

Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld



Vorwort

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

Alle zuständigen internationalen und nationalen Gremien, die sich mit dieser Frage bis in die jüngste Zeit befassten, sehen keinen Anlass, aufgrund des wissenschaftlichen Kenntnisstandes Absenkungen der geltenden Grenzwerte zu empfehlen. Hier sind insbesondere die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlen 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 Umweltschutz (LfU) und andere Institutionen haben in Bayern an Hunderten von Orten, an denen sich Menschen üblicherweise aufhalten, gemessen. Danach überschreiten die Feldmissionen 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 Landesentwicklung und Umweltfragen 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. In der vorliegenden Broschüre sind die Ergebnisse für den interessierten Laien zusammengefasst.

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.

Aufgestaute Angst kann krank machen. Untätigkeit löst sie nicht auf; vielmehr ist sie Antrieb zum Handeln. Mit dieser Broschüre haben Sie auf physikalischen Tatsachen beruhende Daten an der Hand, aufgrund 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 laufen nicht Gefahr, sich auf wissenschaftlich nicht begründbare Vorschläge, wie z.B. Kristalle-unter's-Bett-Stellen oder Tragen bestimmter Anhänger, einzulassen. Hochfrequente elektromagnetische Felder sind physikalische Erscheinungen, die auch nur physikalisch auf andere physikalische Erscheinungen, nämlich Materie – auch biologisches Gewebe –, einwirken.

Christoph Himmighoffen
Präsident



Inhaltsverzeichnis

1	Elektromagnetische Wellen	4
	<ul style="list-style-type: none">• Anwendungen und Frequenzbereiche• Feldstärken und Leistungsflussdichte• D- und E-Netz, UMTS	
2	Grenzwerte	6
	<ul style="list-style-type: none">• Verordnung über elektromagnetische Felder – 26.BImSchV• Standortbescheinigung	
3	Abstrahlung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	8
	<ul style="list-style-type: none">• Richtcharakteristik• Ausbreitung• Polarisation	
4	Schirmung elektromagnetischer Wellen	10
	<ul style="list-style-type: none">• Schirmdämpfung• Schirmwirkungsgrad	
5	Messung der Schirmdämpfung	12
6	Messergebnisse mit Erläuterungen	13
	<ul style="list-style-type: none">• Massive Baustoffe• Holzkonstruktionen• Fenster und Zubehör• Wandbeschichtungen• Dächer• Textilien• Häuser	<ul style="list-style-type: none">14171820222324
7	Wie gehe ich vor?	26
	<ul style="list-style-type: none">• Schirmungsreduzierung durch Fenster- und Türöffnungen• Schirmungsreduzierung durch Spalte, Schlitze oder andere Schirmunterbrechungen• Schirmungsreduzierung durch Leitungsdurchführungen• Erdung von Schirmmaterial	
8	Angaben zu Kosten der untersuchten Materialien	28
9	Adressen von Herstellern	30
10	Literaturtipps und Auszüge aus der 26. BImSchV	31

Elektromagnetische Wellen

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.

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 3000 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/m²** (Watt pro Quadratmeter) oder **mW/cm²** (Milliwatt pro Quadratzentimeter). Beim Mobilfunk sind in einigen Metern Entfernung die elektrische Feldstärke E und die magnetische Feldstärke H einander proportional: $E = 377 H$; 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.

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

Funkdienst	Frequenzbereich MHz	Sendeleistung
Mittelwellensender	0,525 – 1,605	20 kW – 500 kW
Kurzwellensender	6 – 26	50 kW – 500 kW
UKW-Sender	88 – 108	Je Kanal 5 – 20 kW
VHF-TV-Sender	174 – 220	Je Kanal 2 – 25 kW
Basisstation TETRA	380 – 400	Je Kanal 1 – 40 W
TETRA-Handy	380 – 400	1 – 3 W
UHF-TV-Sender	470 – 790	Je Kanal 5 – 30 kW
D-Netz-Handy	890 – 915	2 W, $P_{\text{Mittel}} \approx 0,225 \text{ W}$
Basisstation D-Netz	935 – 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-Grundgerät	1880 – 1900	0,25 W, $P_{\text{Mittel}} \approx 0,01 \text{ W}$
DECT-Handy	1880 – 1900	0,25 W, $P_{\text{Mittel}} \approx 0,01 \text{ W}$
UMTS-Handy	1920 – 1985	< 1 W
UMTS-Mobilfunkbasisstation	2110 – 2170	Je Kanal 5 – 20 W

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 Abschirmung elektromagnetischer Wellen in diesen Frequenzbereichen.

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/m²** = 1 000 mW/m² = 1 000 000 µW/m²
= 0,1 mW/cm²
- 1 µm** = 0,001 mm = 0,000 001 m

S in mW/cm ²	S in W/m ²	E in V/m	H in A/m
0,001	0,01	1,94	0,0051
0,002	0,02	2,75	0,0073
0,005	0,05	4,34	0,011
0,01	0,1	6,14	0,016
0,02	0,2	8,68	0,023
0,05	0,5	13,7	0,036
0,1	1	19,4	0,051
0,2	2	27,5	0,073
0,5	5	43,4	0,115
1,0	10	61,4	0,16

Tabelle 2: Umrechnung der Leistungsflussdichte in elektrische und magnetische Feldstärke E und H im HF-Bereich



Bild 1: Beispiele für die Anwendung hochfrequenter elektromagnetischer Felder.

schnurloses Telefon

Handy



Radio

Fernseher



Mikrowelle

Funkwecker

2 Grenzwerte

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

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. 31) Grenzwerte festgelegt. Diese beruhen, wie in vielen anderen Staaten, auf den Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlen 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 $0,45 \text{ mW/cm}^2$, für das E-Netz (um 1,8 GHz) von $0,92 \text{ mW/cm}^2$ und für UMTS (um 2,0 GHz) von 1 mW/cm^2 .

Bild 2 stellt den frequenzabhängigen Grenzverlauf anschaulich dar. Die Werte an der linken Seite des Diagramms gelten für E in V/m , H in A/m und S in W/m^2 . Auf der rechten Seite sind die Leistungsflussdichten in mW/cm^2 ablesbar.

Standortbescheinigung

Für Sendeanlagen mit einer äquivalenten isotropen Sendeleistung von 10 Watt oder mehr im Frequenzbereich von 9 kHz bis 3000 GHz muss bei der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post 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.

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	$1,357 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$	$0,005 \cdot f$
2 000 - 300 000	61	0,16	10

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

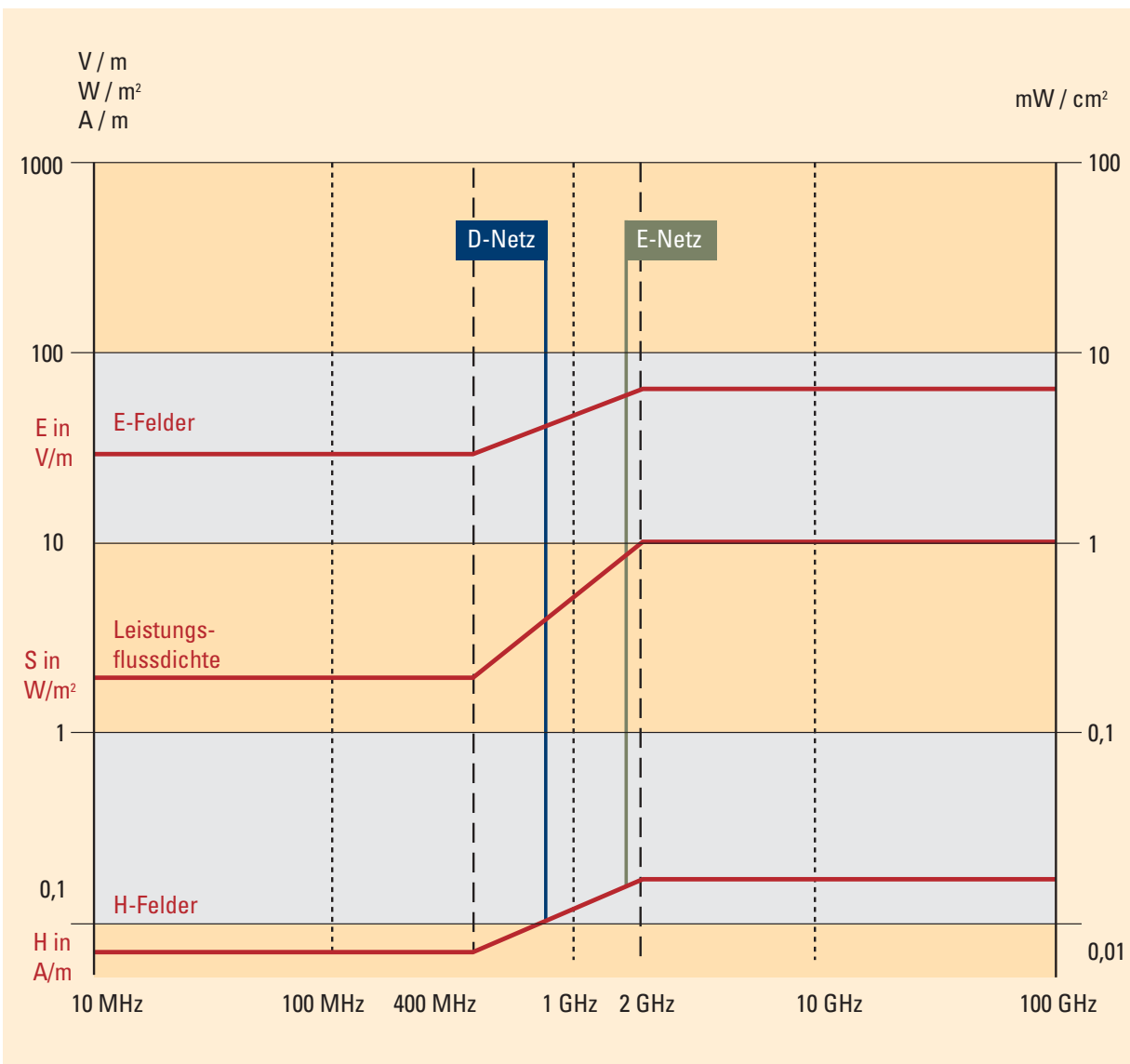


Bild 2: Hier sind die Grenzwerte grafisch dargestellt (vgl. Tabelle 3)

Abstrahlung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen

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

Bild 3 (oben): Vertikale Richtcharakteristik der Antenne einer Mobilfunkbasisstation (qualitativ; sie wird mit dem Antennengewinnfaktor G beschrieben)

Bild 4 (unten): Entfernungabhängige Abnahme der Leistungsflussdichte einer 50-W-Mobilfunkbasisstation in der Hauptstrahlrichtung

Richtcharakteristik

Sender, wie Hörfunk-, Fernseh- und Mobilfunkbasisstationen, 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 Bild 3). Dies bringt einen Zugewinn an Leistungsflussdichte am Horizont des Versorgungsgebietes. Dafür ist in der Regel die Abstrahlung nach oben sehr

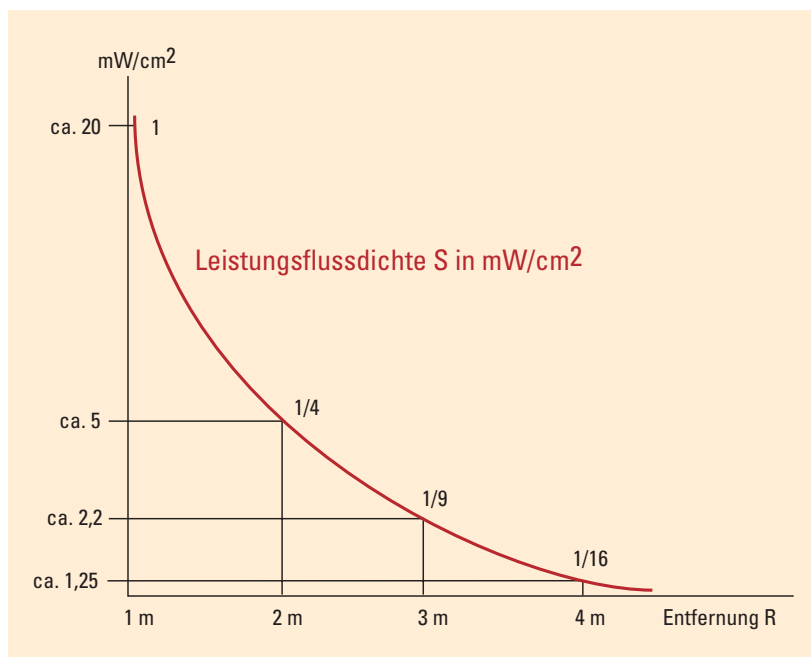
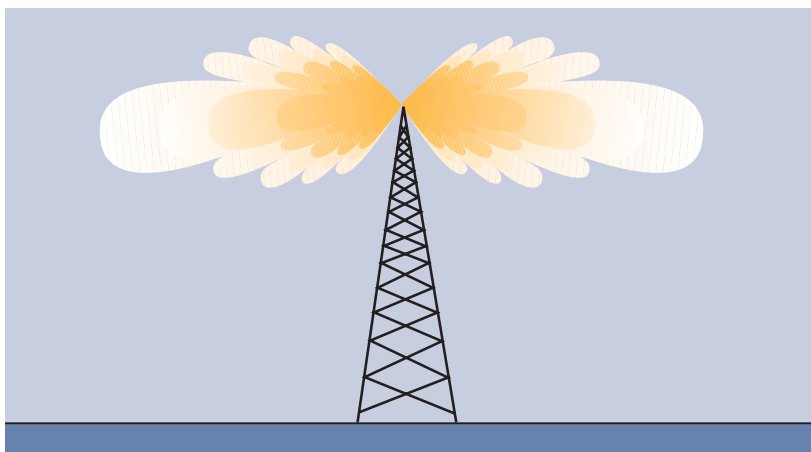
gering. Auch steil nach unten muss wegen der Nähe der Empfänger weniger Leistung abgestrahlt werden.

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 wird die Mobilfunkzelle wohl auf etwa 0,5 bis 2 km Durchmesser schrumpfen. In Folge dessen nehmen die Sendeleistungen ab.

Ausbreitung

Bild 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 also in Hauptstrahlrichtung in 1 m Abstand eine Leistungsflussdichte von ca. 20 mW/cm^2 auf, während in 2 m Abstand nur mehr ein Viertel davon, also 5 mW/cm^2 , erreicht wird. Nach 10 m fällt der Wert auf 1,0 %, nach 33 m auf $0,1\% = 1 \text{ ‰}$ 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 deutlich mehr ab. Bei einem solchen Sender werden die Grenzwerte für D-Netz-Frequenzen (ca. 0,9 GHz) von 41 V/m und $0,11 \text{ A/m}$ entsprechend $0,45 \text{ mW/cm}^2$ in Hauptstrahlrichtung in Entfernungen über 7 m unterschritten.

Signale einer Mobilfunkbasisstation gelangen nicht immer auf direktem Wege zum Handy. Die in Bild 5 dargestellten Ausbreitungswege über Reflexion, Beugung und Streuung können jedoch bei der Konzeption von Abschirmmaßnahmen 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.

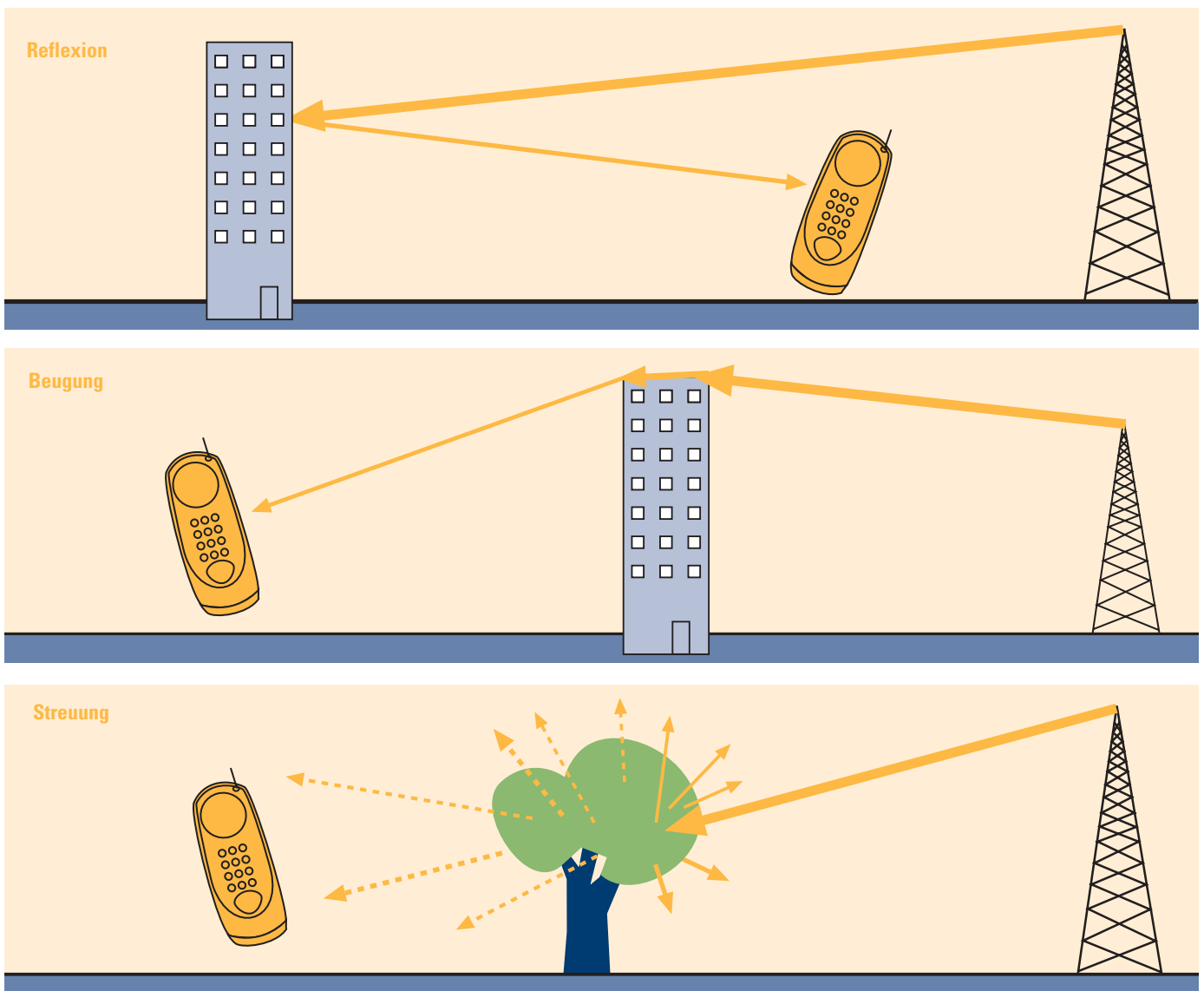


Polarisation

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, z.B. bei Jalousien.

Bild 5: Die unterschiedlichen Ausbreitungswege von Funksignalen



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

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 Schirmmaßnahmen 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.

An gut leitenden metallischen Blechen werden elektromagnetische Wellen im hier interessierenden Frequenzbereich total reflektiert. Bei weniger gut leitenden Materialien muss der Schirmungsvorgang genauer betrachtet werden.

Bild 6 zeigt eine solche Situation. 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.

Schirmdämpfung

Für unsere Zwecke ist die Schirmung von Interesse. Das Maß hierfür – die **Schirmdämpfung** – 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 Dezibell (dB) an.

Tabelle 4: Zusammenhang zwischen Schirmdämpfung in dB, durchgelassener Leistungsflussdichte in % und Schirmungswirkungsgrad in %.

Schirmdämpfung in dB	Leistungsflussdichte Durchlass in %	Schirmungswirkungsgrad in %	Schirmdämpfung in dB	Leistungsflussdichte Durchlass in %	Schirmungswirkungsgrad in %
0	100	0	13	5	95
1	81	19	16	2,5	97,5
2	63	37	20	1,0	99
3	50	50	23	0,5	99,5
4	40	60	26	0,25	99,75
5	32	68	30	0,1	99,9
6	25	75	40	0,01	99,99
7	20	80	50	0,001	99,999
8	16	84	60	0,0001	99,9999
9	13	87	70	0,00001	99,99999
10	10	90	80	0,000001	99,999999

Schirmungswirkungsgrad

Daneben wird das Verhältnis aus Leistungsflussdichte der durchkommenden Welle zur Leistungsflussdichte der einfallenden Welle in Prozent als **Schirmungswirkungsgrad** bezeichnet. Tabelle 4 zeigt den Zusammenhang zwischen den beiden Größen und dem prozentualen Anteil der durchgelassenen Leistungsflussdichte.

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.

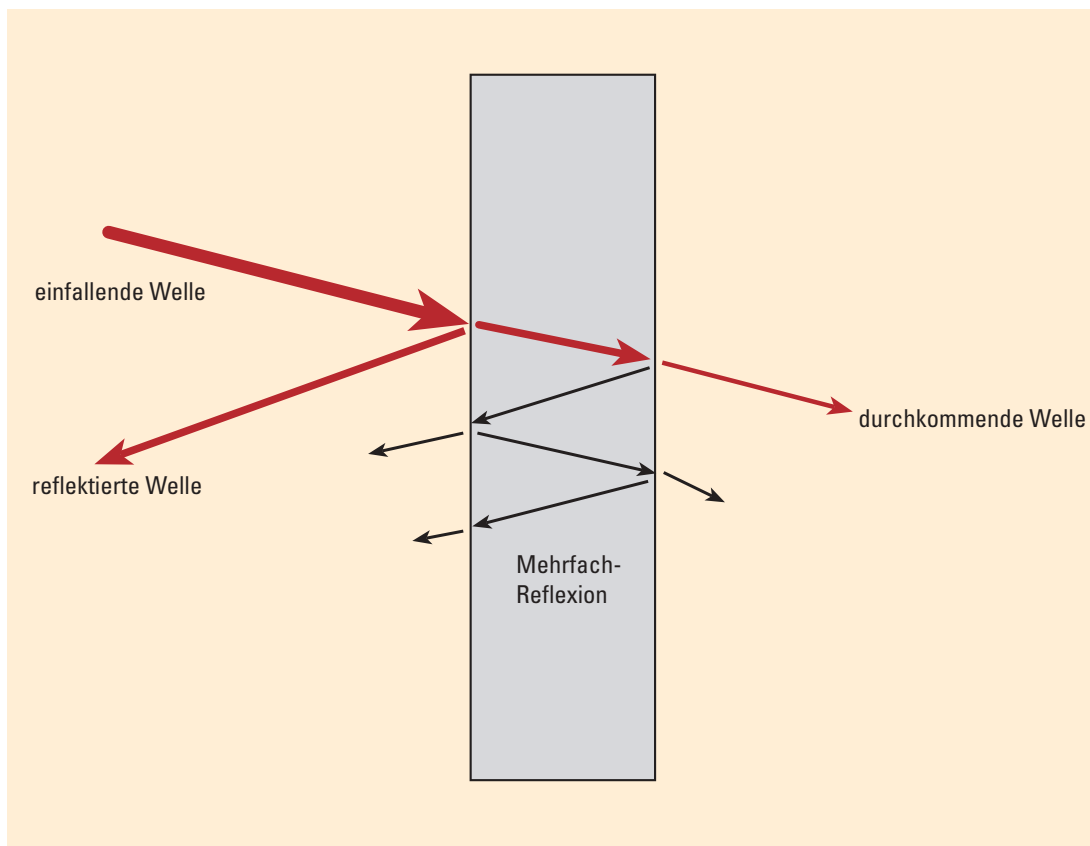


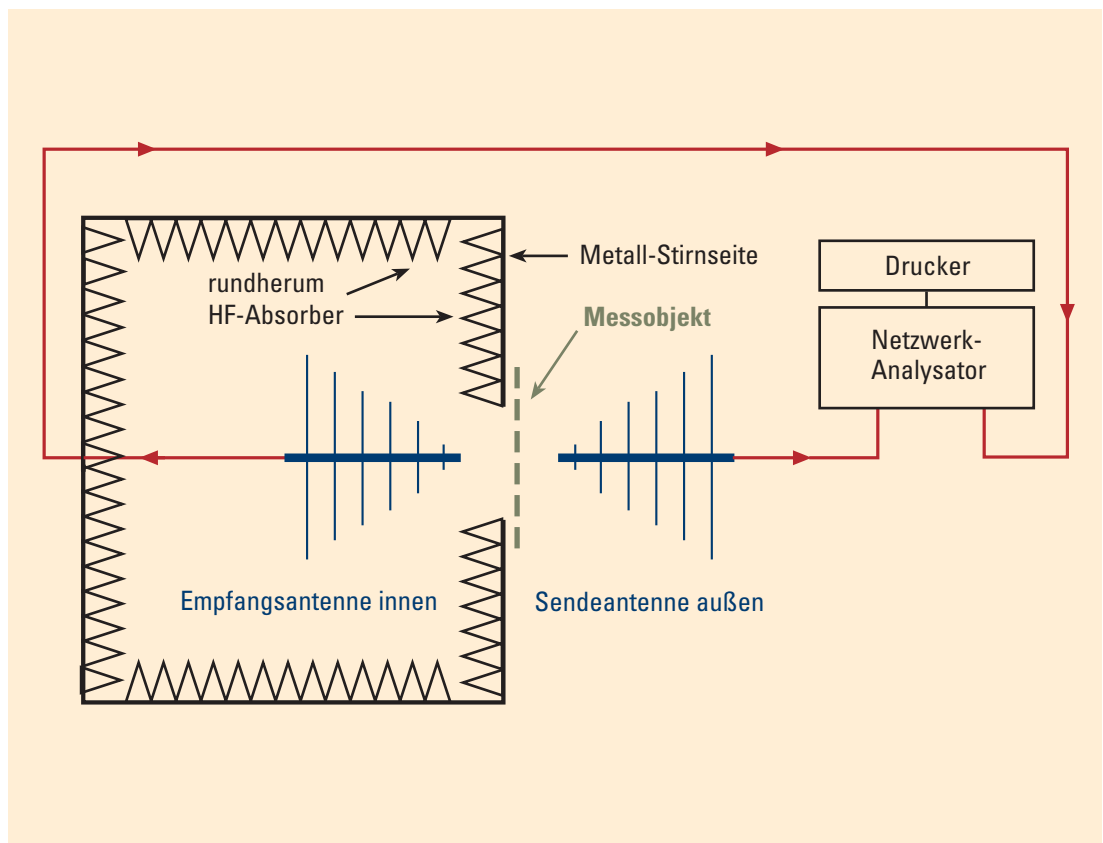
Bild 6: Vorgänge bei der Schirmung einer elektromagnetischen Welle (Prinzipskizze)

5 Messung der Schirmdämpfung

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

Die Materialproben befinden sich vor der Öffnung eines gegen sonstige elektromagnetische Felder geschirmten Raumes; sie werden von außen mit einer vertikal polarisierten Welle von der Sendeantenne befeldet. Im geschirmten Raum trifft die durchkommende Welle auf eine Empfangsantenne. Die Messsignale von der einfallenden und der durchkommenden Welle gelangen dann zu einem Netzwerkanalysator. So lässt sich anhand des Vergleichs der Leistungsflussdichten beider Signale die Schirmdämpfung ermitteln.

Bild 7: Messanordnung zur Bestimmung der Schirmdämpfung (Prinzipskizze)



Messergebnisse mit Erläuterungen

6

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 und
- Textilien.

Für alle Messobjekte wurden die Schirmdämpfung in dB und der Schirmungswirkungsgrad in % für die Frequenzbänder um 0,9 GHz (D-Netz) einerseits und um 1,8 bis 2,1 GHz (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.



Bild 8: Sechs Produktgruppen

Massive Baustoffe

Holzkonstruktionen



Fenster und Zubehör

Wandbeschichtungen



Dach und Dämmung

Textilien

Massive Baustoffe

Massivbauten können aus Betonguss- und Leichtbeton-Fertigbauteilen, aus Ziegeln, Kalksandsteinen, Beton- oder Leichtbetonsteinen oder auch aus Lehm 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 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.

Tabelle 5: Massive Baustoffe, Bestandteile und Herstellungshinweise. Die relative Dielektrizitätskonstante ist eine elektrische Materialeigenschaft.

Materialart / relative Dielektrizitätskonstante ϵ_r	Bestandteile/ Zuschläge	Bindemittel	Herstellung / Verarbeitung / Bemerkungen
Beton $\epsilon_r = 4 - 6$	Sand, Kies, Split, Schotter	Zement	Vermischung mit Wasser, Formung, Erhärtung durch chemische Reaktion
Leichtbeton $\epsilon_r = 2 - 3$	wie oben + Bims, Blähton, Schlacken, Blähschiefer	Zement	wie oben, aber mit gasentwickelndem Treibmittel
gefügedichter Leichtbeton	wie oben	Zement	durch besondere Zuschläge geschlossene Oberfläche
Gips $\epsilon_r = 2,8$	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 $\epsilon_r = 3 - 7$	Quarzsand oder andere Sandsorten	Kalk	mischen mit Wasser, pressen und evtl. 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 mit $\mu_r > 1$
Lehmsteine $\epsilon_r = 3,5$	kalkarmer, sandiger Ton, gelb bis bräunlich durch chem. Eisenverbindungen	mit 3 – 5% Wasser selbstbindend	zerkleinern, kneten, formen, trocknen
Ton	Aluminiumsilikate, feinstkörnige, verwitterte Silikatgesteine		Rohstoff für Ziegel, Lehmsteine und Zement
Zement	Hergestellt durch Brennen von Kalk und Ton. Nach dem Brennen wird das Sinterprodukt zu Zementpulver zermahlen. Bindemittel zur Herstellung von Beton und Mörtel, das unter Wasserzugabe abbindet.		
Ziegelsteine $\epsilon_r = 3,5$	Lehm und Ton	sinterähnlicher Vorgang beim Brennen	zerkleinern, kneten, formen, brennen.
Hintermauerziegel: z. B. Hochlochziegel	+ 5 – 8% Wasser		Hochlochziegel mit Stegdicken von nur
Vormauerziegel: z. B. Massivziegel oder Klinker			3 mm besitzen äußerst niedrige Wärmeleitahlen.

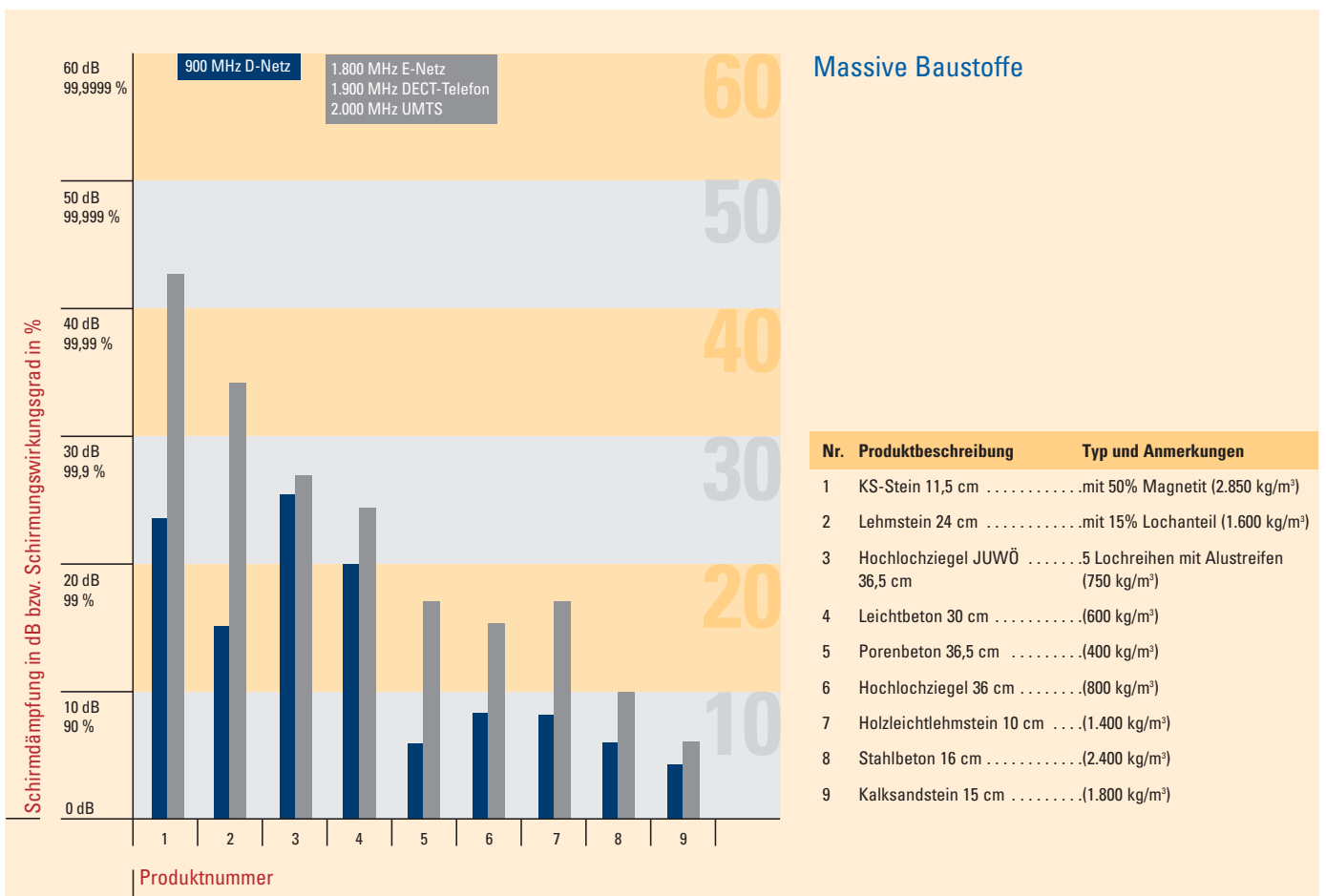


Bild 9: Messergebnisse für die Schirmung massiver Baustoffe (Säulendiagramm)

6

Kalksandstein + 50 % Magnetit (Produkt 1)

Bei einer Mauer von nur 11,5 cm Dicke aus Steinen dieser Materialkombination ist die hohe Schirmwirkung auffällig. Magnetit (Fe₃O₄) kommt in Eisenerzen vor. Mit Magnetit-Konzentrationen von 50 bis 80 % in Kalksandstein kann auch eine gute Schirmung von niederfrequenten Magnetfeldern erreicht werden. Dabei müssen die Fugen zwischen solchen Steinen mit einem stark magnetithaltigen Mörtel gefüllt werden.

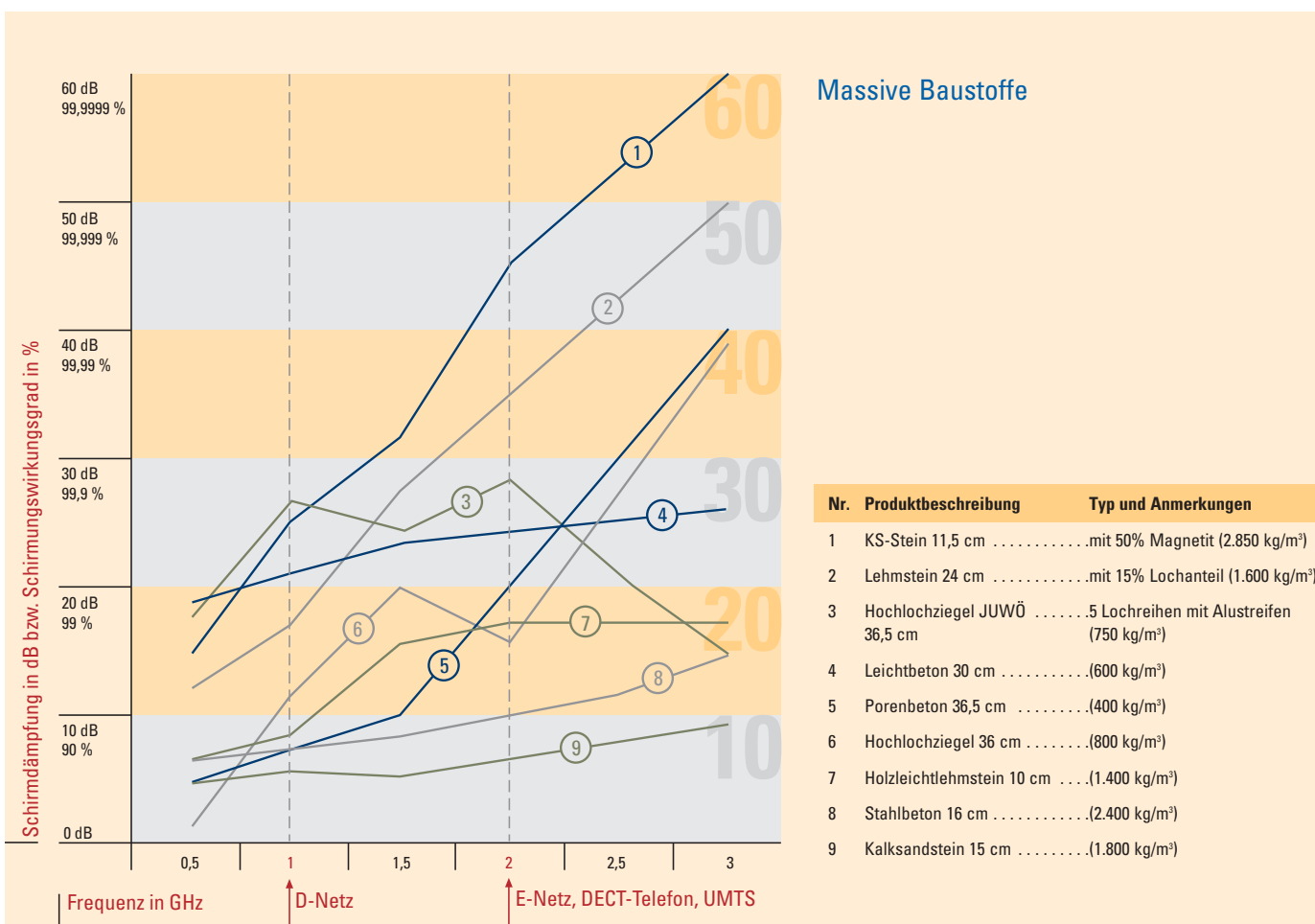
Die Entwicklung von Materialien, wie z.B. Putzen und Mörteln, mit hoher Schirmwirkung geht weiter. Es bleibt abzuwarten, wann auch andere Baustoffe zur Schirmung niederfrequenter Magnetfelder erhältlich sein werden.

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

Bei Hochlochziegeln hängen die Schirmungseigenschaften sehr von der Lochstruktur und den Wandstärken innerhalb der Ziegel ab. 36-cm-Hochlochziegel (Produkt 6) zeigen neben sehr guter Wärmedämmung und Verarbeitbarkeit unter 1 GHz eher geringe Schirmdämpfung. Das könnte manchmal auch erwünscht sein. Ein ähnliches Fabrikat erreicht durch Einbringen senkrechter Aluminiumstreifen in fünf Lochreihen (Produkt 3) bei von Mobilfunkbasisstationen vertikal abgestrahlten elektrischen Feldern 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.

Bild 10: Messergebnisse für die Schirmung massiver Baustoffe (Kurvenverlauf)



Holzkonstruktionen

Selbst als Hochfrequenzfachmann denkt man bei der Auswahl von Schirmmaterialien zunächst nicht an Holz. Die deutliche Schirmwirkung 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

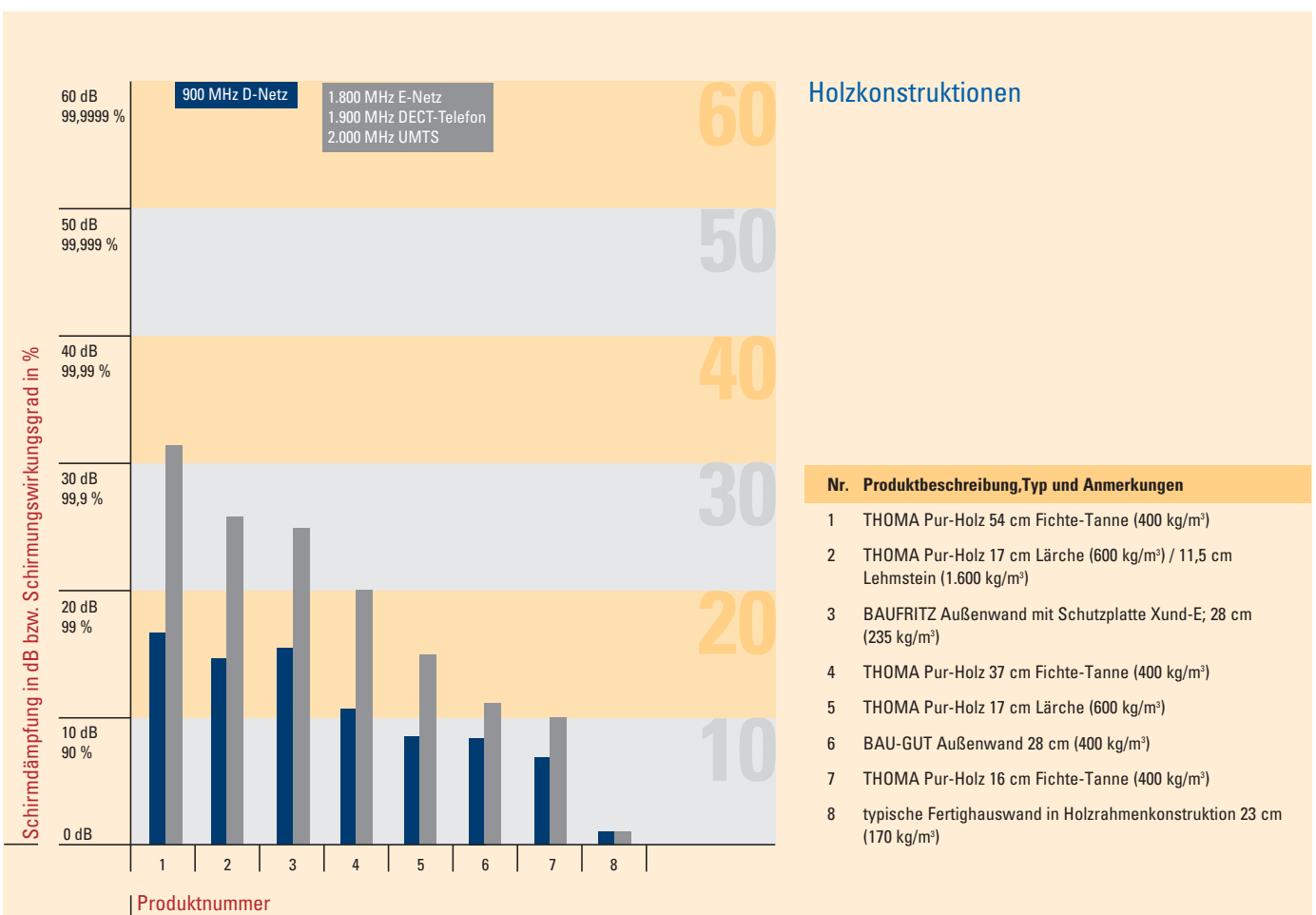
eine Rolle spielen. Durch den hohen Harzgehalt des Lärchenholzes weicht sein Wellenwiderstand – im Gegensatz zu dem des Eichenholzes – merklich von dem der Luft ab. Deshalb reflektiert es elektromagnetische Wellen stärker als das Eichenholz.

Neben der guten Schirmwirkung 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-Lärchenschalung sichergestellt.

Bei Holzkonstruktionen muss man auf zwei Punkte achten, welche die Schirmung negativ beeinträchtigen können:

- Die Durchführung von Metallteilen, insbesondere von Leitungen, durch das Holz ist zu vermeiden (siehe auch die Bemerkungen auf Seite 27 und Bild 27).
- Die Holzteile müssen spaltfrei, z.B. durch Nut- und Feder-Verbindungen, aneinandergefügt werden, damit keine hindurchtretenden elektromagnetischen Felder die Schirmung der Holzwand verschlechtern.

Bild 11: Messergebnisse für die Schirmung von Holzkonstruktionen (Säulendiagramm)



Fenster und Zubehör

An Fenstern kann man auch nachträglich noch Schirmungsmaßnahmen anbringen. Fliegengitter und metallbedampfte Sonnenschutzfolien erzielen bereits eine beachtliche Schirmwirkung.

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, elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen von etwa 0,8 μm - 1mm) reflektiert, ausgestattet. Das Glas mindert mit seiner Metallbedampfung das sichtbare Licht nur geringfügig. Im Gegensatz dazu werden durch die Bedampfung mehr als 99,9% der auftretenden elektromagnetischen Wellen des D- und E-Netzes reflektiert (z.B. Produkt 6). 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 sie 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 Schirmwirkung 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 Fenster Rahmen oder einem anderen sich anschließenden Schirmmaterial gut möglich.

Auch das metallische Fliegengitter (Produkt 3) 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 Schirmwirkung bei höheren Frequenzen ab. Dieser Effekt ist bei Hasendraht (Produkt 8) und Drahtglas (Produkt 9) deutlich erkennbar.

Wärmedämmende Glasscheiben (Produkt 1 und 6)

Will man metallisierte Fenster besonders gut mit einer geschirmten Hauswand verbinden, muss man sie in Fensterrahmen aus Metall, in Holzrahmen mit Alu-Profil außen (Bild 12) oder in Kunststoffrahmen mit Metalleinlage einsetzen. Auch der Fensterstock muss dann mit der Schirmung der Wand verbunden werden. Das wird aber nur bei Wunsch nach sehr hoher Schirmung sinnvoll sein. Dann sollte man auch Hochfrequenzdichtungen zwischen Rahmen und Fensterstock einplanen.

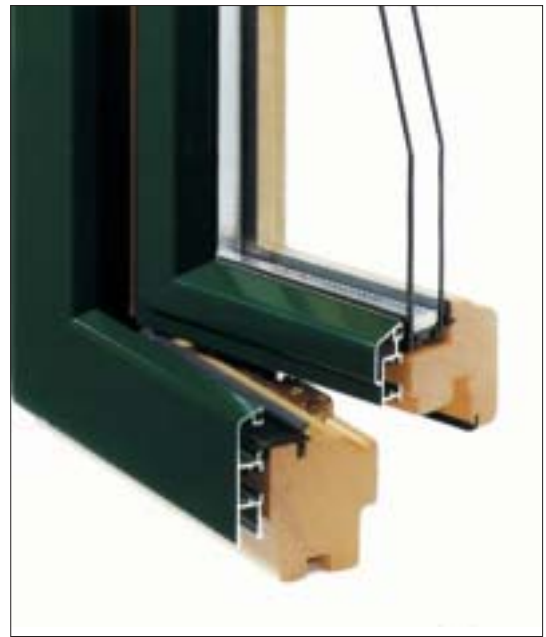


Bild 12: Fensterrahmen mit Alu-Profilen außen und Massivholz innen (Fa. Weiß & Weiß)

Alu-Jalousette (Produkt 4)

Hier wurden die waagrechten, offenen Lamellen mit horizontal polarisierten Wellen bestrahlt. Solange die Wellenlänge sehr groß gegen den Lamellenabstand von 2 cm ist, schirmen die parallelen Metallstreifen sehr gut. Trifft eine vertikal polarisierte Welle auf die waagrechten Lamellen, geht die Dämpfung gegen Null (siehe S. 9 „Polarisation“). Da beim Mobilfunk beliebige Polarisationsrichtungen auftreten, variiert die Schirmung im Realfall zwischen gut und sehr schlecht.

Fenster und Zubehör

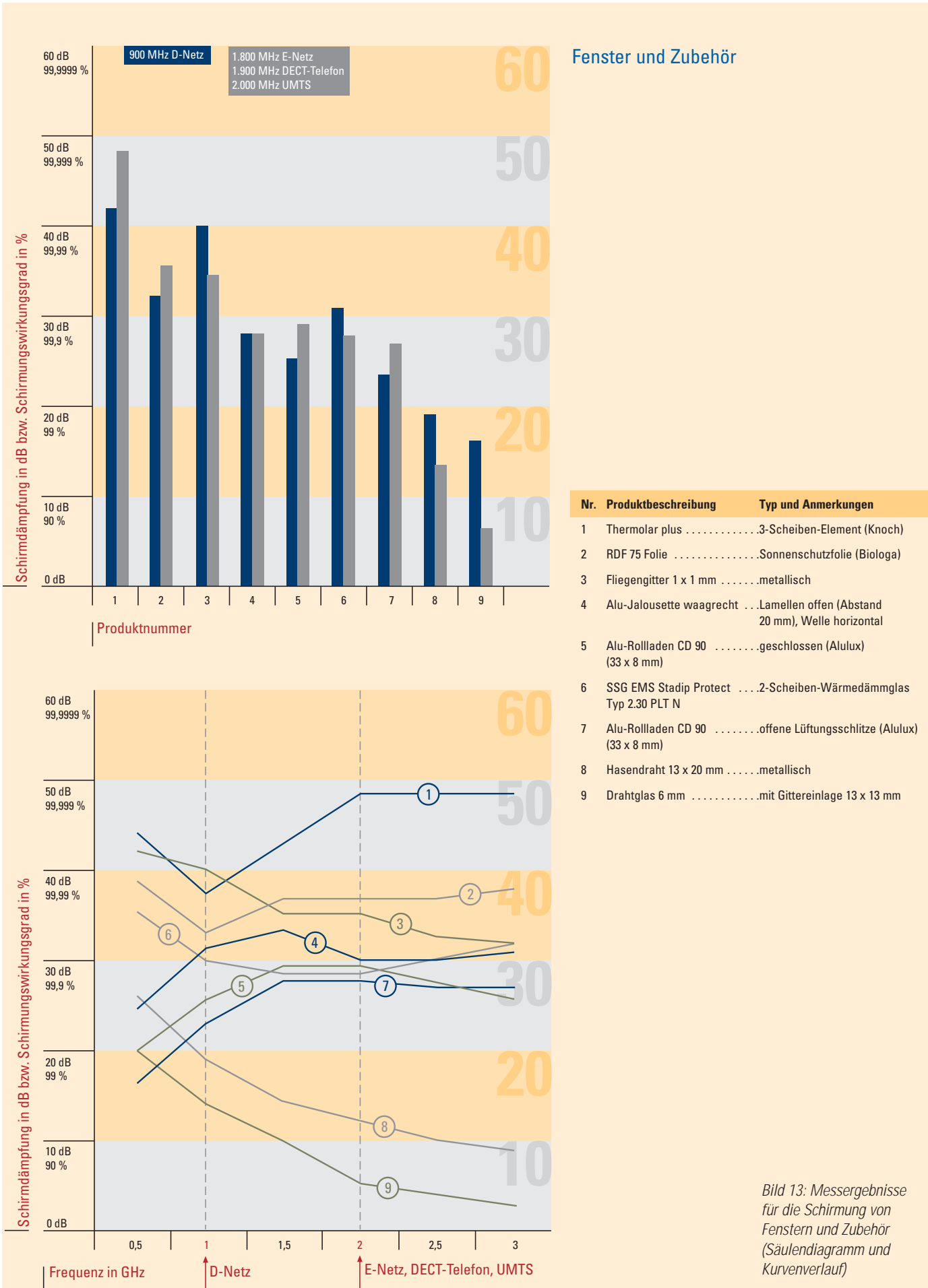


Bild 13: Messergebnisse für die Schirmung von Fenstern und Zubehör (Säulendiagramm und Kurvenverlauf)

6

Wandbeschichtungen

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

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 2)

Lackierte oder eloxierte Fassadenvorsatzelemente aus 20 cm breiten, 0,8 mm dicken und bis zu 6 m langen Aluminiumplatten zeigen jene gute Schirmwirkung, die von Metallplatten oder Blechen allgemein erwartet werden kann. Die etwas geringere Schirmung im unteren Frequenzbereich beruht auf den Fugen zwischen den Alublechplatten und dem noch nicht sehr ausgeprägten Skin-Effekt, der bei Frequenzen im MHz-Bereich die Schirmung schwächt.

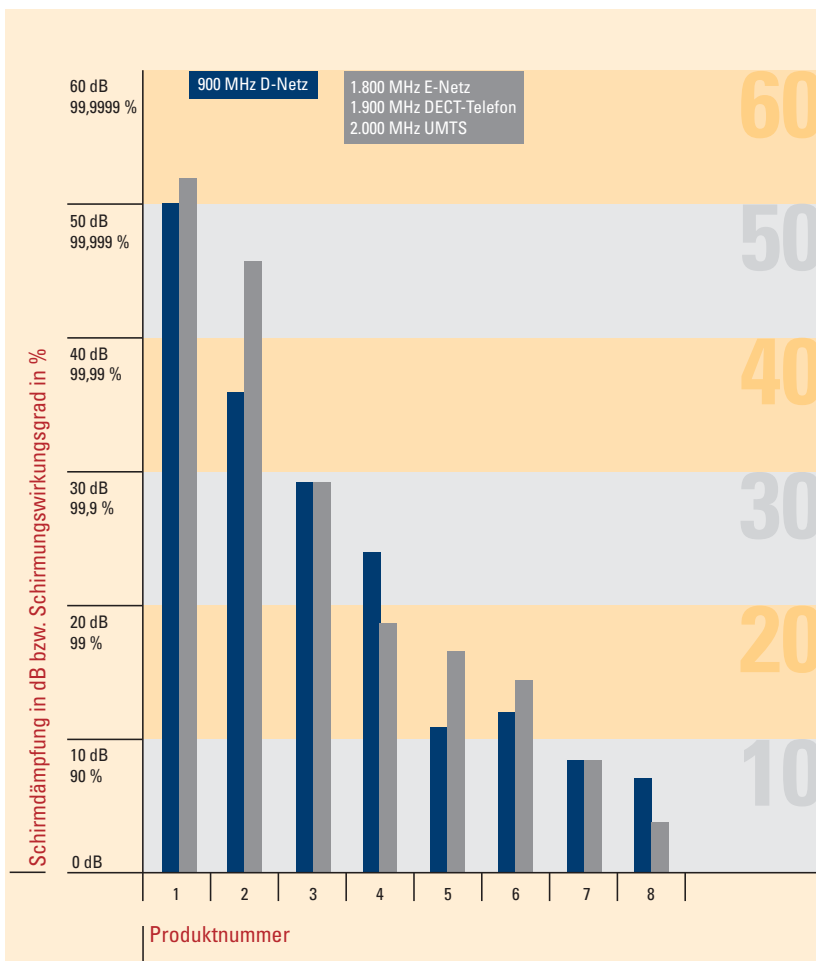
Abschirmgewebe AES (Produkt 4)

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.



Bild 14: Sto-Abschirmgewebe AES

Bild 15: Messergebnisse für die Schirmung von Wandbeschichtungen (Säulendiagramm)



Wandbeschichtungen

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	ISOFOL Abschirmfolie	.Alu-Tapeten-Isolierfolie (KORFF AG)
2	Aluminium Sidings	.Fassadenvorsatzelemente 0,8 mm (PREFA)
3	Chagall Special	.kupferbeschichtete Tapete (Biologa)
4	Sto-Abschirmgewebe AES	.bei dünn-schichtigen Mörteln WDVS; 5,5 x 5,5 mm
5	Abschirmputz	.Gipsdünnputz (Knauf)
6	Schutzplatte LaVita	.Gipskartonplatte (Knauf)
7	EMV-Tapete	.grafitbeschichtete Tapete (Marburger Tapetenfabrik)
8	metall. Gitter 5 x 5 x 0,3 cm	.Stäbe vertikal / horizontal

Abschirmtapeten (Produkte 1, 3 und 7)

Die drei ausgewählten Muster zeigen, welche unterschiedliche Schirmung abhängig vom Materialaufwand erzielt werden kann.

Produkt 1, eine Tapete mit einer Aluminiumfolie verbunden, bietet eine herausragende Schirmung. Dieses Produkt ist diffusionsdicht und wirkt auch als Feuchtesperre.

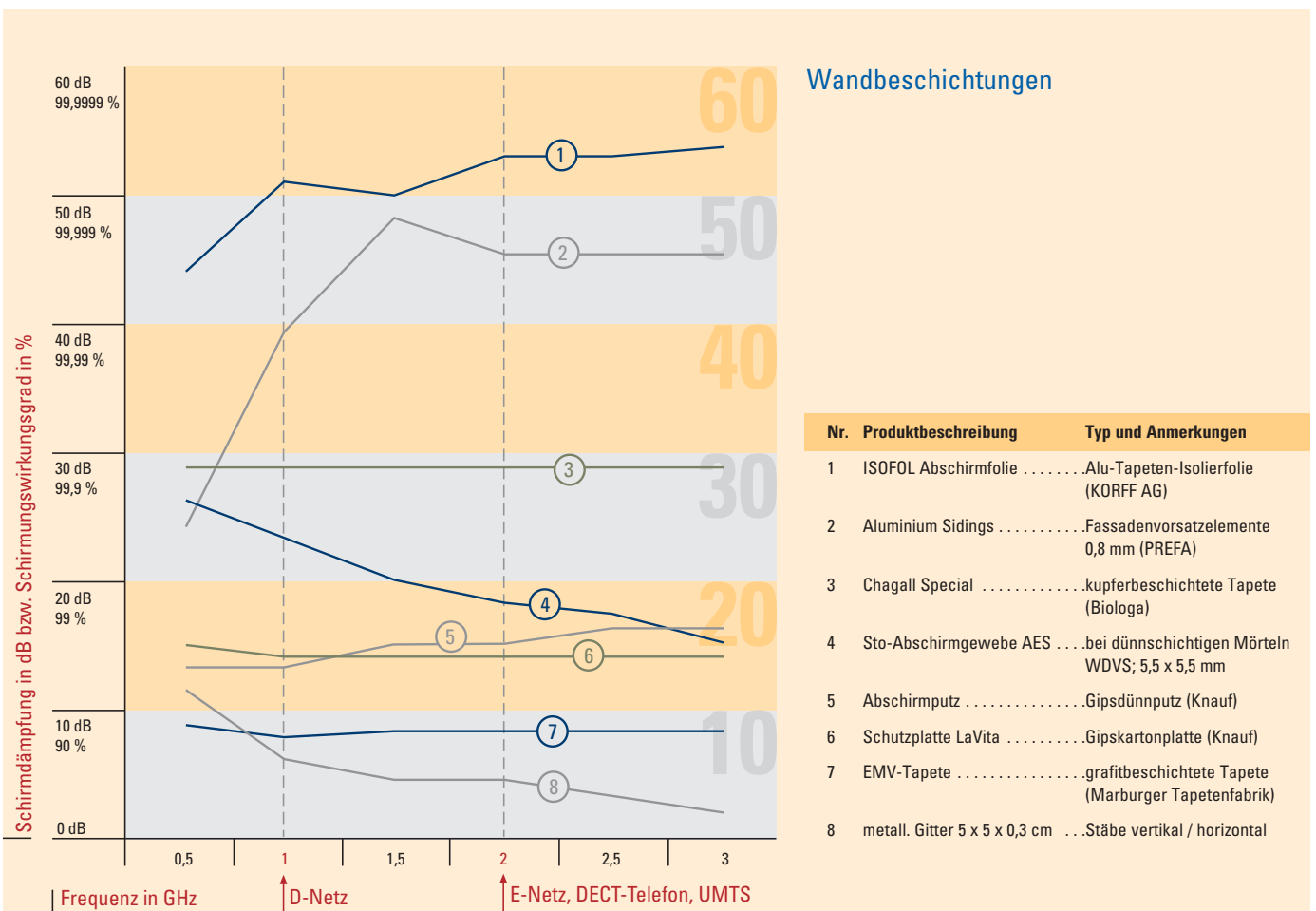
Produkt 3, ein verkupfertes Faservlies, zeigt frequenzunabhängig eine sehr gute Schirmung. (Der geringe spezifische Oberflächenwiderstand verursacht die hohe Reflektivität des Materials.)

Produkt 7, eine Tapete aus einem grafitbeschichteten, elektrisch leitenden Faservlies, hat einen deutlich geringeren Schirmwirkungsgrad als vergleichbare Produkte; er liegt unter 85%.

Abschirmputz und Schutzplatte (Produkte 5 und 6)

Ebenfalls metallfrei mindern diese zwei Produkte durch ihren Gehalt an Carbonfasern die elektromagnetischen Wellen. Sowohl als Komponente des Putzes, als auch als Bestandteil der Kartonschicht der Gipskartonplatte stellen diese Produkte eine ideale Lösung in der Leichtbauweise dar. Ihr Haupteinsatzgebiet liegt künftig in der Fertighausindustrie, in der sonstigen Holzständerbauweise und im Dachausbau. Die Schirmung bei Mobilfunkfrequenzen reduziert die Leistungsflussdichte der Funksignale um 95%.

Bild 16: Messergebnisse für die Schirmung von Wandbeschichtungen (Kurvenverlauf)



6 Dächer

Bild 17: Beispiel eines Dachaufbaues, der auch die Leistungsflussdichte elektromagnetischer Wellen reduziert (Fa. Dörken)

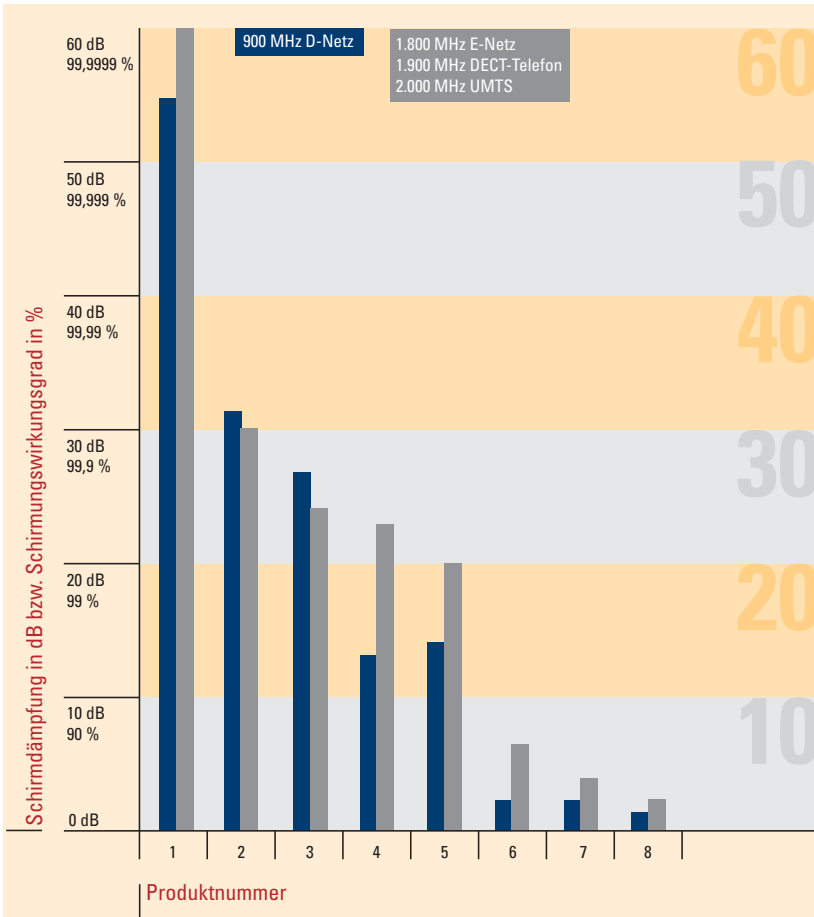
Dächer haben verschiedene Aufgaben zu erfüllen: Schutz gegen Regen, Schnee, Sturm und Hagel, Dämmung gegen Wärme, Kälte und Schall sowie Luft- und Dampfstopp. Sie können aber auch elektromagnetische Wellen schirmen. Bild 17 zeigt eine Dachstruktur, die alle gestellten Anforderungen erfüllen soll.



Wie aus dem Bild ersichtlich, liegt hier die wirksame schirmende Aluminiumschicht im Rauminneren. Bei sorgfältiger Verlegung und Überdeckung der Dachsparrenunterseite mit gleichartiger Metallfolie sind ausgezeichnete Schirmdämpfungen zu erreichen (s. auch Messwerte zu Delta-Fol Reflex, Produkt 2). Um auch niederfrequente elektrische Felder abzuschirmen, müssen gleichgut abschirmende Alufolien ohne PE-Beschichtung, wie die Dampfsperre Sisalex 514 von Ampack oder die Universal Abschirmfolie 05 von KORFF, verwendet werden. Die Bahnen sind 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 (siehe Kapitel 7: „Wie gehe ich vor?“ S.26).

- ① Sparren
- ② Wärmedämmung DELTA-THERM
- ③ DELTA-KOM-BAND
- ④ schirmende Aluminiumschicht DELTA-FOL-REFLEX
- ⑤ Klemmleiste
- ⑥ DELTA-POLY-BAND
- ⑦ Lattung
- ⑧ Konterlattung
- ⑨ DELTA-Unterdeck-/Unterspannbahn

Bild 18: Messergebnisse für die Schirmung von Dach und Dämmungen



Dach und Dämmung

Nr.	Produktbeschreibung	Typ und Anmerkungen
1	Eisen, Kupfer, Aluminium	Blech für Dachbeschichtungen
2	Delta-Fol Reflex	quer zur Produktrichtung, Luft- und Dampfsperre (Dörken)
3	Aluminium Dachschildel	.42 cm x 24 cm x 0,65 mm (PREFA)
4	BAUFRITZ Dach	.gesamter Dachaufbau inkl. Schutzplatte Xund-E (Baufritz)
5	Gründach 16 cm	.Grassoden, feuchte Erde mit 1/3 Blähschiefer, Dachhaut
6	Betondachziegel 1,2 cm	
7	Kork 18 cm	
8	Tondachziegel 1,3 cm	

Textilien

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

- Vorhänge zur Abdeckung von Fenster- und Türöffnungen,
- 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.

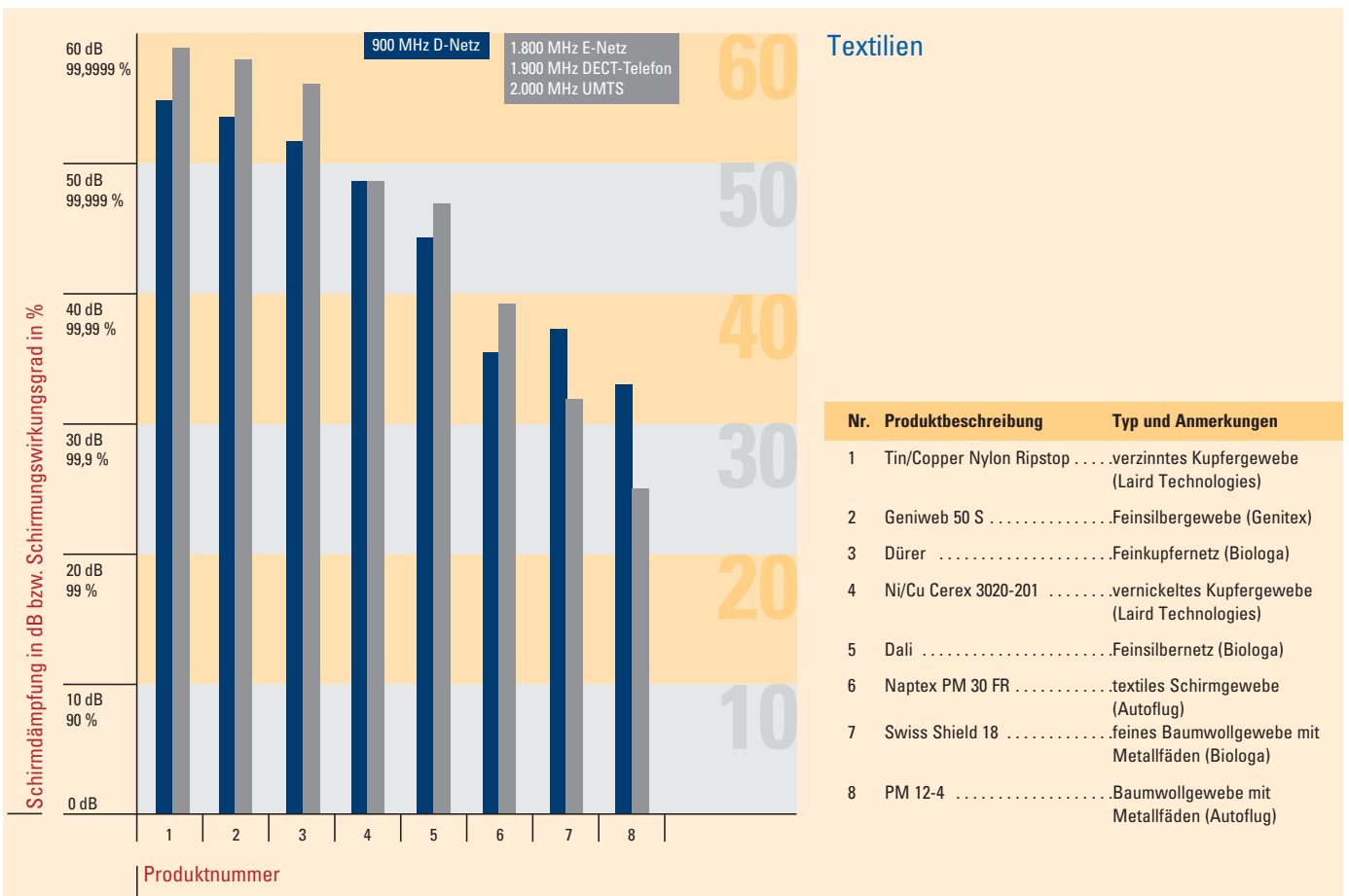


Bild 19: Kleidung aus schirmenden Textilien

Kleidungsstücke aus solchen Stoffen schirmen die Leistungsflussdichte um mindestens 99%. 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.

Bild 20: Messergebnisse für die Schirmung von Textilien



Um Aussagen über die realen Verhältnisse in Wohnungen machen zu können, 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. 16). Das vermessene Haus wurde eigens zu Testzwecken gebaut und besaß keine Fenster; auch deswegen ergeben 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.



Bild 21: Gemessenes Holzhaus der Firma Thoma (Meßkurve 2)



Bild 22: Gemessenes Holzfertighaus der Firma Baufritz (Meßkurve 4)

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. 20 Produkt 6) mehr als 99 % der außen auftreffenden Leistungsflussdichte geschirmt.



Bild 23: Gemessenes Fertighaus aus Hochlochziegeln (Meßkurve 5)

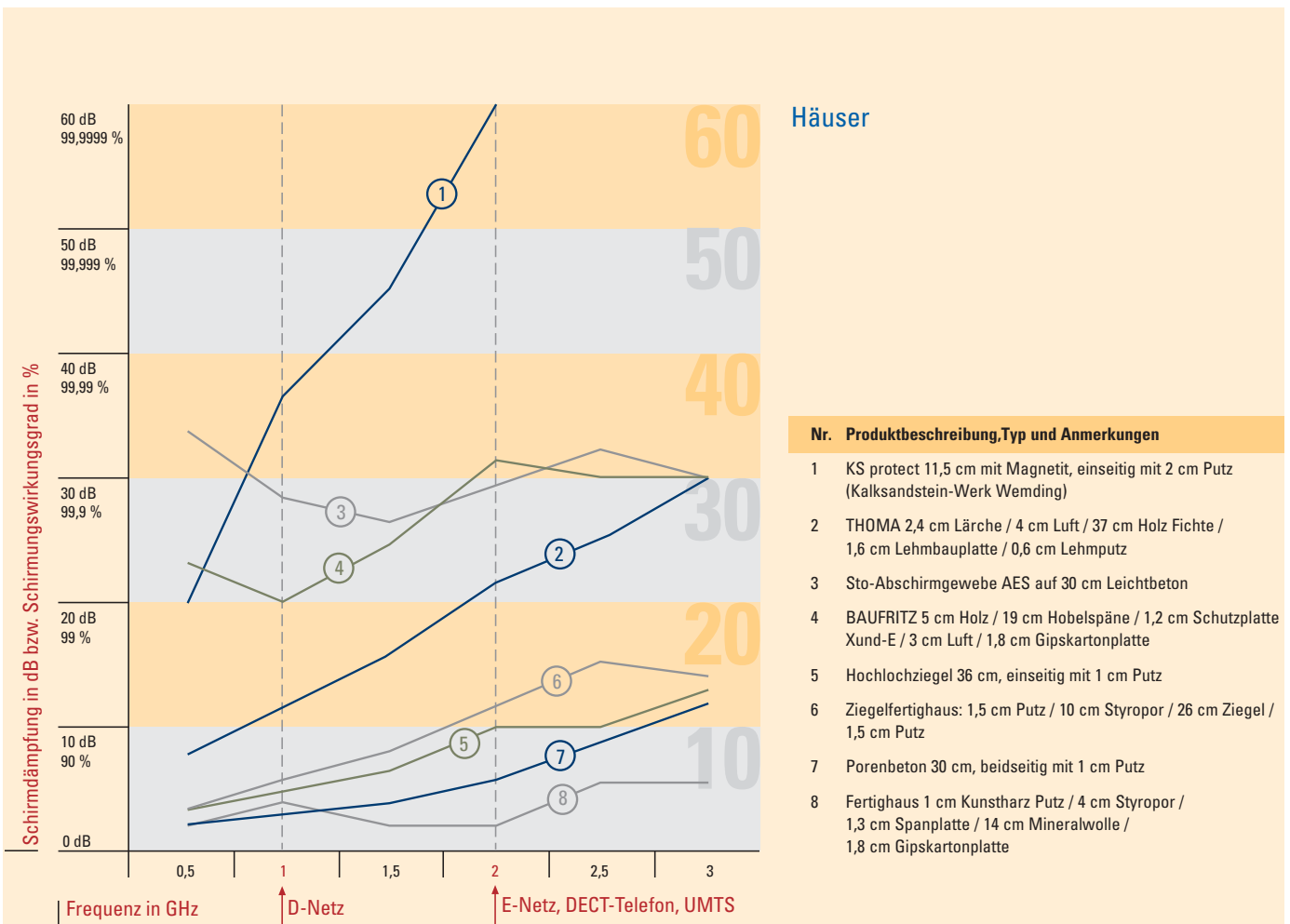


Bild 24: Gemessenes Fertighaus aus Holzständerbauweise (Meßkurve 8)

Die Kurven 5 bis 8 stammen aus Messungen an Häusern, bei deren Konzeption und Konstruktion eine abschirmende 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 verstärkt werden.

Bild 25: Messergebnisse für die Schirmung von Häusern



7 Wie gehe ich vor?

Bitte beachten Sie: Die momentane Feldstärke eines Handy am Kopf ist in den allermeisten Fällen viel höher 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 Immission erhöhen. 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.

Zunächst sollten Sie in Ihrem persönlichen Umfeld eine Messung der elektromagnetischen Wellen durch eine qualifizierte Messstelle veranlassen. Wenn Sie dann aufgrund 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 vergleichbar dem sichtbaren 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.

Wenn Sie ein Haus bauen möchten, geben Ihnen die Daten in Kapitel 6 ebenfalls Hinweise, welche Baumaterialien gut schirmen.

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 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 Schirmwirkung 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 (Bild 26).

In jedem Fall ist es sinnvoll, alle Schirmmaßnahmen 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.

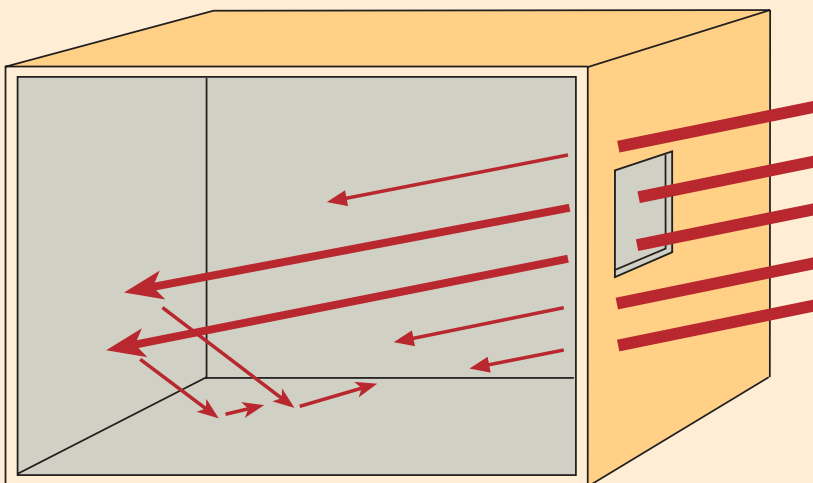


Bild 26: Strahlungseinfall in einen Wohnraum durch ein ungeschirmtes Fenster

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 „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.

Schirmungsreduzierung durch Leitungsdurchführungen

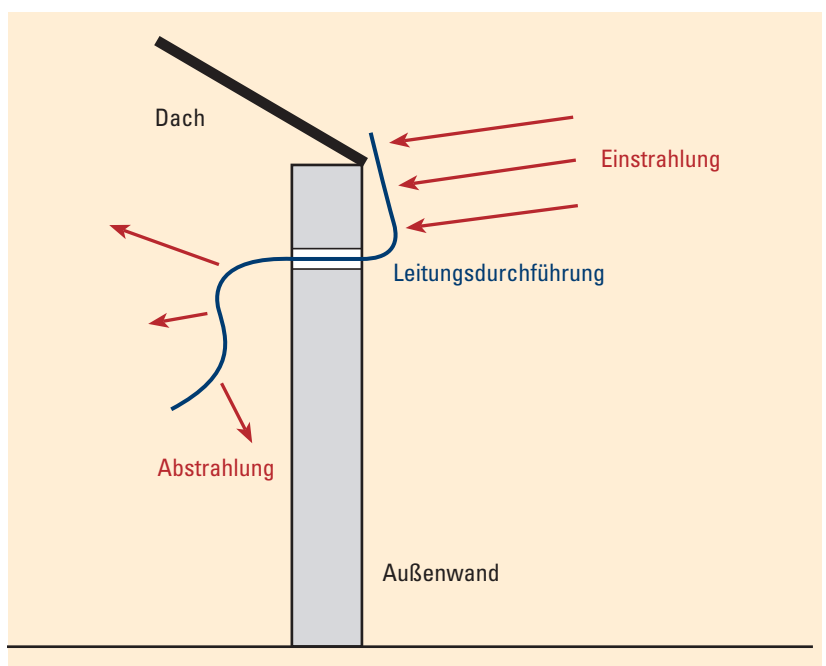
Durch Wände aus elektrisch nichtleitendem Material dürfen keine elektrischen Leitungen oder andere Metallgegenstände – wie in Bild 27 skizziert – hindurchgeführt werden. Die Leitungen nehmen die von außen einwirkenden Wellen auf, transportieren sie – auch auf der Außenseite einer Koaxialleitung – durch die Wand hindurch und senden sie innen wieder aus. Die Schirmwirkung wird dadurch verschlechtert. Diese Übertragung findet selbst dann statt, wenn der Außenmantel der Leitung geerdet ist. Auch bei Holzbauten und herkömmlichen Wänden, bei denen Leitungen durch vorverlegte Installationsrohre aus Kunststoff durch die Außenwand geführt sind, kann dieser Effekt beobachtet werden.

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 Schirmmaßnahmen aufeinander und eine lückenlose Verarbeitung sind entscheidend für eine gute Schirmung.

Bild 27: Unerwünschte Abstrahlung bei einer Leitungsdurchführung



Angaben zu Kosten der untersuchten Materialien

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.

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.

Tabella 6: Daten und Preisangaben zu massiven Baustoffen und Holzkonstruktionen

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 JUWÖ Poroton-Werke	Hochloch-Plan-Ziegel	Mauerstärke 36 cm	ca. 45,-
Wöllstein		ohne Schirmmaßnahme mit Schirmung	ca. 60,-
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,-

Tabella 7: Daten und Preisangaben zu Fenstern und Zubehör

Produkt Hersteller/Händler	Beschreibung Typ	Liefermaße	Preise netto in Euro/m ² ohne Arbeitskosten
Schirmende Verglasung SSG Saint-Gobain	Wärmeschutzisoliervlas EMS-Protect 2.30 PLT	Dicke 29 mm	ca. 110,-
Deutsche Glas KINON Sicherheitsglas GmbH, Aachen	Sonnenschutzisoliervlas EMS-Prot. 2.30 SKN 172	Dicke 30 mm	ca. 135,-
Schirmende Verglasung Kinon/VEGLA	Wärmedämmglas Climaplus		ca. 70,-
Fliegendraht Baumarkt	metallisches Gitter	1 mm x 1 mm	ca. 5,-
Hasendraht Baumarkt	metallisches Gitter	13 mm x 20 mm	ca. 3,-
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,-

Tabella 8: Daten und Preisangaben zu Dach und Dämmung

Produkt Hersteller/Händler	Beschreibung Typ	Liefermaße	Preise netto in Euro/m ² ohne Arbeitskosten
Alufolie, Dampfsperre DÖRKEN, Herdecke oder Baumarkt	Alu-Folie, beidseitig kunststoffbeschichtet DELTA-FOL-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, alubedampftes Polypropylen-Vlies	Rolle: 50 m Breite: 150 cm	ca. 2,50

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

Unter der Internet-Adresse: www.bayern.de/lfu/laerm/emv/index.html finden Sie neben weiteren Informationen über Elektrosmog und Mobilfunk auch die Anschriften von qualifizierten Messstellen für elektromagnetische Felder, die normgerechte Immissionsmessungen durchführen und fachkundig beraten können.

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 Metallisierung: Fein-Cu	Rolle: 20 m Breite: 100 cm	ca. 13,-
Sto Abschirmgewebe AES Sto AG, Stühlingen Biologa, Hohentengen	Armierungsgewebe G-ES, Glasfasergitter m. Edelstahlfäden, Grafit	Rolle: 50 m Breite: 100 cm	ca. 5,-
Knauf Abschirmputz Baustoffhandel	Gipsdünnputz + Carbonfasern	Putz	ca. 4,-
KNAUF Schutzplatte Baustoffhandel	Gipskartonplatte + Carbonfasern im Karton	Breite: 125 cm Länge: 250 cm	ca. 5,-
EMV-Tapete Marburger Tapetenfabrik	elektr. leitfähiges Faser-Vlies, metallfrei	Breite: 104 cm Länge: 20 m	ca. 8,50
Schirmende Untertapete Biologa, Hohentengen ROWO, Herbolzheim	Hochleitfähiges Faser-Vlies, ROS-M2 Cu- u. Korrosionsschutz	Rollenware Breite: 100 cm	ca. 43,-
ISOFOL Abschirmfolie KORFF, Oberbipp (CH)	papierkaschierte Aluminiumfolie	Breite: 50 cm Länge: 10 m	ca. 1,40

Tabelle 9: Daten und Preisangaben zu Wandbeschichtungen

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,-
T-Shirt-Ware Peters GmbH, Albstadt	71% Baumwolle 23% Polyamid 6% Silbergarn	zum Nähen von schirmenden Wäschestücken	ca. 32,-
schirmendes Steppbett Sanitätshäuser, Bettenfachhandel	Steppbett, verarbeitet mit schirmender Gewebeeinlage	135 cm x 200 cm	ca. 257,- / St.

Tabelle 10: Daten und Preisangaben zu Textilien

Adressen von Herstellern

Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V.	Schaumburg-Lippe-Str. 4, 53113 Bonn, Tel.: 0228 / 91493-24, Fax: -12, e-mail: argemauerziegel@t-online.de
Autoflug GmbH & Co	Industriestraße 10, 25462 Rellingen, Tel.: 04101 / 307-132, Fax: -110, www.autoflug.com
Paul Bauder GmbH & Co.	Korntaler Landstraße 63, 70499 Stuttgart (Weilimdorf), Tel.: 0711 / 8807-0, Fax: -300, www.bauder.de
BAUFRITZ DAS VOLL-WERT-HAUS	Alpenstraße 32, 87746 Erkheim, Tel.: 08336 / 900-0, Fax: -111, www.baufritz.com
Bau-Gut Ing. Holzbau & Zimmerei GmbH	Geschwister-Scholl-Straße 1, 98846 Hildburghausen, Tel.: 03685 / 709638 (Tel + Fax)
Biologa GmbH & Co KG	Dorfstraße 42, 79801 Hohentengen, Tel.: 07742 / 919110, Fax: 919111, www.biologa.de
Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.	Postfach 210160, 30401 Hannover, Tel.: 0511 / 27954-0, Fax: -54, www.kalksandstein.de
Ewald Dörken AG	Wetterstraße 58, 58313 Herdecke, Tel.: 02330 / 63-0, Fax: -355, www.doerken.de
Fachvereinigung Leichtbeton e.V.	Sandkauler Weg 1, 56564 Neuwied, Tel.: 02631 / 22227, Fax: 31336, www.leichtbeton.de
Forschungsinstitut der Zementindustrie	Postfach 301063, 40410 Düsseldorf, Tel.: 0211 / 4578-1, Fax: -296, www.vdz-online.de
Gebr. Knauf Westdeutsche Gipswerke	Postfach 10, 97343 Iphofen, Tel.: 09323 / 31-1400, Fax: -1410, www.knauf.de
GENITEX Forschungsgesellschaft mbH	Heerstr. 149 / B1, 60488 Frankfurt, Tel.: 069 / 7681220, Fax: 769696, www.genitex.de
JUWÖ Poroton-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH	Postfach 16, 55597 Wöllstein, Tel.: 06703 / 910-0, Fax: -139, www.juwoe.de
Kalksandstein-Werk Wemding GmbH	Harburger Str. 100, 86650 Wemding, Tel.: 09092 / 221, Fax: 1651, www.nordschwaben.de
Knoch Glas- und Spiegelmanufaktur KG	Uferstraße 9, 96450 Coburg, Tel.: 09561 / 2709-0, Fax: -33
KORFF AG	Niedermattstr. 35, CH-4538 Oberbipp Tel.: +41 / 32 / 636-3332, Fax: -2309, www.korff.ch
Laird Technologies GmbH	Äußere Oberaustraße 22, 83026 Rosenheim, Tel.: 08031 / 2460-0, Fax: -50, www.lairdtech.de
Marburger Tapetenfabrik J.B. Schaefer GmbH & Co KG	PF 1320, 35269 Kirchhain, Tel.: 06422 / 81-132, Fax: -228, www.marburg.com
PREFA Wasungen	Aluminiumstr. 2, 98634 Wasungen, Tel.: 036941 / 785-0, Fax: -20, www.prefa.de
ROWO Coating GmbH	Allmendstr. 7, 79336 Herbolzheim, Tel.: 07643 / 40015, Fax: 40159, e-mail: ROWOCO@aol.com
SSG Saint-Gobain	Jülicher Straße 495, 52070 Aachen
Deutsche Glas KINON Sicherheitsglas GmbH	Tel.: 0241 / 9667-0, Fax: -215, www.saint-gobain-glass.com
Sto AG	Ehrenbachstraße 1, 79780 Stühlingen Tel.: 07744 / 57-1010, Fax: -2010, www.sto.de
THOMA Holz FuE-Zentrum für Naturholzverarbeitung	A – 5622 Goldegg, Tel.: +43 / 6415 / 8910, Fax: 89204, e-mail: thoma@magnet.at
Weiß & Weiß GmbH	Sonnenstr. 26, 85622 Feldkirchen bei München, Tel.: 089 / 900 690-0, Fax: -66, www.fenster-weiss.de
Ytong Holding AG	Sandhof 6, 86529 Schrobenhausen, Tel.: 08252 / 911-0, Fax: -235, www.ytong.de

Literaturtipps und Auszüge aus der 26. BImSchV

Literatur

- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
 - Fachinformation 1/2001 „Stichwort Mobilfunk“
 - Fachinformation 2/2001 „Elektromagnetische Felder“
 - Materialienband 169 „Maßnahmen an Gebäuden zur Abschirmung elektromagnetischer Wellen“ (Die Studie liegt dieser Broschüre zugrunde.)
 - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, „Elektrische und magnetische Felder im Alltag“, 2002
 - Bundesamt für Strahlenschutz, Strahlen Themen: „Mobilfunk und Sendetürme“, Nov. 2001
 - Pauli, P., Moldan, D.: Reduzierung hochfrequenter Strahlung, Baustoffe und Abschirmmaterialien, 2002; zu beziehen bei D. Moldan, Am Henkelsee 13, 97346 Iphofen
- Zur Vertiefung des Fachwissens:
- Leitgeb, N.: Machen elektromagnetische Felder krank?, Springer-Verlag Wien New York, 2000
 - Leute, U.: Wie gefährlich ist Mobilfunk?, J. Schlembach Fachverlag, Weil der Stadt, 2002.
 - Weiß, P., Gutheil, B., Gust, D., Leiß, P.: „EMVU-Messtechnik“, Vieweg-Verlag, Vieweg-Praxiswissen Braunschweig/Wiesbaden, 2000
 - Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV), vom 20.8.2002 Bundesgesetzblatt Teil 1 S.3366
 - Weitere Informationen über Mobilfunk, Elektromog und qualifizierte Messstellen in Bayern finden Sie unter www.bayern.de/lfu/laerm/emv/index.html und www.mobilfunk.bayern.de.

Auszüge aus der Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) Vom 16. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1966)

§ 1

Anwendungsbereich

(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.

§ 2

Hochfrequenzanlagen

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.

§ 5

Ermittlung der Feldstärke- und Flussdichtewerte

Messgeräte, Mess- und Berechnungsverfahren, die bei der Ermittlung der elektrischen 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.

§ 7

Anzeige

(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.

Herausgeber

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz,
Augsburg

Autoren

Prof. Dipl.-Ing. Peter Pauli, Neubiberg
Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Iphofen

Redaktion

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz:
Dipl.-Phys. Elke Hudel
Dipl.-Phys. Wolfgang Vierling
Stand: Mai 2003

Infostelle „EMF“

Telefon: 0821 / 90 71 - 35 18

Gestaltung/Layout

klaus und stoll,
Büro für Gestaltung, Friedberg

Druck

skala druckagentur, Oberndorf

Diese Broschüre und die ihr zu Grunde liegende Untersuchung wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen finanziert und vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz in Auftrag gegeben, das eine Behörde im Geschäftsbereich des genannten Ministeriums ist.

Gedruckt auf Recyclingpapier
Umschlag aus Recyclingkarton



**Bayerisches Landesamt
für Umweltschutz**

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160

86179 Augsburg

Telefon 0821/9071-0

Telefax 0821/9071-55 56

poststelle@lfu.bayern.de

www.bayern.de/lfu