 GHz (GSM 900 bzw. D-Netz) einerseits und um 1,8 bis 2,1 GHz (GSM 1800 bzw. E-Netz, DECT-Telefon und UMTS) andererseits ermittelt und in Säulendiagrammen dargestellt. Für die Produktgruppen „Massive Baustoffe“, „Fenster und Zubehör“ und „Wandbeschichtungen“ ist außerdem der Schirmdämpfungsverlauf frequenzabhängig von 0,5 bis 3 GHz abgebildet. Abschließend wurde an Häusern gemessen, um einen Eindruck von der Schirmdämpfung am fertigen Gebäude zu gewinnen.

Massive Baustoffe

Massivbauten können aus Betonguss- und Leichtbeton-Fertigbauteilen, aus Ziegeln, Kalksandsteinen, Beton- oder Leichtbetonsteinen oder auch aus Lehmsteinen erstellt werden. Zur Vorhersage und Analyse der zu erwartenden Schirmung sind in Tabelle 5 einige Daten über Zusammensetzung und Herstellung der untersuchten Baustoffe enthalten.

Wenn nicht anders angegeben, wurden die Baustoffe unverputzt im normalen trockenen Zustand gemessen. Werden die Messobjekte mit einem Standard-Außen- und Innenputz versehen, kann sich die jeweilige Schirmdämpfung um bis zu 3 dB erhöhen; die Leistungsflussdichte wird so um weitere 50 % abgeschwächt. Auch bei höheren Feuchtegehalten erhöht sich die Schirmungswirkung.

Materialart/ relative Dielektrizitäts- konstante ϵ_r	Bestandteile/ Zuschläge	Binde- mittel	Herstellung/Verarbeitung/ Bemerkungen
Beton $\epsilon_r \approx 4 - 6$	Sand, Kies, Split, Schotter	Zement	Vermischung mit Wasser, Formung, Erhärtung durch chemische Reaktion
Porenbeton $\epsilon_r \approx 2 - 3$	Kalk, Quarzsand	Zement	wie oben, aber mit gasentwickeln- dem Treibmittel
Leichtbeton $\epsilon_r \approx 2 - 3$	Bims, Blähton, Blähschiefer	Zement	Vermischung mit Wasser, Formung, Erhärtung durch chemische Reaktion
Gips $\epsilon_r \approx 2,8$	gebrannter Gips: Calciumsulfat- Halbhydrat		Durch Bindung von Wasser entsteht ein kristallines Gefüge unterschiedlicher Festigkeit.
Kalk als Kalkstein = als gebrannter Kalk =	Calciumcarbonat CaCO_3 Calciumoxid CaO		Gebrannter Kalk wird mit Wasser gelöscht und bildet mit CO_2 der Luft wieder Calciumcarbonat.
Kalksandstein $\epsilon_r \approx 3 - 7$	Quarzsand oder andere Sandsorten	Kalk	mischen mit Wasser, pressen und unter Dampfdruck härten
Kalksandstein mit Magnetit	wie oben, jedoch mit 50 – 80 % Magnetit (Fe_3O_4) enthalten im Eisenerz	Kalk	wie oben; magnetische Abschirmung durch Magnetit- anteil mit $\mu_r > 1$
Lehmsteine $\epsilon_r \approx 3,5$	kalkarmer, sandiger Ton, gelb bis bräunlich durch chem. Eisen- verbindungen	mit 3 – 5 % Wasser selbst- bindend	zerkleinern, kneten, formen, trocknen
Ton	Aluminiumsilikate, feinstkörnige, verwit- terte Silikatgesteine		Rohstoff für Ziegel, Lehmsteine und Zement
Zement	Hergestellt durch Brennen von Kalk und Ton. Nach dem Brennen wird das Sinterprodukt zu Zementpulver zermahlen. Zement wird unter Wasser- zugabe als Bindemittel für Beton und Mörtel verwendet.		
Ziegelsteine $\epsilon_r \approx 3,5$ Hintermauerziegel: z. B. Hochlochziegel Vormauerziegel: z. B. Massivziegel oder Klinker	Lehm und Ton mit 5 – 8 % Wasser	sinterähn- licher Vor- gang beim Brennen	zerkleinern, kneten formen, brennen. Hochlochziegel mit Stegdicken von nur 3 mm besitzen äußerst niedrige Wärmeleitahlen.

Tab. 5: Massive Bau-
stoffe, Bestandteile und
Herstellungshinweise.
Die relative Dielektrizi-
tätskonstante ist eine
elektrische Material-
eigenschaft.

Kalksandstein + 50 % Magnetit (Produkt 1)

Bei einer Mauer von nur 11,5 cm Dicke aus Steinen dieser Materialkombination ist die hohe Schirmungswirkung auffällig. Magnetit (Fe_3O_4) kommt in Eisenerzen vor. Die Entwicklung von Materialien mit hoher Schirmungswirkung geht weiter. Es bleibt abzuwarten, wann weitere Baustoffe zur Schirmung niederfrequenter Magnetfelder erhältlich sein werden.

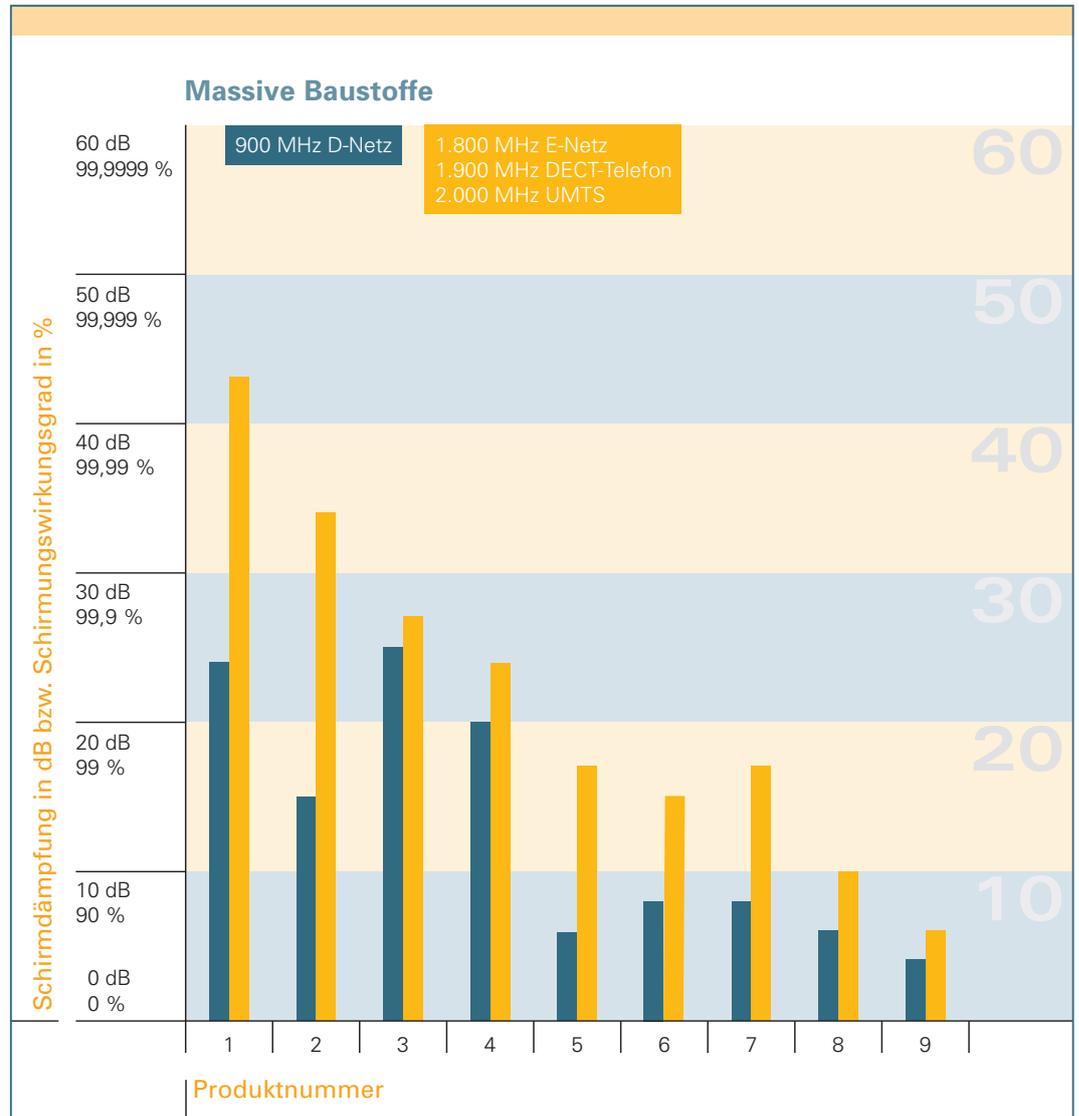


Abb. 9: Messergebnisse für die Schirmung massiver Baustoffe

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	KS-Stein 11,5 cm	mit 50 % Magnetit (2.850 kg/m ³)
2	Lehmstein 24 cm	mit 15 % Lochanteil (1.600 kg/m ³)
3	Hochlochziegel JUWÖ 36,5 cm	5 Lochreihen mit Alustreifen (750 kg/m ³)
4	Leichtbeton 30 cm	(600 kg/m ³)
5	Porenbeton 36,5 cm	(400 kg/m ³)
6	Hochlochziegel 36 cm	(800 kg/m ³)
7	Holzleichtlehmstein 10 cm	(1.400 kg/m ³)
8	Stahlbeton 16 cm	(2.400 kg/m ³)
9	Kalksandstein 15 cm	(1.800 kg/m ³)

Hochlochziegel 36 cm mit und ohne Alu-Streifen (Produkt 3 und 6)

Bei Hochlochziegeln hängen die Schirmungseigenschaften sehr von der Lochstruktur und den Wandstärken innerhalb der Ziegel ab. Bei 36-cm-Hochziegeln (Produkt 6 mit 800 kg/m³ Rohdichte) sinkt in der Regel mit abnehmender Rohdichte auch die Fähigkeit zur Dämpfung hochfrequenter Wellen, während die Wärmedämmeigenschaften zuneh-

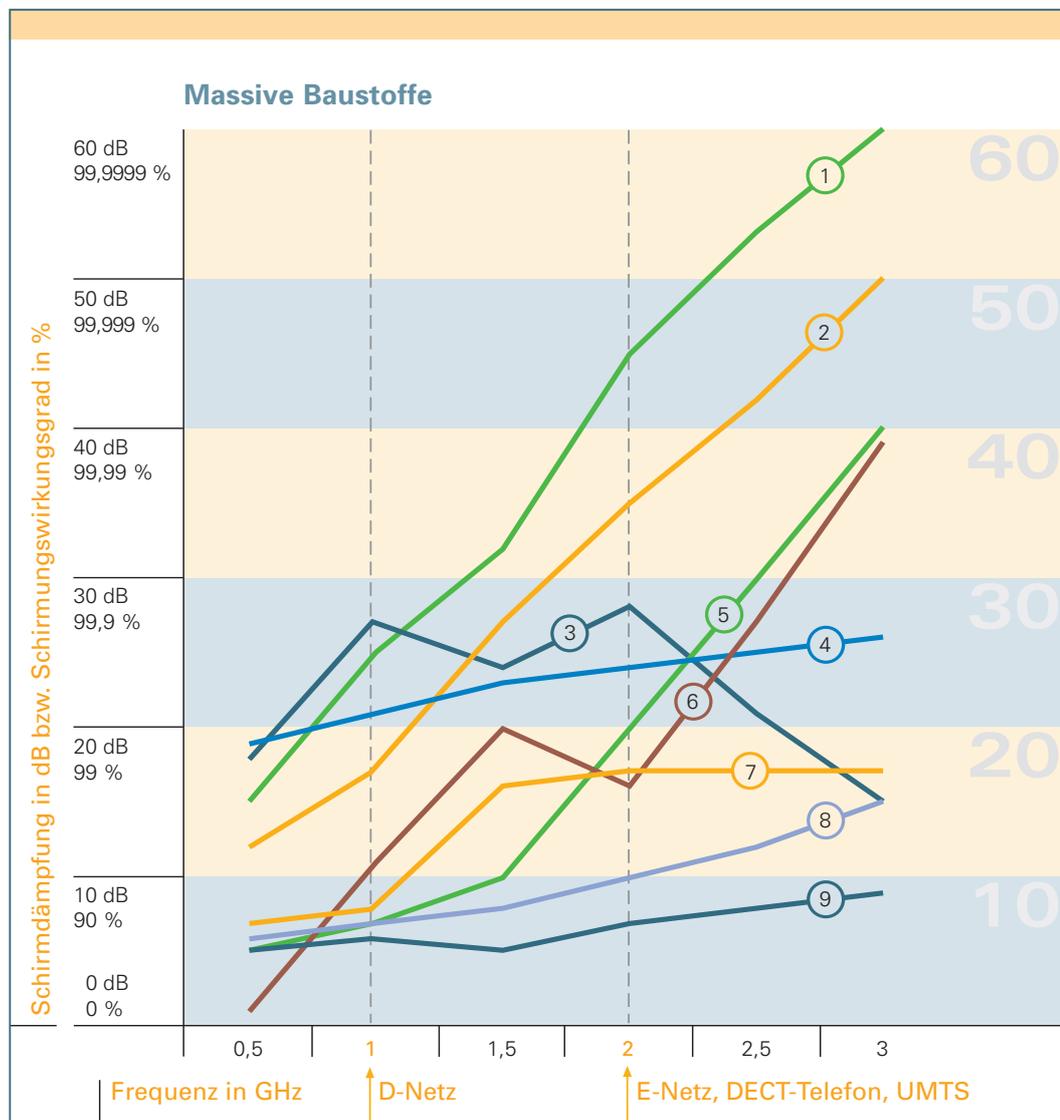


Abb. 10: Messergebnisse für die Schirmung massiver Baustoffe

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	KS-Stein 11,5 cm	mit 50 % Magnetit (2.850 kg/m ³)
2	Lehmstein 24 cm	mit 15 % Lochanteil (1.600 kg/m ³)
3	Hochlochziegel JUWÖ 36,5 cm	5 Lochreihen mit Alustreifen (750 kg/m ³)
4	Leichtbeton 30 cm	(600 kg/m ³)
5	Porenbeton 36,5 cm	(400 kg/m ³)
6	Hochlochziegel 36 cm	(800 kg/m ³)
7	Holzlehmstein 10 cm	(1.400 kg/m ³)
8	Stahlbeton 16 cm	(2.400 kg/m ³)
9	Kalksandstein 15 cm	(1.800 kg/m ³)

men. Das könnte manchmal auch erwünscht sein. Im Gegensatz dazu erreicht ein ähnliches Fabrikat durch Einbringen von senkrechten Aluminiumstreifen in fünf Lochreihen (Produkt 3) bei der vertikalen Komponente von Mobilfunksendesignalen eine Schirmdämpfung von über 25 dB.

Die Dampfdurchlässigkeit ist bei diesem Produkt durch die Verwendung der versetzt angeordneten Aluminiumstreifen nach wie vor gegeben. An diesem Beispiel sieht man, wie die elektromagnetische Schirmung eines Produktes durch geeignete physikalisch-technische Maßnahmen verbessert werden kann, ohne andere Eigenschaften zu verschlechtern.

Holzkonstruktionen

Selbst als Hochfrequenzfachmann denkt man bei der Auswahl von Schirmmaterialien zunächst nicht an Holz. Die deutliche Schirmungswirkung gewisser Holzarten wurde – dank einer Handy-Benutzung – zufällig entdeckt. In einem Haus aus massiven Fichte-/Tanne-Wandelementen mit einer Lärchenholzschalung war das Telefonieren mit dem Handy nicht mehr möglich.

Fasziniert von dieser Beobachtung stellte eine österreichische Firma für Holzhausbau Wandelemente aus unterschiedlichen heimischen Holzsorten in verschiedenen Wandstärken für Schirmdämpfungsmessungen zur Verfügung. Die Holzwände wurden standardgemäß nur mit Holzdübeln zusammengefügt.

Ein überraschendes Resultat lieferten zwei etwa gleich dicke Wände aus Lärchen- und Eichenholz. Lärchenholz (600 kg/m^3) schirmt im oberen gemessenen GHz-Bereich doppelt so gut wie das dichtere Eichenholz (750 kg/m^3). Die Ergebnisse für Eiche sind nicht dargestellt, da diese aus Kostengründen nicht als Baumaterial für Massivholzwände eingesetzt wird.

An diesem Beispiel ist erkennbar, dass nicht nur das Gewicht, sondern auch die elektrischen Eigenschaften des Materials bei der Schirmung eine Rolle spielen. Durch den hohen Harzgehalt des Lärchenholzes weicht sein Wellenwiderstand – im Gegensatz zu dem des Eichenholzes – merklich von dem der Luft ab. Deshalb reflektiert es elektromagnetische Wellen stärker als das Eichenholz.

Neben der Schirmungswirkung besitzt das Lärchenholz noch andere gute Eigenschaften: Es ist witterungsbeständig, schwer brennbar und resistent gegenüber Ungeziefer. Leider ist es aber relativ teuer, so dass in der Praxis meistens der Kern einer Massivholzwand aus preisgünstigerem und auch gut schirmendem Kiefer-/Fichtenholz oder Kiefer-/Tannenholz hergestellt wird. Wetter- und Brandschutz wird dann außen durch eine 4-cm-Lärchen-schalung sichergestellt.

Bei Holzkonstruktionen ist zu beachten, dass die Holzteile möglichst spaltenfrei, z. B. durch Nut- und Federverbindungen oder im Kreuzverbund aneinandergesetzt werden, damit keine durch Spalte tretenden elektromagnetischen Wellen die Schirmung der Holzwand verschlechtern.

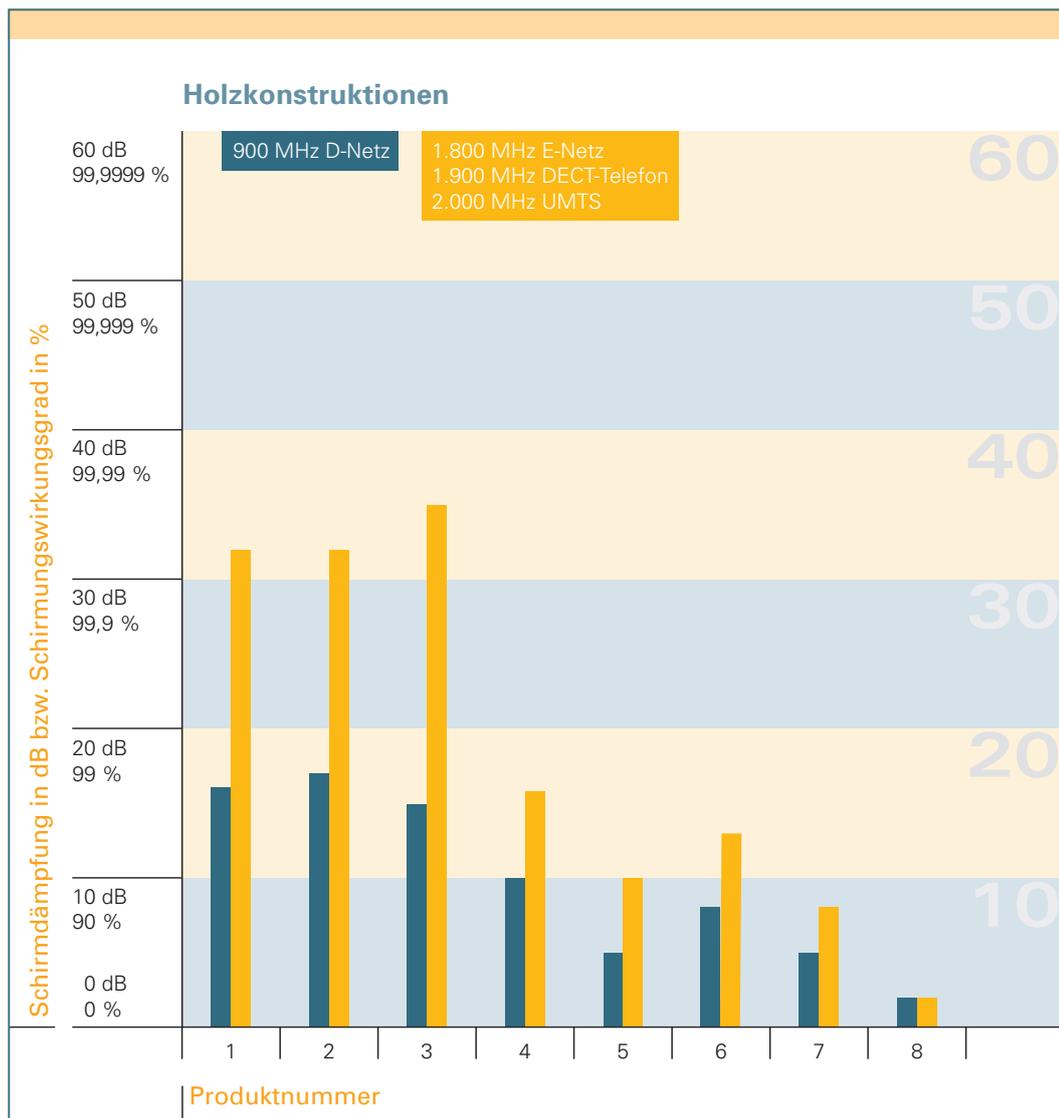


Abb.11: Messergebnisse für die Schirmung von Holzkonstruktionen

Nr. Produktbeschreibung, Typ und Anmerkungen

- 1 THOMA Pur-Holz 54 cm Fichte-Tanne (400 kg/m³)
- 2 GANAUS Vollholzwand „Naturi“, außen: 5 cm Lärche, innen: 20 cm + 5 cm Fichte, vertikal polarisiert gemessen
- 3 BAUFRITZ Außenwand mit Schutzplatte Xund-E; 28 cm (235 kg/m³)
- 4 THOMA Pur-Holz 17 cm Lärche (600 kg/m³)
- 5 THOMA Pur-Holz 16 cm Fichte-Tanne (400 kg/m³)
- 6 GANAUS Vollholzwand „Naturi“, wie Produkt Nr. 2, horizontal polarisiert gemessen
- 7 THOMA Pur-Holz 17 cm Kiefer
- 8 typische Fertighauswand in Holzrahmenkonstruktion 23 cm (170 kg/m³)

Fenster und Zubehör

Die heute üblichen Wärme-Schutzverglasungen besitzen auf Grund ihrer Edelmetallbedampfung bereits sehr gute Schirmungseigenschaften. An älteren Fenstern kann man noch nachträglich Schirmungsmaßnahmen anbringen. Fliegengitter und metallbedampfte Sonnenschutzfolien erzielen bereits eine beachtliche Schirmungswirkung.

Fenster und verglaste Türen sollten normalerweise die elektromagnetischen Wellen mit Frequenzen, die zum Spektrum des sichtbaren Lichtes gehören (Wellenlängen von ca. 0,3 bis 0,8 μm) ungehindert durchlassen. Gleichzeitig wünscht man nun, dass elektromagnetische Wellen im Mobilfunk-Bereich (Wellenlängen um 15 und 33 cm) gut geschirmt werden. Diese beiden Forderungen widersprechen sich zunächst; dem kann jedoch auf zwei verschiedenen Wegen begegnet werden:

Lösung 1: Metallbedampfung von Gläsern und Folien

Moderne Fenster und Türen sind mit Glas, das Wärmestrahlung (Infrarot) reflektiert, ausgestattet. Das Glas mindert mit seiner Metallbedampfung das sichtbare Licht nur geringfügig. Im Gegensatz dazu werden durch die Bedampfung mehr als 99 % der auftreffenden elektromagnetischen Wellen des D- und E-Netzes reflektiert (z. B. Produkt 3). Eine noch bessere Schirmung kann man mit speziellen metallbedampften Sonnenschutzfolien (Produkt 2) erzielen. Allerdings schwächen diese Folien das Licht stärker als das Wärmedämmglas.

Lösung 2: Feiner Maschendraht oder Metallgewebe

Auch mit feinem Maschendraht oder Metallgewebe lassen sich Mobilfunkwellen schirmen. Dafür muss die Maschenweite sehr klein gegenüber der Wellenlänge des zu schirmenden Signals sein. Bei 2,0 GHz beträgt letztere 15 cm. Will man diese Frequenz gut abschirmen, darf die Maschenweite nur wenige Millimeter betragen. Bei Drahtstärken von einigen 10 μm bereitet die Herstellung von Geweben mit solchen Maschenweiten keine Schwierigkeiten.

Derartige Feinstgeflechte können ihre Schirmungswirkung auch in Verbundgläsern entfalten. Dieser Aufbau bietet den Vorteil, dass das Metallgeflecht einige Zentimeter über den Glasrand hinaus stehen kann. Somit ist eine leitende schirmdichte Verbindung mit metallischen Fensterrahmen oder einem anderen sich anschließenden Schirmmaterial gut möglich. Diese Lösung wird speziell bei kommerziellen Anwendungen bevorzugt.

Auch das metallische Fliegengitter (Produkt 4) hat eine sehr kleine Maschenweite gegenüber der Wellenlänge. Deshalb bietet es im unteren GHz-Bereich eine sehr gute Schirmdämpfung von über 30 dB; das entspricht einer Minderung der Leistungsflussdichte auf 0,1%. Ist die Maschenweite nicht mehr sehr klein gegenüber der Wellenlänge, nimmt die Schirmungswirkung bei höheren Frequenzen ab.

Fensterrahmen (Produkte 5, 6 und 8)

Neben der guten Schirmungseigenschaft von metallisierten Glasscheiben spielt auch die Art des Fensterrahmens eine entscheidende Rolle: Am besten eignen sich Aluminiumrahmen und Holzrahmen mit Alu-Profil außen (Abbildung 12). Neuerdings gibt es auch Holzfensterrahmen mit integrierten metallischen Feinstgeweben (Produkt 6) oder leitende Dekorbeschichtungen (Produkt 5).

Die Spalte zwischen Fensterrahmen und schirmender Wandbeschichtung sollten konsequenterweise immer minimiert werden. Die untersuchten Produkte mit den schirmenden Fensterrahmen waren für die Messung mit Standard-Wärmedämmglas (ca. 30 dB Schirmdämpfung) ausgestattet.

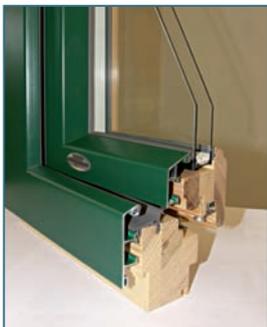


Abb. 12: Fensterrahmen mit Alu-Profilen außen und Massivholz innen (www.fenster-weiss.de)

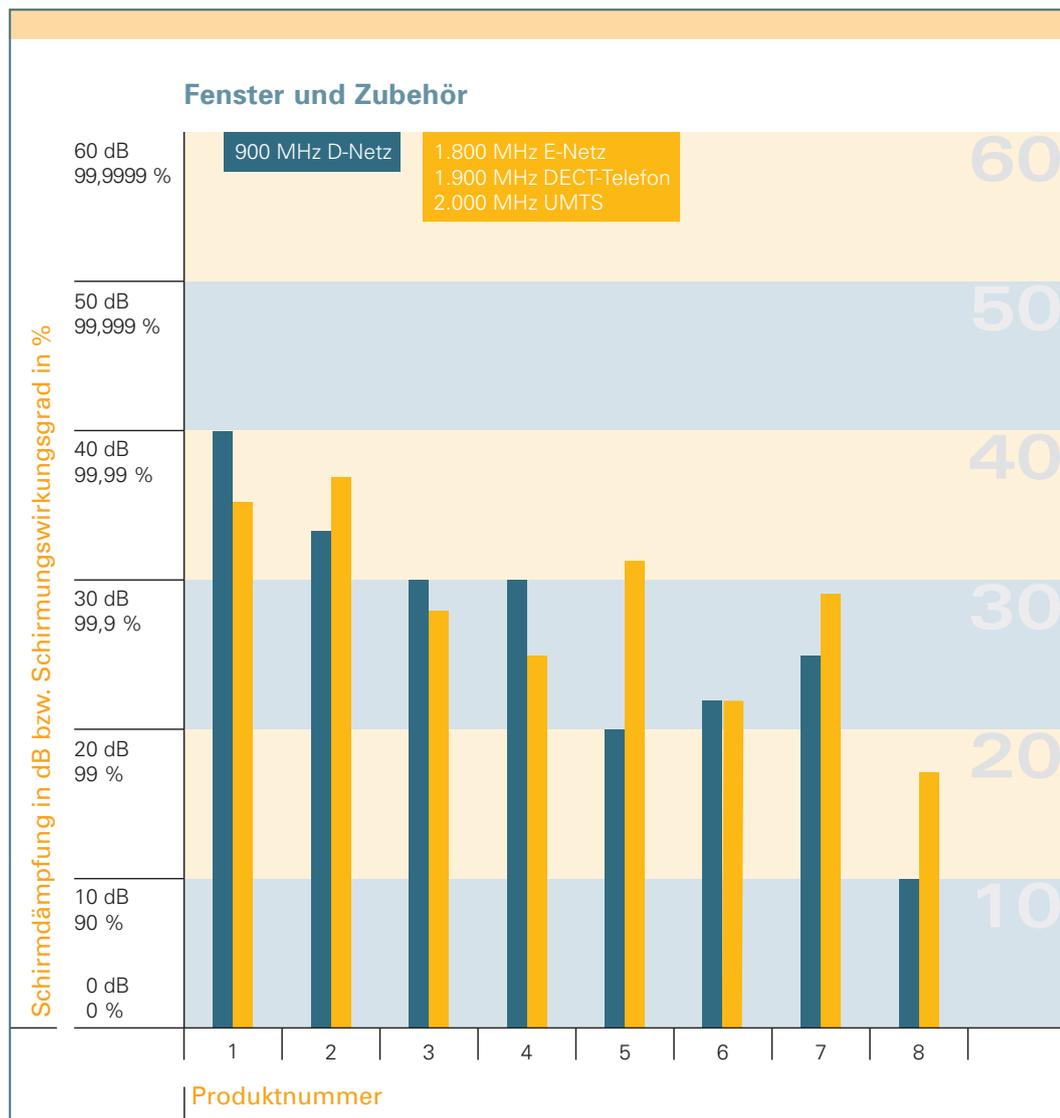


Abb. 13 : Messergebnisse für die Schirmung von Fenstern und Zubehör

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	Fliegengitter	1 mm x 1 mm, metallisch
2	Sonnenschutzfolie	RDF 75 (Biologa)
3	typische Wärmeschutzverglasung	metallbedampft, 2 Scheiben
4	E-Smog Insektengitter	Glaskupfergewebe 1,4 mm x 1,58 mm (Neher)
5	Kunststoffsterrahmen mit Dekorbeschichtung	mit 2-Scheiben-Wärmedämmglas GEALAN REFLECT
6	Holzfensterrahmen mit Cuprotect-Einlage	mit 2-Scheiben-Wärmedämmglas (Ziegelmeier)
7	Alu-Rolladen geschlossen	CD 90 (Alulux)
8	Kunststoffsterrahmen üblicher Bauart	mit 2-Scheiben-Wärmedämmglas

Jalousien aus Metall

Bei horizontalen Lamellen muss man beachten, dass sie – fast egal ob geöffnet oder geschlossen – die vertikal polarisierten Anteile einer elektromagnetischen Welle fast ungehindert hindurchlassen, während die horizontal polarisierten Anteile fast gänzlich reflektiert werden. Da beim Mobilfunk beliebige Polarisationsrichtungen auftreten, variiert die Schirmung im Regelfall zwischen gut und schlecht.

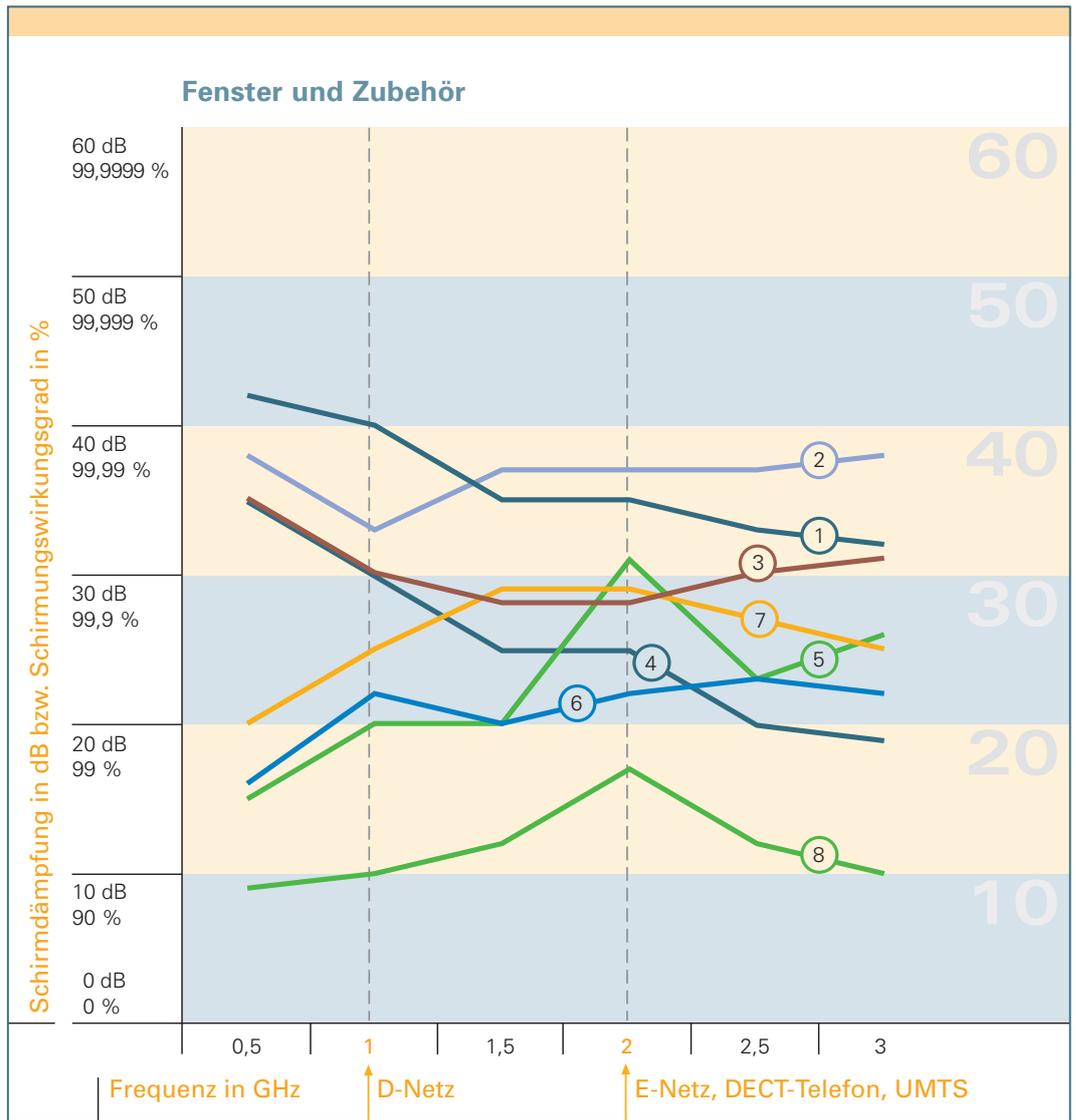


Abb. 14: Messergebnisse für die Schirmung von Fenstern und Zubehör

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	Fliegengitter	1 mm x 1 mm, metallisch
2	Sonnenschutzfolie	RDF 75 (Biologa)
3	typische Wärmeschutzverglasung	metallbedampft, 2 Scheiben
4	E-Smog Insektengitter	Glaskupfergewebe 1,4 mm x 1,58 mm (Neher)
5	Kunststoffenterrahmen mit Dekorbeschichtung	mit 2-Scheiben-Wärmedämmglas GEALAN REFLECT
6	Holzfensterrahmen mit Cuprotect-Einlage	mit 2-Scheiben-Wärmedämmglas (Ziegelmeier)
7	Alu-Rolläden geschlossen	CD 90 (Alulux)
8	Kunststoffenterrahmen üblicher Bauart	mit 2-Scheiben-Wärmedämmglas

Wandbeschichtungen

Schirmende Beschichtungen können an Hauswänden außen oder innen angebracht werden. Aluminiumplatten und Armierungsgewebe kommen in der Regel außen am Haus oder im Außenputz zum Einsatz, schirmende Tapeten, Schutzplatten oder -putze innen. Die folgenden zwei Produkte können außen sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung verwendet werden.

Aluminium Sidings (Produkt 3)

Lackierte oder eloxierte Fassadenvorsatzelemente aus 20 cm breiten, 0,8 mm dicken und bis zu 6 m langen Aluminiumplatten zeigen jene gute Schirmungswirkung, die von Metallplatten oder Blechen allgemein erwartet werden kann. Die etwas geringere Schirmung im unteren Frequenzbereich beruht auf den Fugen zwischen den Alublechplatten.

Abschirmgewebe AES (Produkt 7)

Armierungsgewebe werden benötigt, um auf wärmedämmenden Styroporplatten oder Mineralwolle-Elementen Außenputz anbringen zu können. Das Gewebe vermindert Spannungen und verhindert Rissbildung, wenn die einzelnen Platten unter dem Putz „arbeiten“. Es wird normalerweise in ein Bett aus Armierungsmörtel eingelegt, bevor der Oberputz aufgebracht wird. Bisher bestand dieses Gewebe aus Glasfasern. Neuerdings wird es mit feinen Edelstahlfäden in Kette und Schuss versehen. Dadurch ließ sich eine für die D- und E-Netz-Frequenzen interessante Schirmung erreichen, sodass das Armierungsgewebe nun auch die Eigenschaften eines Abschirmgewebes hat.

Mit Wandbeschichtungen außen an der Fassade oder innen kann selbst im Nachhinein eine gute Schirmungswirkung der Wände erreicht werden.

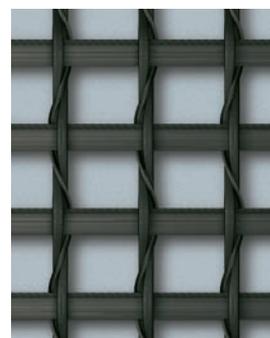


Abb. 15: Sto-Abschirmgewebe AES

Abschirmtapete (Produkt 2)

Es gibt Tapeten mit Aluminiumkaschierung, mit Grafitbeschichtung oder, wie hier gemessen, mit verkupfertem Faservlies. Die Messkurven zeigen eine sehr gute und kaum frequenzabhängige Schirmung. Grund dafür ist die gute Oberflächenleitfähigkeit des Kupfers, die eine hohe Reflektivität der Tapete verursacht.

HF-Abschirmfarbe (Produkt 5)

Durch Zugabe leitfähiger Füllstoffe können Wandfarben sowohl für die Innen- als auch Außenanwendung effektiv zur HF- und Mikrowellen-Schirmung eingesetzt werden. Je nach Dicke des Farbauftrags und der Untergrundbeschaffenheit können mit Abschirmfarben 97% bis 99,99% der eintreffenden Wellen reflektiert und damit aus der eigenen Wohnung beseitigt werden.

Abschirmputz und Schutzplatte (Produkte 6 und 8)

Diese beiden Produkte enthalten keine Metalle sondern Carbonfasern zur Schirmung elektromagnetischer Wellen. Der Abschirmputz eignet sich für das nachträgliche Beschichten von Wand- und Deckenflächen und dämpft über 99% der eintreffenden HF-Leistung. Der Carbonfaseranteil in der Kartonschicht der Gipskartonplatte bewirkt eine Abschwächung der HF-Leistung von 90% bis 95%. Das Haupteinsatzgebiet der Schutzplatte liegt in der Fertighausindustrie, in der Holzständerbauweise und im Dachausbau.

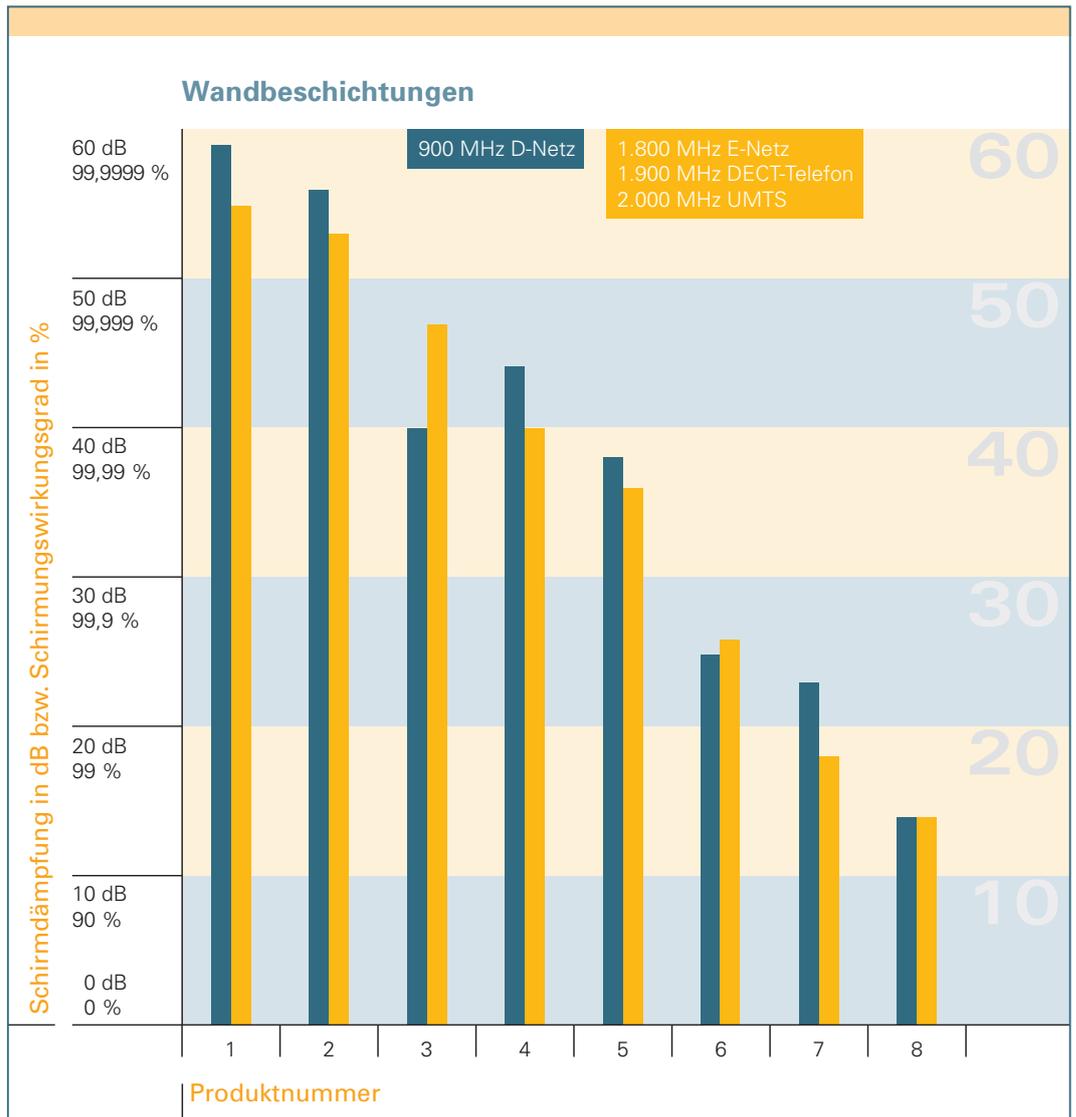


Abb. 16: Messergebnisse für die Schirmung von Wandbeschichtungen

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	HF-Kupfergewebe	Cuprotect special 0,46 mm x 0,46 mm (Kessel)
2	Kupfervlies-Tapete	Saphir Spezial (Biologa)
3	Aluminium Sidings	Fassadenvorsatzelemente 0,8 mm (PREFA)
4	Spezialedelstahlgewebe	Adamantan 10 (Biologa)
5	HF-Abschirmfarbe innen	HSF53 7,5 m ² /Liter, Material als Fertigpulver zum Anrühren (Y-Shield)
6	Abschirmputz Meno	Lehm mit Carbonfasern, Dicke 1,5 mm (LESANDO)
7	Sto-Abschirmgewebe AES	Armierungsgewebe 5,5 mm x 5,5 mm, mit Edelstahlfäden, (Sto-AG)
8	Schutzplatte LaVita	Gipskartonplatte (KNAUF) mit vertikaler Polarisation gemessen

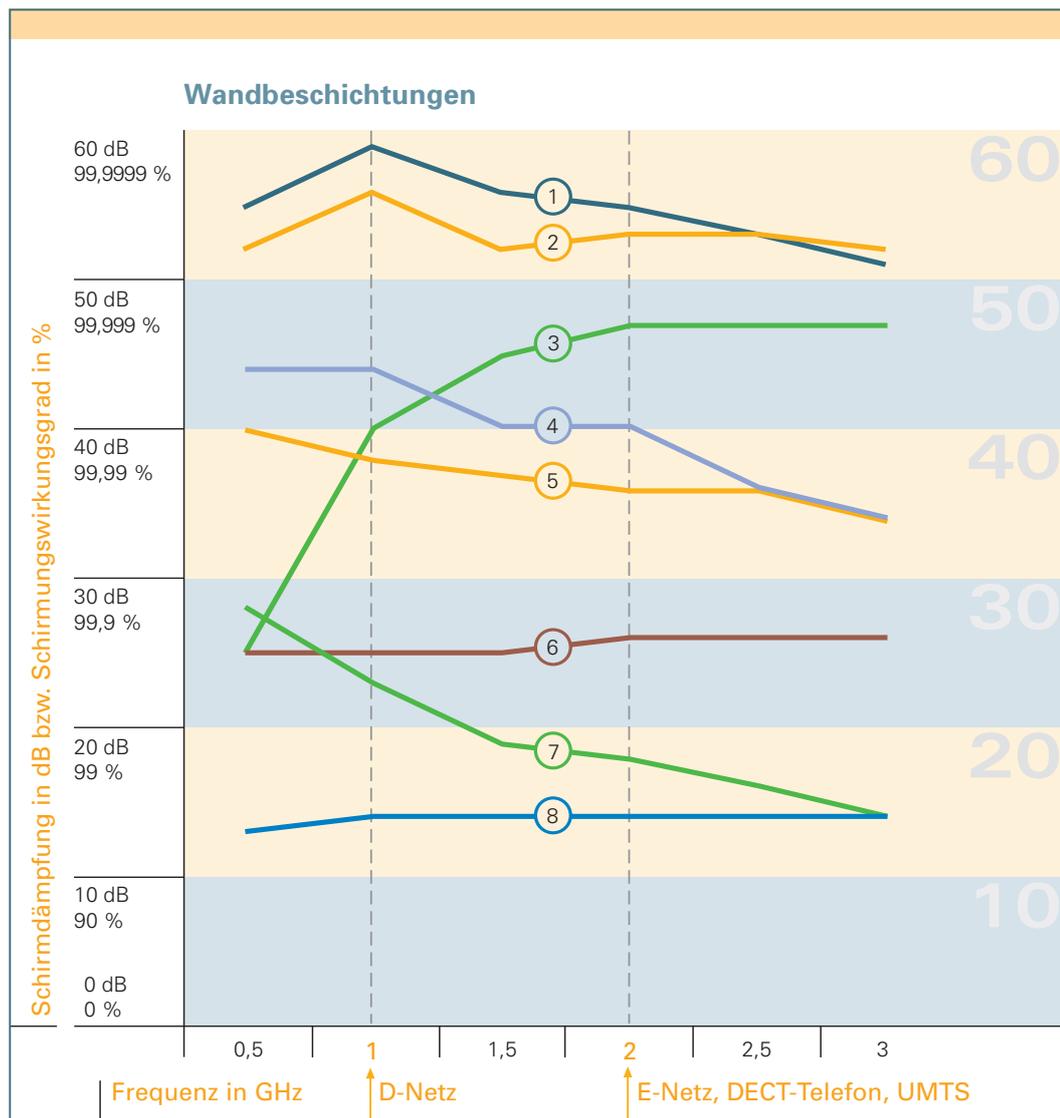


Abb. 17: Messergebnisse für die Schirmung von Wandbeschichtungen

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	HF-Kupfergewebe	Cuprotect special 0,46 mm x 0,46 mm (Kessel)
2	Kupfervlies-Tapete	Saphir Spezial (Biologa)
3	Aluminium Sidings	Fassadenvorsatzelemente 0,8 mm (PREFA)
4	Spezialedelstahlgewebe	Adamantan 10 (Biologa)
5	HF-Abschirmfarbe innen	HSF53 7,5 m ² /Liter, Material als Fertigpulver zum Anrühren (Y-Shield)
6	Abschirmputz Meno	Lehm mit Carbonfasern, Dicke 1,5 mm (LESANDO)
7	Sto-Abschirmgewebe AES	Armierungsgewebe 5,5 mm x 5,5 mm, mit Edelstahlfäden, (Sto-AG)
8	Schutzplatte LaVita	Gipskartonplatte (KNAUF) mit vertikaler Polarisation gemessen

Dächer

Dächer haben verschiedene Aufgaben zu erfüllen: Schutz gegen Regen, Schnee, Sturm und Hagel, Dämmung gegen Wärme, Kälte und Schall sowie Luft- und Dampfstopp. Sie können aber auch elektromagnetische Wellen schirmen. Abbildung 18 zeigt eine Dachstruktur, die alle gestellten Anforderungen erfüllen kann.

Wie aus dem Bild ersichtlich, liegt hier die wirksame schirmende Aluminiumschicht im Rauminnen. Bei sorgfältiger Verlegung und Überdeckung der Dachsparrenunterseite mit gleichartiger Metallfolie sind ausgezeichnete Schirmdämpfungen zu erreichen (s. auch Messwerte zu Delta-Reflex, Produkt 4). Um auch niederfrequente elektrische Felder zu schirmen, müssen gleichgut schirmende Alufolien ohne PE-Beschichtung, wie die Dampfsperre Sisalex 514 von Ampack oder die Universal Abschirmfolie 05 von KORFF, verwendet werden. Für diffusionsoffene Anwendungen mit besonders hohen Schirmungswerten eignet sich das feinmaschige Kupfergewebe CuProtect. Generell sind die Bahnen elektrisch leitfähig miteinander zu verbinden und durch eine Elektrofachkraft zu erden. Ähnlich würde man auch bei der Auskleidung eines Raumes mit entsprechenden Schirmtapeten, EMV-Schutzplatten oder anderen schirmenden Materialien vorgehen.

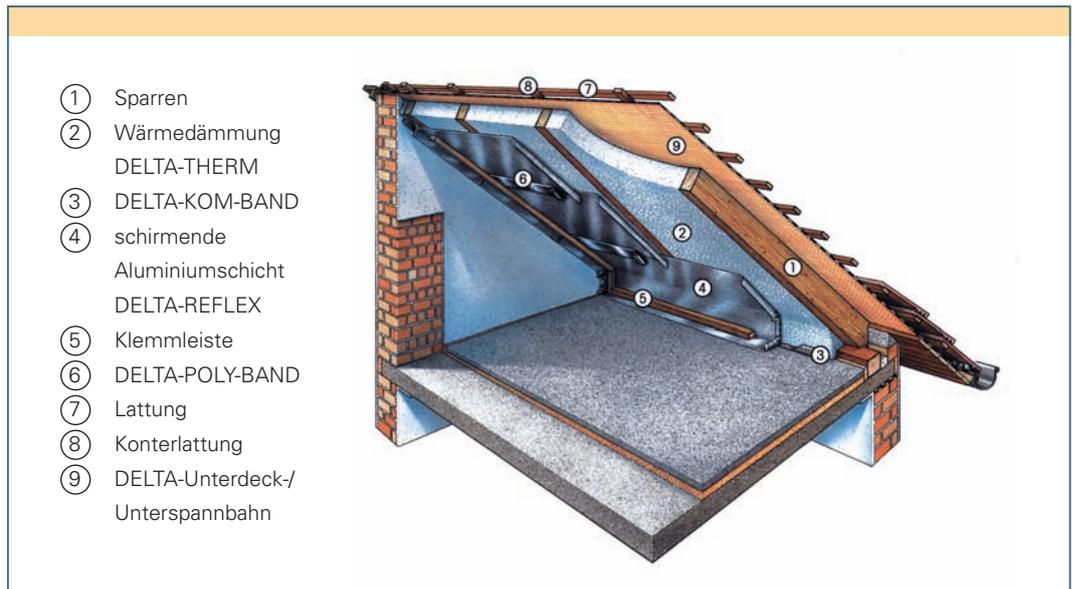


Abb. 18: Beispiel eines Dachaufbaues, der auch die Leistungsflussdichte elektromagnetischer Wellen reduziert (Fa. Dörken)

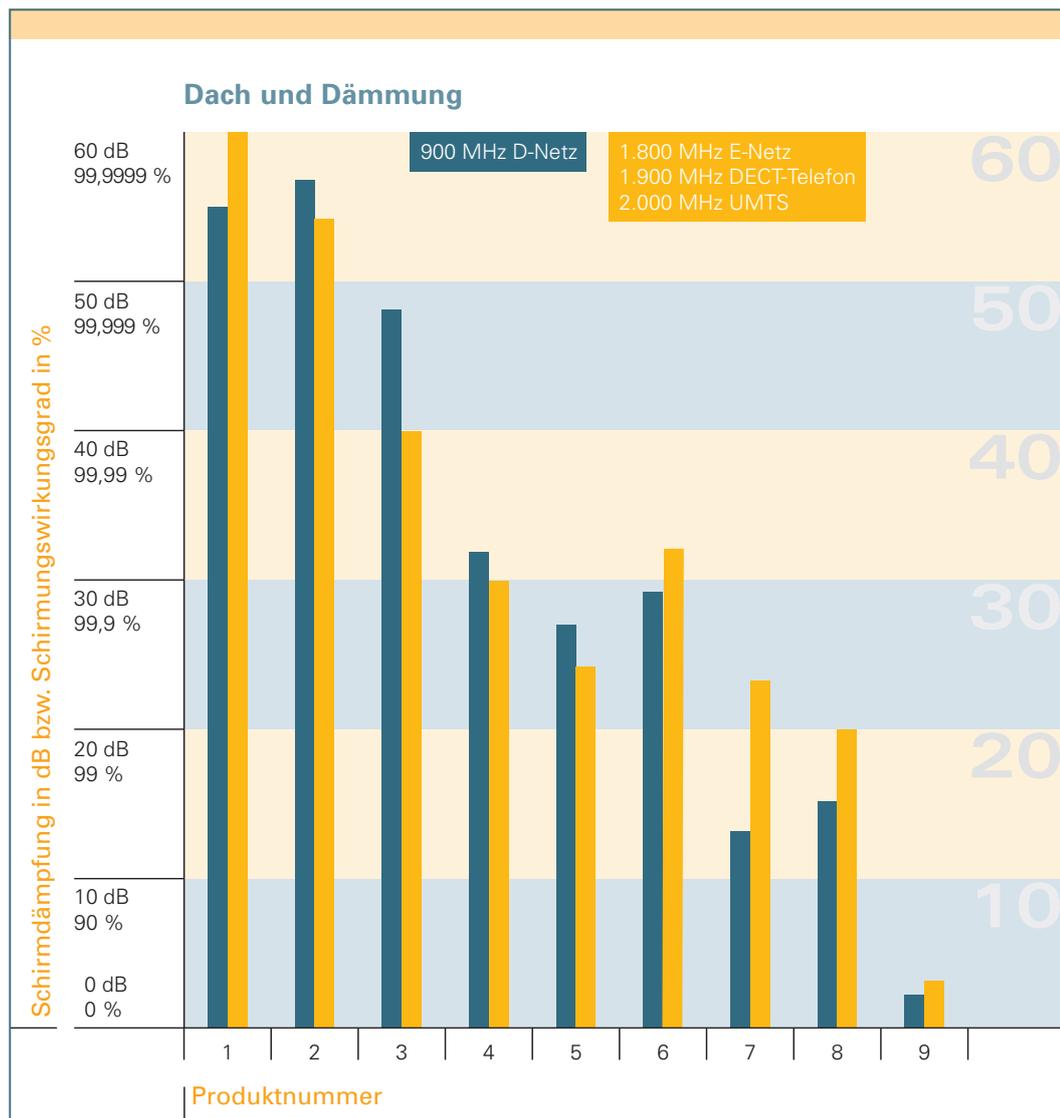


Abb. 19: Messergebnisse für die Schirmung von Dach und Dämmungen

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	Eisen, Kupfer, Aluminium	Blech für Dachbeschichtungen
2	Sisalex 514	Alu-kaschierte Dampfsperre (Ampack-Bautechnik)
3	CuProtect	feinmaschiges Cu-Gewebe 1 mm x 1 mm (Kessel)
4	Delta-Reflex	Luft-und Dampfsperre* (Dörken)
5	Aluminium Dachschindel	42 cm x 24 cm x 0,65 mm (PREFA)
6	BauderTOP E-Protect	diffusionsoffene Unterdeckbahn* (Bauder)
7	BAUFRITZ Dach	gesamter Dachaufbau inkl. Schutzplatte Xund-E (Baufritz)
8	Gründach 16 cm	Grassoden, feuchte Erde mit 1/3 Blähschiefer, Dachhaut
9	Tondachziegel	1,3 cm

*quer zur Produktionsrichtung gemessen

Textilien



Abb. 20: Schirmender Bettbaldachin (Biologa)

Textilien, die elektromagnetische Wellen schirmen, finden Anwendung z. B. als:

- Vorhänge zur Abdeckung von Fenster- und Türöffnungen, bzw. als Baldachin,
- textile Tapeten,
- Einlage in Steppdecken und als Unterlage für Matratzen zur Schirmung im Bett und
- Grundmaterial für Bekleidung (T-Shirts, Unterwäsche, Westen).

Das Basismaterial für die meisten schirmenden Textilien sind Nylon- oder Perlonfasern. Ihre Beschichtung mit Silber, Nickel, Kupfer, Aluminium oder Gold erfolgt chemisch oder galvanisch. Aus den metallisierten Fasern werden Garne, Vliesstoffe, Nadelfilze oder Gewebe hergestellt, wobei Baumwollbeimischungen zum hautfreundlichen, feuchtigkeitsaufsaugenden Tragekomfort beitragen. Vernickeltes Gewebe scheidet bei der Wäscheherstellung zumindest für Allergiker aus; verkupfertes Material kann durch Oxidation dunkler werden, während versilbertes Gewebe sogar eine Chemische Reinigung aushält, da Silber auf den Kunststofffasern am besten haftet.

Kleidungsstücke aus solchen Stoffen können die Leistungsflussdichte im Körperzentrum um mehr als 99 % schirmen. Der Kopf bleibt jedoch ungeschützt (siehe auch Seite 36, „Kleinfächige Schirmung“). Bekleidung aller Art aus schirmendem Material ist im Fachhandel erhältlich.

Die übliche elektromagnetische Umgebung beeinflusst zwar moderne Herzschrittmacher kaum mehr; doch kann eine schirmende Kleidung oder Unterwäsche dem Träger ein erhöhtes Sicherheitsgefühl geben.

Bei der alleinigen Verwendung von „Abschirmmatten“ im Bett unter oder auf der Matratze bleibt der ganze Körper von oben und von der Seite vor elektromagnetischen Wellen ungeschützt. Niederfrequente Wechselfelder können sogar deutlich stärker eingekoppelt werden.

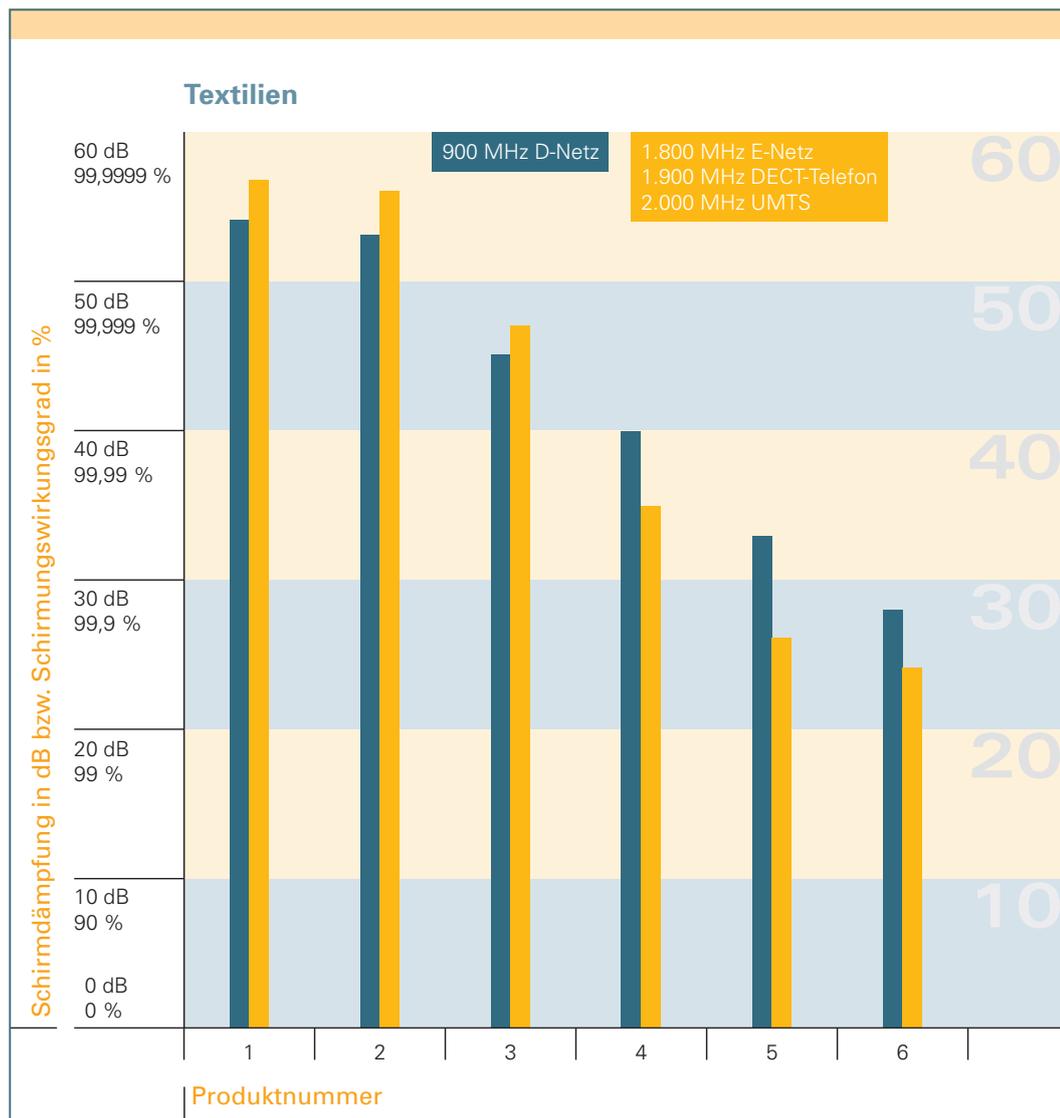


Abb. 21: Messergebnisse für die Schirmung von Textilien

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	Feinsilbergewebe	Geniweb 50 S (Genitex)
2	Feinkupfernetz	Dürer (Biologa)
3	Feinsilbernetz	Dali (Biologa)
4	feines Baumwollgewebe mit Silberfaden	Swiss Shield Naturelle (Biologa)
5	feines Gewebe mit Silberfaden	Swiss Shield Evolution (Biologa)
6	eProtect-Gardine	(ADO)

Abb. 22 (links):
Gemessenes Holzhaus der
Firma Thoma (Messkurve 2)

Abb. 23 (Mitte):
Gemessenes Holzfertig-
haus, Firma Baufritz
(Messkurve 4)

Abb. 24 (rechts):
Gemessenes Fertighaus
aus Hochlochziegeln
(Messkurve 5)



Häuser

Um Näheres über die realen Verhältnisse in Wohnungen zu erfahren, wurden an mehreren Gebäuden Schirmungsmessungen durchgeführt. Dabei konzentrierten sich die Untersuchungen überwiegend auf solche Häuser, deren Baustoffe auch schon im Labor vermessen wurden.

Messkurve 1 zeigt, dass ein Gebäude aus 11,5 cm dicken Magnetit-Kalksandsteinen verglichen mit herkömmlichen Mauerstrukturen außerordentlich gut schirmt. Magnetitsteine bieten sich also zur Lösung extremer Schirmungsaufgaben an (siehe auch S. 18). Das gemessene Haus wurde eigens zu Testzwecken gebaut und besaß keine Fenster; auch deswegen ergaben sich so gute Schirmdämpfungswerte.

Messkurve 2 beschreibt die Schirmung eines Hauses, bei dem der Kern der Hauswand aus 37 cm dickem massiven Fichten-/Tannen-Holz besteht. 2,4 cm Außenverschalung mit Lärchenholz und eine ca. 2 cm dicke Lehmbauplatte mit Lehmputz innen vervollständigen den Wandaufbau. Aufgrund herkömmlich verglaster Fenster und Terrassentüren ist die Schirmdämpfung hier geringer als bei den Labormessungen.

Messkurve 3 beweist, dass ein Altbau mit einer mäßig schirmenden Mauer aus 30 cm dicken Leichtbetonsteinen nach Einbettung eines schirmenden Armierungsgewebes in den neuen Außenputz in seiner Schirmung erheblich verbessert werden konnte. Jetzt dringen nur noch wenige Promille der ursprünglichen Leistungsflussdichte durch die Mauer.

Ein anderer Weg wird bei dem (Holz-)Fertighaus, zu dem die **Messkurve 4** gehört, beschritten. Da hier in der Wand kein Massivholz, sondern kaum schirmende Hobelspäne und Korkdistanzplatten verwendet wurden, hat man zusammen mit einer zusätzlichen Gipskarton-Schutzplatte (siehe S. 25 Produkt 8) mehr als 99 % der außen auftreffenden Leistungsflussdichte geschirmt.



Abb. 25: Gemessenes
Fertighaus aus Holzständer-
bauweise (Messkurve 8)

Die **Kurven 5 bis 8** stammen aus Messungen an Häusern, bei deren Konzeption und Konstruktion eine schirmende Wirkung nicht beabsichtigt war. Selbst die Mauern aus 36 oder 26 cm dicken Hochlochziegeln (Kurven 5 und 6) oder Mauern aus 30 cm Porenbeton (Kurve 7) liefern nur mäßige Schirmungswerte. Außerdem sieht man beim Vergleich der Kurven 5 und 6, dass nicht immer die dickere Mauer besser schirmt. Es kommt hauptsächlich auf die „Füllung“ sowie auf Art und Dichte des Rohmaterials an.

Kurve 8 beschreibt die Eigenschaften eines anderen Holzfertighauses, das wegen seiner Wandstruktur (4 cm Styropor, 1,3 cm Spanplatte, 14 cm Mineralwolle und 1,8 cm Gipskartonplatte) kaum schirmt. In Kombination mit einem der weiter vorne genannten Produkte, z. B. aus der Gruppe Wandbeschichtungen oder Fenster, kann auch hier die Schirmung verbessert werden.

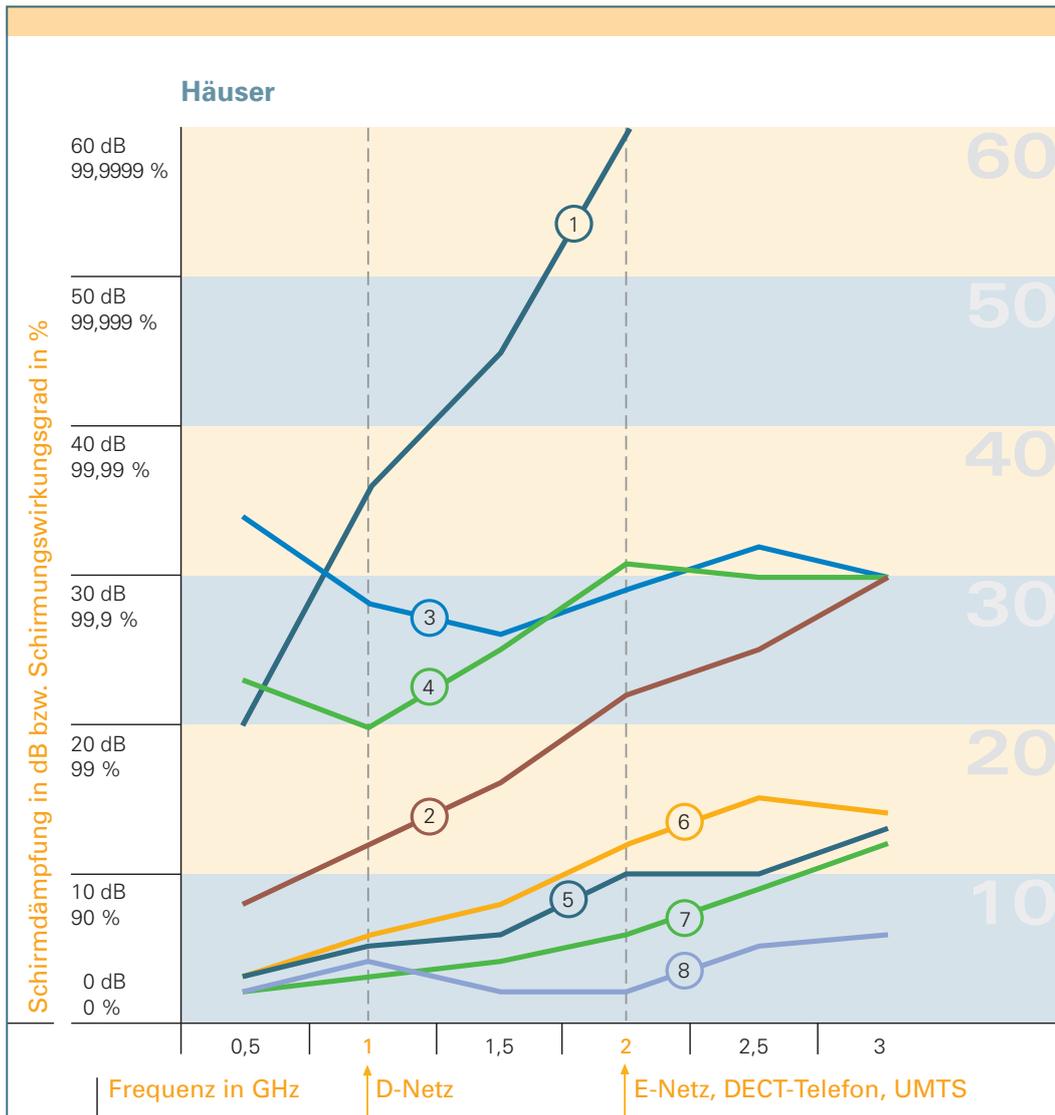


Abb. 26: Messergebnisse für die Schirmung von Häusern

Nr. Produktbeschreibung, Typ und Anmerkungen

- 1 KS protect 11,5 cm mit Magnetit, einseitig mit 2 cm Putz (Kalksandstein-Werk Wemding)
- 2 THOMA 2,4 cm Lärche / 4 cm Luft / 37 cm Holz Fichte / 1,6 cm Lehmbauplatte / 0,6 cm Lehmputz
- 3 Sto-Abschirmgewebe AES auf 30 cm Leichtbeton
- 4 BAUFRITZ 5 cm Holz / 19 cm Hobelspäne / 1,2 cm Schutzplatte Xund-E / 3 cm Luft / 1,8 cm Gipskartonplatte
- 5 Hochlochziegel 36 cm, einseitig mit 1 cm Putz
- 6 Ziegelfertighaus: 1,5 cm Putz / 10 cm Styropor / 26 cm Ziegel / 1,5 cm Putz
- 7 Porenbeton 30 cm, beidseitig mit 1 cm Putz
- 8 Fertighaus 1 cm Kunstharz Putz / 4 cm Styropor / 1,3 cm Spanplatte / 14 cm Mineralwolle / 1,8 cm Gipskartonplatte

7 Wie gehe ich vor?

Zunächst sollten Sie in Ihrem persönlichen Umfeld eine Messung der elektromagnetischen Wellen durch eine qualifizierte Messstelle veranlassen. Wenn Sie dann auf Grund der Messergebnisse beschließen, Minderungsmaßnahmen zu treffen, so ist es in einem zweiten Schritt sinnvoll, die Größenordnung der bisherigen Schirmung der Wohnung und einzelner Bauteile abzuschätzen. Die in Kapitel 6 vorgestellten Daten geben einen Anhalt dafür.

Welche Maßnahmen können Sie möglichst einfach treffen? Zumeist stellen die Fenster die größte Schwachstelle dar, durch die Mobilfunkwellen wie das sichtbare Licht einfallen. Dies betrifft nur Fenster ohne Wärmeschutzverglasung. Hier lässt sich nachträglich z. B. ein metallisches Fliegengitter oder eine Sonnenschutzfolie anbringen. Metallisierte Vorhänge und Alu-Jalousien können die Immission weiter mindern.

Danach ist das Augenmerk auf die Außenwände zu lenken. Sollen Maßnahmen nur in der Wohnung getroffen werden, kommen für die Wände spezielle Tapeten, Schutzplatten oder Putze in Frage. Beim eigenen Haus können beispielsweise auch außen Armierungsgewebe unter den Putz eingebracht oder Aluminium-Vorsatzelemente angebracht werden. Solche hochreflektierenden Materialien können zu einer geringfügigen Erhöhung der Immissionen in der Umgebung des Gebäudes, z. B. auf dem Grundstück Ihres Nachbarn, führen.

Auch wenn Sie ein Haus bauen möchten, können Ihnen die Daten in Kapitel 6 zu einer guten Schirmung verhelfen. Bei der Auswahl eines Produktes können nicht nur die Schirmung, sondern auch die Wärme- und Schalldämmung, die Durchlässigkeit für Wasserdampf und andere wohnrelevante Kriterien eine Rolle spielen. Auch der Preis des Materials darf natürlich nicht vergessen werden.

Bei der Planung und Durchführung der Maßnahmen sollten Sie immer Folgendes beachten:

Schirmungsreduzierung durch Fenster- und Türöffnungen

Elektromagnetische Wellen dringen durch Öffnungen mit geringer Schirmungswirkung hindurch. Dazu gehören einfache Holztüren und – wie schon angedeutet – Fenster aus gewöhnlichem Glas. Da die Abmessungen von Tür- und Fensteröffnungen groß gegenüber den Mobilfunkwellenlängen sind, lassen sie die elektromagnetische Energie etwa proportional zur Öffnungsfläche in den dahinter liegenden Raum (Abbildung 27).

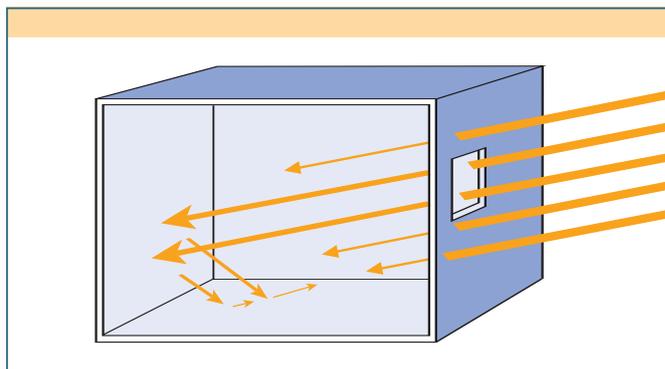


Abb. 27: Strahlungseinfall in einen Wohnraum durch ein ungeschirmtes Fenster

In jedem Fall ist es sinnvoll, alle Schirmungsmaßnahmen aufeinander abzustimmen. Es macht wenig Sinn, Schirmungsaufwand nur in die Wand zu investieren, wenn man nicht gleichzeitig auch die Fenster- und Türöffnungen „abdichtet“. Vor allem großflächige Fenster, Wintergärten oder Glastüren sollten, wenn Schirmungsbedarf besteht, mit metallbedampften Wärmeschutzglasscheiben ausgestattet sein. Diese dämpfen elektromagnetische Wellen besser als jedes gewöhnliche Mauerwerk (siehe auch Kapitel 6). Fensterrahmen aus Aluminium oder aus Holz mit Aluminiumverkleidung außen lassen Mobilfunkwellen praktisch nicht hindurch. Kunststofffensterrahmen mit Metallverstärkungen sind ebenfalls besser als solche ohne Metall.

Schirmungsreduzierung durch Spalte, Schlitze oder andere Schirmunterbrechungen

Manchmal werden schirmende Glasfenster in einem Rahmen und Fensterstock aus Holz oder Kunststoff in eine schirmende Mauer montiert. Durch den entstandenen „elektromagnetischen Spalt“ wird die sonst gute Schirmung reduziert. Ähnliches gilt auch für Türen oder Wintergartenfenster. Hier helfen Fensterrahmen aus Aluminium oder Holzrahmen mit Metalleinlagen, wie sie im Bauzubehörhandel erhältlich sind. Auf jeden Fall ist es ratsam, sich bei größerem Schirmungsaufwand vom Fachmann beraten zu lassen.

Sogar schmale Schlitze reduzieren die Schirmung. Auf eine lückenlose Verarbeitung ist also auch bei Tapetenbahnen, Schutzplatten und Verkleidungen zu achten.

Erdung von Schirmmaterial

Die Wirkung eines Schirmes gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Wellen ist in den hier betrachteten Frequenzbereichen unabhängig von dessen Erdung. Die Schirmung von elektrischen Gleichfeldern und niederfrequenten elektrischen Wechselfeldern hängt dagegen ganz wesentlich von der Anbindung der elektrisch leitfähigen Schicht an das Erdpotenzial ab. Möchte man auch diese Felder schirmen, so müssen alle Schirmsegmente (Tapetenbahnen, Folien oder Schutzplatten) leitend verbunden und von einer Elektrofachkraft geerdet werden. Niederfrequente Magnetfelder werden von den besprochenen Wandbeschichtungen nicht abgeschirmt, da sie alle magnetisch durchlässig sind.

Eine durchdachte Abstimmung der Schirmungsmaßnahmen aufeinander und eine lückenlose Verarbeitung sind entscheidend für eine gute Schirmung.

Bitte beachten Sie: Die Leistungsflussdichte eines Handys am Kopf ist in den allermeisten Fällen viel höher – häufig 1000-fach – als die einer Mobilfunkbasisstation. Je näher diese liegt und je geringer die Schirmung zwischen Mobilfunkbasisstation und Handy ist, desto kleiner ist die Sendeleistung des Handys und z. T. auch der Mobilfunkbasisstation. So regelt das Handy seine Sendeleistung in geschirmten Räumen höher ein als in ungeschirmten. Das kann zur Folge haben, dass Sie durch Schirmungsmaßnahmen bei Handynutzung Ihre individuelle Immision erhöhen (Vergleichbares gilt für DECT-Telefone). Wenn die Empfangsempfindlichkeit von Mobilfunkbasisstation oder Handy durch Schirmung unterschritten wird, bricht der Mobilfunkkontakt ab und man kann im geschirmten Raum mit dem Handy nicht mehr telefonieren.

Schirmung kann durch Absorption und/oder Reflexion erreicht werden. Bei reflektierenden Materialien, wie z. B. Metallfolien oder Metallgewebe, wird die Leistungsflussdichte an anderer Stelle erhöht. Im ungünstigsten Fall können Orte bestrahlt werden, die ohne Schirmungsmaßnahmen im Wellenschatten lägen. Die Leistungsflussdichte kann jedoch im reflektierten Strahl keinesfalls höher werden als am Ort der reflektierenden Schicht.

Absorptive Maßnahmen, wie z. B. Abschirmfarben, Lehm-Baustoffe oder Wasserwände – diese können künftig auch als Energiespeicher dienen – sind deshalb zu bevorzugen. Gute Absorber innerhalb von Räumen sind Zimmerpflanzen, Aquarien, Wasserbetten, alle wasserhaltigen Lebensmittel (Obst, Gemüse) usw.

Kleinflächige Schirmung

Die Schirmdämpfungen werden normgerecht für großflächige Muster ermittelt. Mit kleinflächigen Schirmungen wird eine niedrigere Schirmdämpfung erreicht. So erzeugen z. B. Kopfbedeckungen oder Abschirmmatten sogar örtlich höhere Feldstärken, da die Felder an den Kanten konzentriert werden und sich durch Reflexionen verstärken können. Bei einer Matte kann eine Schirmungswirkung nur dann erfolgen, wenn sie zwischen Quelle und Person liegt. Felder aus anderen Richtungen können nach wie vor ungehindert einwirken und im schlechtesten Fall auch verstärkt werden. Die vielfach empfohlene Erdung solcher Matten „zur Ableitung des Elektrosmogs“ ist im Hochfrequenzbereich unwirksam.

Seit Anfang 2006 sind strahlungsarme DECT-Telefone („DECT-light“) auf dem Markt, bei denen die Sendeleistung reduziert wird, solange das Mobilteil im Standby-Betrieb auf der Basisstation liegt. Gewöhnliche DECT-Basisstationen hingegen senden permanent mit voller Leistung. Für letztere hat die Firma ProtectES die Abschirmbox „DECT protect“ entwickelt, die sowohl Basisstation als auch Mobilteil aufnimmt. Mit einem Preis von knapp 100 Euro kann die Box allerdings weder preislich noch schirmungstechnisch mit einem schnurgebundenen Telefon konkurrieren. Wer dennoch nicht auf schnurlosen Komfort verzichten möchte, sollte daher besser zu einem DECT-light-Telefon greifen, das im Standby-Modus deutlich weniger strahlt als eine DECT-Station trotz Abschirmbox. Eine Liste solcher Geräte findet sich auf der Homepage des Bundesamts für Strahlenschutz (www.bfs.de, Stichwort: Strahlungsarme DECT-Telefone).

8 Kosten

In den nachfolgenden Tabellen sind die Kosten für die Materialien zusammengestellt, soweit sie verfügbar waren. Die Nettopreise in Euro gelten, wenn nicht anders angegeben, jeweils für einen Quadratmeter des Produktes. Bei etlichen Produkten kommen Montage- oder Verlegekosten hinzu. Ferner spielen bei der konkreten Kalkulation natürlich noch Abnahmemenge und Transport eine Rolle.

Produkt Hersteller/Händler	Beschreibung Typ	Liefermaße	Preise netto in Euro/m ² ohne Arbeitskosten
KS-Protect Kalksandstein-Werk Wemding GmbH	Kalksandstein + Magnetit/KS-Protect HF-abschirmend	Mauerstärke: 11,5 oder 17,5 cm	je nach Magnetitanteil ca. 35,- bis 50,-
Poroton-Planziegel	Hochloch-Plan-Ziegel	Mauerstärke 36 cm	
JUWÖ Poroton-Werke Wöllstein		o. Schirmmaßnahme mit Schirmung	ca. 30,- ca. 45,-
Kalksandstein	ohne Zusätze	Mauerstärke 11,5 cm	ca. 13,-
Massivholzwand/THOMA	Fichte/Tanne	Wanddicke 37 cm	ca. 100,-
Massivholzwand/THOMA	Fichte/Tanne	Wanddicke 17 cm	ca. 62,-
Massivholzwand/THOMA	Lärche	Wanddicke 16 cm	ca. 67,-

Tab. 6: Daten und Preisangaben zu **massiven Baustoffen und Holzkonstruktionen** auf den Seiten 16 – 21

Produkt Hersteller/Händler	Beschreibung Typ	Liefermaße	Preise netto in Euro/m ² ohne Arbeitskosten
Schirmende Verglasung Sicherheitsglas GmbH, Aachen	Wärmeschutzisoliervglas EMS-Protect 2.30 PLT Sonnenschutzisoliervglas EMS-Prot. 2.30 SKN 172	Dicke 29 mm Dicke 30 mm	ca. 110,- ca. 135,-
Fliegendraht, Baumarkt	metallisches Gitter	1 mm x 1 mm	ca. 5,-
Sonnenschutzfolie Biologa	Cu-beschichtete Folie RDF 75	Breite 1,52 m	ca. 35,-
Alu-Jalousette, Baumarkt	Aluminium-Lamellen	80 cm x 120 cm	ca. 95,-
GEALAN	Dekorbeschichtung		Preis auf Anfrage
Holzfenster Ziegelmeier	Rahmen mit CuProtect-Einlage		Preis auf Anfrage

Tab. 7: Daten und Preisangaben zu **Fenstern und Zubehör** auf den Seiten 22 – 24

Bevor Sie aufwändige Schirmungsmaßnahmen planen und hohe Investitionen in Kauf nehmen, sollten Sie einen Fachmann hinzuziehen.

Unter der Internet-Adresse: www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/ finden Sie neben weiteren Informationen über Elektrosmog und Mobilfunk auch die Anschriften von Messstellen für elektromagnetische Felder, die normgerechte Immissionsmessungen durchführen können.

Bei allgemeinen Fragen zum Thema elektromagnetische Felder hilft Ihnen auch gerne die Infostelle „EMF“ des Landesamtes für Umwelt weiter.
Telefon: 0821 9071-3518, E-Mail: emf@lfu.bayern.de

Tab. 8: Daten und Preisangaben zu **Wandbeschichtungen** auf den Seiten 25 – 27

Produkt Hersteller/Händler	Beschreibung Typ	Liefermaße	Preise netto in Euro/m ² ohne Arbeitskosten
Alu-Fassaden-Elemente PREFA, Wasungen	Aluminium-Sidings	Breite: 200 od.138 mm Länge: bis 5 m Dicke: 0,8 bzw. 0,7 mm	ca. 21,-
Abschirmtapete Biologa, Hohentengen	Flexibles Faservlies „Chagall spezial“ Metallisierung: Fein-Cu	Rolle: 20 m Breite: 100 cm	ca. 13,-
Biologa, Hohentengen	Spezialedelstahlgewebe Adamantan 10		ca. 19,-
Sto Abschirmgewebe AES Sto AG, Stühlingen Biologa, Hohentengen	Armierungsgewebe G-ES, Glasfasergitter m. Edelstahlfäden, Grafit	Rolle: 50 m Breite: 100 cm	ca. 7,-
Lesando Abschirmputz Baustoffhandel	Gipsdünnputz + Carbonfasern	Putz 2-lagig	ca. 11,-
KNAUF Schutzplatte Baustoffhandel	Gipskartonplatte + Carbonfasern im Karton	Breite: 125 cm Länge: 250 cm	ca. 5,-
Schirmende Wandverkleidung Biologa, Hohentengen	Hochleitfähiges Faser-Vlies Cu-beschichtet	Rollenware Breite: 100 cm	ca. 29,-
Abschirmfolie 05 KORFF, Oberbipp (CH)	Aluminiumfolie	Breite: 50 cm Länge: 10 m	ca. 1,40
HF-Abschirmfarbe Y-shield	HSF 54 für innen und außen HSF 71 für innen		ca. 12,50

Deshalb dürfen die Preise nur als Schätzwerte verstanden werden. Für die Angaben wird nicht gehaftet.

Zu den schirmenden Materialien sind manchmal auch „nichtschildernde“ Vergleichsprodukte angegeben. Für schirmende Rollläden wurde auf die Preisangaben verzichtet, da sie sehr von der Ausführungsform und Qualität der Produkte abhängen.

Produkt Hersteller/Händler	Beschreibung Typ	Liefermaße	Preise netto in Euro/m ² ohne Arbeitskosten
Sisalex 514 Ampac, Rorschach	Alu-kaschierte Dampfsperre	Rolle: 50 m Breite: 1,5 m	ca. 3,50
Alufolie, Dampfsperre DÖRKEN, Herdecke oder Baumarkt	Alu-Folie, beidseitig kunststoffbeschichtet DELTA-REFLEX	Rolle: 50 m Breite: 150 cm	ca. 1,50
Alu Dachschindeln PREFA, Wasungen	Dachschindel f. Neubau oder Sanierung	Schindelgröße: 29 cm x 29 cm	ca. 20,-
Wärmedämmplatte, PUR mit 2 Alu- Deckschichten BAUDER, Stuttgart	zur Verlegung auf den Dachsparren, BAUDER- PUR E-PROTECT	Breite: 120 cm Länge: 180 cm Dicke: 12 cm	ca. 23,-
Unterdeckbahn BAUDER, Stuttgart	Diffusionsoffene Unter- deckbahn, alubedampf- tes Polypropylen-Vlies	Rolle: 50 m Breite: 150 cm	ca. 2,50

Tab. 9: Daten und Preis-
angaben zu **Dach und
Dämmung** auf den Seiten
28 – 29

Produkt Hersteller/Händler	Beschreibung Typ	Liefermaße	Preise netto in Euro/m ² ohne Arbeitskosten
Abschirmgewirke Biologa, Hohentengen	Polyamidgewirk feinsilbermetallisiert DALI	Meterware Breite: 145 cm	ca. 33,-
Abschirmgewebe Biologa, Hohentengen	Polyamidgewebe, feinsilbermetallisiert PICASSO	Meterware Breite: 130 cm	ca. 33,-
Abschirmgewebe Biologa, Hohentengen	HF-abschirmendes Baumwollgewebe Swiss-Shield Naturell	Meterware Breite: 250 cm Vorhangstoff, waschbar	ca. 60,-
Flachstrickware für Kleidungsstücke Peters GmbH, Albstadt	70% Merinowolle 30% Silbergarn Silvertext	zur Herstellung von Kleidungsstücken	ca. 63,-
Feines Schirmgewebe Swiss Shield Naturell	zum Nähen von schirmenden Wäschestücken		ca. 50,-
Schirmende Gardinen ADO	eProtect	Meterware Breite: bis 300 cm	ca. 33,-

Tab. 10: Daten und Preis-
angaben zu **Textilien** auf
den Seiten 30 – 31

9 Adressen von Herstellern

ADO Gardinenwerke GmbH & Co	Hüntestraße 68, 26871 Aschendorf/Ems Tel.: (0 49 62)5 05-0, Fax: -2 11, www.ado-international.de
Ampack bautechnik GmbH	Alte Biberacher Str. 5, 88447 Warthausen Tel.: (0 73 51)19 81-0, Fax: -50, www.ampack.de
Paul Bauder GmbH & Co	Korntaler Landstraße 63, 70499 Stuttgart (Weilimdorf), Tel.: (07 11)88 07-0, Fax: -3 00, www.bauder.de
BAUFRITZ DAS VOLL-WERT-HAUS	Alpenstraße 32, 87746 Erkheim, Tel.: (0 83 36)9 00-0, Fax: -1 11, www.baufritz.com
Biologa GmbH & Co KG	Dorfstraße 42, 79801 Hohentengen, Tel.: (0 77 42)91 91 10, Fax: 91 91 11, www.biologa.de
Ewald Dörken AG	Wetterstraße 58, 58313 Herdecke, Tel.: (0 23 30)63-0, Fax: -3 55, www.doerken.de
Fachvereinigung Leichtbeton e.V.	Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied, Tel.: (0 26 31)2 22 27, Fax: 3 13 36, www.leichtbeton.de
GEALAN Fenster-Systeme GmbH	Hofer-Str. 80, 95145 Oberkotzau, Tel.: (0 92 86)77-66 30, Fax: -66 66, www.gealan.de
GENITEX Forschungsgesellschaft mbH	Heerstr. 149 / B1, 60488 Frankfurt, Tel.: (0 69)7 68 12 20, Fax: 76 96 96, www.genitex.de
Holzsystembau Ganaus Georg	Öd 6, A-3241 Kirnberg an der Mank Tel.: +43 27 55 80 88, Fax: -80 88-13, www.naturi.at
JUWÖ Poroton-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH	Postfach 16, 55597 Wöllstein, Tel.: (0 67 03)9 10-0, Fax: -1 39, www.juwoe.de
Kalksandstein-Werk Wemding GmbH	Harburger Str. 100, 86650 Wemding, Tel.: (0 90 92)2 21, Fax: 16 51, www.nordschwaben.de

Knauf Gips KG	Postfach 10, 97343 Iphofen, Tel.: (0 93 23)31-14 00, Fax: -14 10, www.knauf.de
KORFF AG	Niedermattstr. 35, CH-4538 Oberbipp Tel.: +41 326 36-33 32, Fax: -23 09, www.korff.ch
Lesando GmbH Innovation in Lehm	Lange Länge 8, 97337 Dettelbach Tel.: (0 93 24)98 13-0, Fax: -27, www.lesando.de
PREFA Wasungen	Aluminiumstr. 2, 98634 Wasungen, Tel.: (03 69 41)7 85-0, Fax: -20, www.prefa.de
ProtectES GmbH	Elperting 9, 83209 Prien Tel.: (0 80 51)9 61 73 00, Fax: 9 61 73 01, www.protectes-prien.de
Sto AG	Ehrenbachstraße 1, 79780 Stühlingen Tel.: (0 77 44)57-10 10, Fax: -20 10, www.sto.de
THOMA Holz FuE-Zentrum für Naturholzverarbeitung	A – 5622 Goldegg, Tel.: +43 64 15 89 10, Fax: 8 92 04, E-Mail: info@thoma.at www.thoma.at
Umweltanalytik Kessel	Am Bargfeld 15, 22941 Bargtheide, Tel.: (0 45 32)66 79, Fax: 59 34 www.umweltanalytik-kessel.de
Y-SHIELD Strahlenschutz	Am Schulplatz 2, 94099 Ruhstorf, Tel.: (0 85 31)3 17 13-0, Fax: -5, www.yshield.com
Ytong Holding AG	Sandhof 6, 86529 Schrobenhausen, Tel.: (0 82 52)9 11-0, Fax: -2 35, www.ytong.de
Ziegelmeier/Schreinerei	Schäufelinstr. 18, 86720 Nördlingen, Tel.: (0 90 81)39 10, Fax: -39 47 www.schreinerei-ziegelmeier.de

10 Literaturtipps und Auszüge aus der 26. BImSchV

Literatur

Allgemeines:

- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2007): Mobilfunk
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2002): Fachinformation 1/2002 „Elektromagnetische Felder“
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Materialienband 169 „Maßnahmen an Gebäuden zur Abschirmung elektromagnetischer Wellen“ (Grundlage für diese Broschüre)
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2002): Elektrische und magnetische Felder im Alltag
- Bundesamt für Strahlenschutz (2005): Strahlenthemen „Mobilfunk und Sendetürme“
- Pauli, P., Moldan, D. (2007): Reduzierung hochfrequenter Strahlung – Baustoffe und Abschirmmaterialien, zu beziehen bei D. Moldan, Am Henkelsee 13, 97346 Iphofen, www.drmodalan.de

Zur Vertiefung:

- Leitgeb, N. (2000): Machen elektromagnetische Felder krank?, Springer-Verlag Wien New York
- Leitgeb, N., Cech, R. (2005): Unwirksamkeit von Elektrosmog-Abschirmmatten, in: Biomedizinische Technik Vol. 50, Walter de Gruyter Berlin
- Leute, U. (2002): Wie gefährlich ist Mobilfunk?, J. Schlembach Fachverlag, Weil der Stadt.
- Weiß, P., Gutheil, B., Gust, D., Leiß, P. (2000): EMVU-Messtechnik, Vieweg-Verlag, Vieweg-Praxiswissen Braunschweig/Wiesbaden
- Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV), vom 20.8.2002 Bundesgesetzblatt Teil 1 S. 3366
- Weitere Informationen über Mobilfunk, Elektrosmog und qualifizierte Messstellen in Bayern finden Sie unter www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/ und www.mobilfunk.bayern.de.

Auszüge aus der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV)

Vom 16. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1966)

(1) Diese Verordnung gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen nach Absatz 2, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden und nicht einer Genehmigung nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bedürfen. Sie enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektromagnetische Felder. Die Verordnung berücksichtigt nicht die Wirkungen elektromagnetischer Felder auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate.

(2) Im Sinne dieser Verordnung sind:

1. Hochfrequenzanlagen: ortsfeste Sendefunkanlagen mit einer Sendeleistung von 10 Watt EIRP (äquivalente isotrope Strahlungsleistung) oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 10 Megahertz bis 300 000 Megahertz erzeugen.

Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Hochfrequenzanlagen so zu errichten und zu betreiben, daß in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere ortsfeste Sendefunkanlagen

1. die im Anhang 1 bestimmten Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Feldstärke für den jeweiligen Frequenzbereich nicht überschritten werden und
2. bei gepulsten elektromagnetischen Feldern zusätzlich der Spitzenwert für die elektrische und die magnetische Feldstärke das 32fache der Werte des Anhangs 1 nicht überschreitet.

Messgeräte, Mess- und Berechnungsverfahren, die bei der Ermittlung der elektrischen und magnetischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte einschließlich der Berücksichtigung der vorhandenen Immissionen eingesetzt werden, müssen dem Stand der Mess- und Berechnungstechnik entsprechen. Soweit anwendbar sind die Mess- und Berechnungsverfahren des Normentwurfs DIN VDE 0848 Teil 1, Ausgabe Mai 1995, einzusetzen, der bei der VDE-Verlag GmbH oder der Beuth Verlag GmbH, beide Berlin, zu beziehen und beim Deutschen Patentamt archivmäßig gesichert niedergelegt ist. Messungen sind am Einwirkungsort mit der jeweils stärksten Exposition durchzuführen, an dem mit einem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen gerechnet werden muss. Sie sind nicht erforderlich, wenn die Einhaltung der Grenzwerte durch Berechnungsverfahren festgestellt werden kann.

(1) Der Betreiber einer Hochfrequenzanlage hat diese der zuständigen Behörde mindestens zwei Wochen vor der Inbetriebnahme oder einer wesentlichen Änderung anzuzeigen; der Anzeige ist die vom Bundesamt für Post und Telekommunikation nach telekommunikationsrechtlichen Vorschriften zu erstellende Standortbescheinigung beizufügen.

(3) Bei Anzeigen nach Absatz 1 soll der Betreiber die für die Anlage maßgebenden Daten angeben und der Anzeige einen Lageplan beifügen.

§ 1
Anwendungsbereich

§ 2
Hochfrequenzanlagen

§ 5
Ermittlung der Feld-
stärke- und Fluss-
dichtewerte

§ 7
Anzeige