

Abschirmung von Funkwellen (Mobilfunk, Radar, WLAN, DECT ...)

Im Zusatzprogramm des Baubiologischen Kongresses am 5.-7. Mai 2006 in Bad Endorf referierten die Baubiologen Dr.-Ing. Dietrich Moldan und Dr.-Ing. Martin H. Virnich über die Abschirmung von Funkwellen. Sie führten die Zuhörer in die Grundlagen der Hochfrequenz-Abschirmtechnik ein, zeigten die Vielfalt der heute am Markt verfügbaren Abschirmmaterialien und ihre unterschiedlichen Eigenschaften auf, erläuterten die fachgerechte Vorgehensweise bei Abschirmmaßnahmen und gaben mit einer Fülle von Beispielen aus der eigenen Praxis einen Einblick in die Erfolgsmöglichkeiten einer effektiven Hochfrequenzabschirmung, aber auch in die zu überwindenden Probleme und Fehlermöglichkeiten.

Über 200 Teilnehmer des Baubiologischen Kongresses IBN + VB nahmen die Möglichkeit wahr, am Zusatzprogramm teilzunehmen, das ihnen am Vormittag des 7. Mai präsentiert wurde. Eine ausführliche schriftliche Darstellung des vorgestellten Stoffes haben die beiden Referenten in [1] und [2] gegeben. Umfangreiche Informationen zu diesem Themenbereich sind auch in [3], [4], [5], [6] und [7] zu finden.

Maßstäbe für die Hochfrequenz-Abschirmwirkung

Umgangssprachlich wird der Begriff "Abschirmung" im Sinne eines Schwarz-Weiss-Denkens häufig als "Totalabschirmung" verstanden, wie eine Barriere, die man errichten kann und die "nichts mehr durchlässt".

I.d.R. führt eine Abschirmung aber zu einer mehr oder weniger starken Abschwächung bzw. Dämpfung der einfallenden Immission auf ein bestimmtes Maß (fachlich als "Schirmdämpfung" bezeichnet), selten zu ihrem Verschwinden unter die Nachweisbarkeitsgrenze.

Um die Wirksamkeit einer Abschirmung zu beschreiben, benötigt man einen Maßstab zur Quantifizierung der Schirmdämpfung. Hierzu können drei Größen herangezogen werden, die den gleichen Sachverhalt lediglich unterschiedlich ausdrücken:

- Schirmdämpfungsfaktor
- Schirmwirkungsgrad (in Prozent)
- Schirmdämpfung im logarithmischen Maßstab: Dezibel

Der **Schirmdämpfungsfaktor** antwortet auf die Frage: "AUF welchen Bruchteil verringert sich die Immission?" (z.B. auf ein Zehntel). Hierbei ist zu beachten, dass die Strahlungsdichte proportional zum Quadrat der Feldstärke ist. Beträgt der Dämpfungsfaktor für die Feldstärke beispielsweise 2, so hat er für

die Strahlungsdichte den Wert $2^2 = 4$. Die Angabe eines Dämpfungsfaktors macht also nur Sinn, wenn man zu dem Wert mit angibt, ob er sich auf die Strahlungsdichte oder auf die Feldstärke bezieht.

Der **Schirmwirkungsgrad** antwortet auf die komplementäre Frage: "UM welchen Anteil verringert sich die Immission?" (z.B. um neun Zehntel bzw. 90 %). Auch hier ist die Angabe erforderlich, ob sich der Wert auf die Strahlungsdichte oder die Feldstärke bezieht. Die Summe von Schirmwirkungsgrad und Kehrwert des Schirmdämpfungsfaktors ergibt immer Eins.

In der Technik ist es üblich, Verhältnisse von zwei Größen mit gleicher Maßeinheit, die sich über eine große Spanne von mehreren Zehnerpotenzen erstrecken – wie es z. B. beim Schirmdämpfungsfaktor der Fall ist –, im logarithmischen Maßstab anzugeben. Dies hat den Vorteil, dass sehr große bzw. sehr kleine Werte in eine "handliche" Größenordnung transformiert werden. Ein solcher Maßstab ist das Dezibel (dB), welches das logarithmische Verhältnis ausdrückt. Als weiterer Vorteil ist die Angabe der **Schirmdämpfung in Dezibel** unabhängig davon, ob sie sich auf Strahlungsdichten oder auf Feldstärken bezieht oder, salopper ausgedrückt: "dB sind dB!".

Wirkprinzipien der Hochfrequenz-Abschirmung

Trifft eine elektromagnetische Welle auf ein HF-dämpfendes Element, wie z.B. eine Gebäudewand, so tritt sie mit verringerter Intensität auf der anderen Seite aus. Für diese Verringerung gibt es im Wesentlichen zwei Ursachen:

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

An sehr gut leitenden metallischen Blechen und Folien erfolgt eine Totalreflexion der Welle. Die Reflexion findet unmittelbar an der Oberfläche statt; entscheidend für ihre Stärke ist daher weniger die Dicke des Materials, als vielmehr eine möglichst hohe elektrische Leitfähigkeit. Die Ausprägung der Reflexion und damit der Schirmwirkung ist überdies unabhängig davon, ob das metallische bzw. metallisierte Element geerdet ist oder nicht. Bei allen HF-Abschirmmaterialien auf metallischer Basis – und das ist die überwiegende Mehrzahl der angebotenen Abschirmprodukte – überwiegt der Anteil der Reflexion bei weitem; die Absorption ist demgegenüber fast vernachlässigbar.

Bei massiven Baustoffen kann der Anteil der Absorption höher sein. Im Gegensatz zur Reflexion steigt der Anteil der Absorption mit zunehmender Materialdicke. Aus verständlichen Gründen wäre eigentlich der Einsatz von Produkten mit überwiegender Absorption wünschenswerter als mit überwiegender Reflexion.

Zur Hochfrequenz-Abschirmung von Gebäuden können Baumaterialien eingesetzt werden, die "von Natur aus" eine hohe Schirmdämpfung aufweisen. Wo diese nicht ausreicht oder entsprechende Baumaterialien aus anderen Gründen nicht verwendet werden können, kann die Schirmdämpfung durch entsprechende spezielle Abschirmmaterialien erhöht werden.

Die Schirmdämpfung der meisten Materialien ist häufig sehr stark frequenzabhängig. Bei der Auswahl eines entsprechenden Bau- oder Abschirmmaterials ist es daher notwendig zu wissen, in welchen Frequenzbereichen eine hohe Schirmdämpfung gefordert wird. In [4] sind für eine Fülle von Bau- und Abschirm-

materialien die Frequenzabhängigkeiten wiedergeben.

Außer der Frequenzabhängigkeit müssen aber zur Erzielung einer hohen Schirmdämpfung noch weitere Faktoren beachtet werden.

"Löcher" in der Abschirmung

Es ist selbstredend, dass die Abschirmung in Richtung der einfallenden Welle geschlossen sein muss und keine "Löcher" aufweisen darf. Weist eine Wand in dieser Richtung Öffnungen auf (z. B. Fenster, Türen), so sind diese unbedingt in die Abschirmmaßnahmen mit einzubeziehen - mit entsprechend angepassten Materialien natürlich.

Einen besonderen Hinweis verdient die Tatsache, dass bereits relativ kleine Lücken ein gut Teil der Schirmwirkung zunichte machen können. Hierin unterscheidet sich die Hochfrequenzabschirmung nicht vom Schall- oder Wärmeschutz, wo ebenfalls hermetisch geschlossene Oberflächen Voraussetzung für den Erfolg der Maßnahmen sind.

Bereits ein nicht abgeschirmter Fensterrahmen (z.B. aus Holz) kann dazu führen, dass die gute Schirmwirkung eines hochwertigen Wärme- oder Sonnenschutzglases und einer möglicherweise mit hohem Aufwand abgeschirmten Wandkonstruktion stark beeinträchtigt wird. Wie stark sich solche "Schlitze" in der Oberfläche einer Abschirmung auswirken, hängt wesentlich von der räumlichen Lage des Schlitzes (horizontal oder vertikal) und von der Polarisationsebene (dies ist die Ebene der elektrischen Feldstärke) der einfallenden Welle ab.

Bau- und Abschirmmaterialien für den praktischen Einsatz

Für den Fall des Neu- bzw. Umbaus oder der Sanierung steht heute am Markt eine ganze Fülle von Hochfrequenz-dämpfenden Baumaterialien und speziellen Abschirmmaterialien zur Verfügung.

Die verschiedenen Bau- und Abschirmmaterialien lassen sich wie folgt klassifizieren:

- Massive Baustoffe wie Kalksandstein, Ziegel, Beton, Lehm (inkl. Lehm-Abschirmputz)
- Holzkonstruktionen

- Trockenausbau (Holz- und Gipswerkstoffe)
- Fassaden und Wärme-Dämmstoffe
- Wandbeschichtungen innen (Tapeten, Farben)
- Fenster, Türen und Zubehör (Fensterrahmen, Fensterverglasungen, Türrahmen, Türfüllungen, Rollläden, Jalousien)
- Dachbaustoffe
- Textilien (Gardinen, Vorhänge, Bett-Baldachine)

Teilweise gehen Produkt-Weiterentwicklungen, die originär anderen Zielen dienen, wie z.B. dem Wärmeschutz, auch mit einer wesentlichen Verbesserung der HF-Schirmdämpfung einher. Dies ist z.B. bei den heutigen Wärme- und Sonnenschutzverglasungen der Fall (s. [5]).

Andererseits gibt es konventionelle Produkte, die durch Zusatzausrüstungen eigens HF-dämpfend gemacht werden, um quasi "zwei Fliegen mit einer Klappe zu schlagen". Beispiele hierfür sind Putz-Armierungsgewebe und Insektenschutzgitter. Eine hierbei gerne verwendete Möglichkeit besteht im Einbringen eines sehr dünnen Metallfadens in die Gewebestruktur dieser Produkte. Bei allen maschenförmigen Produkten gilt die Regel, dass die Schirmdämpfung von der Maschenweite abhängt und prinzipiell mit zunehmender Frequenz sinkt. Unterschiede der Schirmdämpfung zwischen D-Netz und E-Netz bzw. UMTS können bei solchen Produkten je nach Maschenweite beträchtlich sein. Da davon auszugehen ist, dass auch in Zukunft weiterhin immer höhere Frequenzbereiche für Breitenanwendungen der Telekommunikation erschlossen werden, sollte auch vorausschauend auf eine genügend kleine Maschenweite geachtet werden.

Auch speziell zu HF-Abschirmzwecken entwickelte textile Gewebe verwenden häufig als schirmendes Element feine Metallfäden, die in den Textilfaden eingebettet sind. Sie eignen sich zur Anfertigung von z.B. Fenster- und Türvorhängen oder zur Herstellung von Bettbaldachinen, die den gesamten Bettbereich abschirmen.

Als weitere, speziell entwickelte Abschirmprodukte sind z.B. Ab-

schirmtapeten und -farben für die Wandbeschichtung in Innenräumen zu nennen sowie lichtdurchlässige Folien zur Nachrüstung von älteren Fensterscheiben.

Die Beispiele zeigen, dass eine Fülle von unterschiedlichsten Produkten mit HF-Schirmwirkung zur Verfügung steht, die allerdings hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für den gegebenen Einsatzfall sorgfältig und fachmännisch ausgewählt werden müssen.

Eine umfassende und solide Grundlage hierzu ist die Darstellung der Dämpfungseigenschaften von einhundert Bau- und Abschirmmaterialien im Frequenzbereich von 200 MHz bis 10 GHz in [4].

Wichtig: Das messtechnisch fundierte Abschirmkonzept

HF-Abschirmmaßnahmen an Gebäuden sollten nicht blind auf Verdacht oder ins Blaue hinein nach dem Motto "Abschirmen ist immer gut!" erfolgen, sondern auf Basis eines messtechnisch fundierten Konzeptes. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Schwachstellen eines Raumes richtig erkannt, die Belastungen der Bewohner objektiv beurteilt und effektive Maßnahmen zur Beseitigung der Schwachstellen ergriffen werden. Anderenfalls besteht die hohe Wahrscheinlichkeit, dass die gewünschte Wirkung ausbleibt und viel Geld und Mühe für einen Misserfolg oder nur mäßigen Erfolg aufgewendet wurde.

Als Basis für Sanierungsmaßnahmen ist der aktuelle Ausgangszustand zu analysieren. Hierzu gehört die messtechnische Untersuchung, welche Funksysteme am Untersuchungsort mit relevanten Immissionen nachweisbar sind. Dazu wird mit einem Spektrumanalysator und geeigneten Messantennen ermittelt, in welchen Frequenzbereichen hochfrequente Signale einfallen (z.B. Mobilfunk, Fernsehen, UKW-Rundfunk usw.).

Im nächsten Schritt wird die Stärke der Immissionen einzeln in den jeweiligen Frequenzbereichen ermittelt. Die Stärke der Immissionen bildet die Grundlage für die Entscheidung, ob überhaupt Abschirmmaßnahmen durchgeführt werden sollen. Wenn dies bejaht wird, liefern die

Immissionsstärken der einzelnen Funkdienste wichtige Informationen über die zu erzielende Schirmdämpfung in den betreffenden Frequenzbereichen. Je höher die Immissionen, desto höher die Anforderungen an die Schirmdämpfung des einzusetzenden Materials. Es ist davon auszugehen, dass die unter Laborbedingungen als Material-Kennwert ermittelte Schirmdämpfung in der Praxis kaum erreicht werden kann, da hier viele zusätzliche Faktoren, wie Qualität der Verarbeitung, Unmöglichkeit der lückenlosen Montage usw., das Ergebnis beeinflussen.

Um zu ermitteln, an welchen Elementen des Raumes (Wände, Decken, Fenster usw.) Abschirmmaßnahmen vorzunehmen und wie wirksam sie sind, werden vor Ort entsprechende Versuche mit Abschirmmaterialien durchgeführt. Dazu werden über die betreffenden Fenster, Wände, Decken usw. zweckmäßigerweise textile Abschirmmaterialien mit hoher Schirmdämpfung gehängt bzw. gespannt, um im konkreten Test herauszufinden, welche Abschirmungen effizient sind und welche nicht.

Nach jeder Veränderung des Abschirm-Szenarios wird die Veränderung der Immissionen kontrolliert und die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahme beurteilt.

Zusätzlich wird messtechnisch überprüft, wie die Maßnahmen zur Hochfrequenzreduzierung sich auf die Intensität der niederfrequenten elektrischen Wechselfelder auswirken, die aus der Hausinstallation, elektrischen Geräten und Geräteanschlussleitungen stammen. Diese können nämlich an großflächig leitfähige Abschirmungen ankoppeln und so zu einer Erhöhung der elektrischen Feldstärke führen (s.u.).

Aus den vor Ort gewonnenen Erkenntnissen und in Abstimmung mit dem Auftraggeber werden geeignete Empfehlungen hinsichtlich der abzuschirmenden Raumkomponenten (Fenster, Wände usw.) und der Art der einzusetzenden Abschirmmaterialien erarbeitet.

Umsetzung des Abschirmkonzepts

Die Umsetzung des erarbeiteten Abschirmkonzepts bedarf einer

Messungen im Dachgeschoss	Strahlungsdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Schirmdämpfungsfaktor*	Schirmwirkungsgrad* [%]	Schirmdämpfung* [dB]
Draußen, vor dem Dachfenster	8.668	-	-	-
Innen, vor den Sparren	128	67,7	98,5	18,3
Innen, zwischen den Sparren	10	866,8	99,9	29,4

* Dämpfung gegenüber der Messung draußen, vor dem Dachfenster

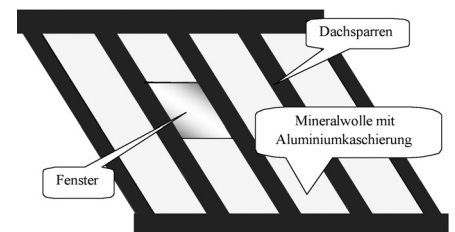
Tab. 1: Ergebnisse der Dämpfungsmessungen

gründlichen und sorgfältigen Arbeit bis ins Detail. "Pfusch am Bau" - auch in für den konventionellen Handwerker mutmaßlichen Kleinigkeiten - kann den Erfolg der Maßnahmen drastisch reduzieren. Hier besteht i.d.R. zu Beginn der Arbeiten erheblicher Aufklärungs- und Informationsbedarf für die Handwerker. Eine kontinuierliche Begleitung und Kontrolle der Arbeiten ist aus Erfahrung dringend angezeigt.

Ein Beispiel aus der Praxis soll dies deutlich machen. Der Auftraggeber einer Mobilfunkmessung hat seinen Schlafbereich im Dachgeschoss eines jüngst errichteten Mehrfamilienhauses. Auf dem Dach des gegenüberliegenden Hauses sind in ca. 30 m Entfernung die Antennen einer Mobilfunk-Basisstation installiert. Eine Sektorantenne weist mit ihrer Hauptstrahlrichtung direkt auf den Schlafbereich. Die Dachdämmung des Mehrfamilienhauses ist als Zwischensparrendämmung mit Mineralwolle ausgeführt; die Mineralwolle ist mit Aluminiumfolie kaschiert. Normalerweise werden die seitlich über die Mineralwolle überstehenden Aluminiumfahnen bei der Montage auf den Dachsparren befestigt. Die überstehenden Aluminiumfahnen der in den Nachbarfeldern befindlichen Mineralwollebahnen werden dann auf die bereits befestigte Aluminiumfolie getackert, um eine möglichst geschlossene Ebene für die Dampfsperre zu erzielen. Üblicherweise wird anschließend die Überlappungsfuge zusätzlich mit einem Aluminiumstreifen verschlossen. Bei sorgfältiger Arbeit wird auf diese Weise eine geschlossene, mit Aluminium abgedeckte Fläche hergestellt, die - als "Nebeneffekt" - auch eine sehr gute Hochfrequenzdämpfung aufweist.

Bei der Messung wurde jedoch festgestellt, dass hier offensichtlich nicht ordentlich gearbeitet worden war. Es waren deutliche Unterschiede in der Strahlungsdichte messbar, wenn mit der Messantenne horizontal entlang der Dachschräge verfahren wurde. Es waren um ca. 11 Dezibel höhere Werte in einem festen Raster feststellbar, das genau dem Sparrenabstand entspricht (vgl. Spektraldiagramm).

Die Mobilfunkmessungen außerhalb des Raumes - Messantenne durch das geöffnete Dachfenster nach außen gehalten - und im Raum - im Bereich der Sparren und zwischen den Sparren - ergaben Immissionen gemäß Tabelle 1.

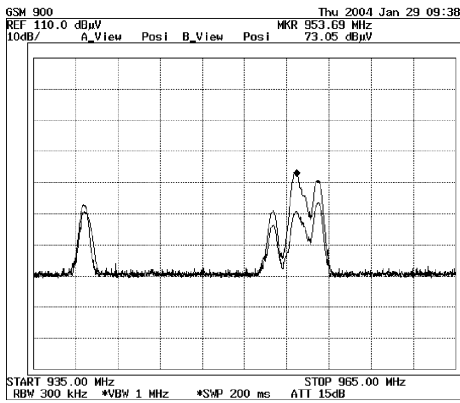


Schemat. Zeichnung der Dachschräge

Eine ordentlich durchgeführte Montage der Wärmedämmung mit Aluminiumkaschierung und vorschriftsmäßiges Überkleben der Stöße hätte neben der Schaffung einer funktionsfähigen Dampfsperre auch diesen messtechnisch nachgewiesenen Mangel der Hochfrequenz-Abschirmung vermieden.

Wirksamkeitskontrolle der durchgeführten Maßnahmen

Nach erfolgter Sanierung empfiehlt sich dringend eine messtechnische Überprüfung der Hochfrequenz-Immissionen, um sicherzustellen, dass bei der Sanierung keine Fehler aufgetreten sind und das Konzept auch wirklich erfolgreich umge-



Spektraldiagramm D-Netz

Obere Kurve: Messung vor den Sparren

Untere Kurve: Messung zwischen den Sparren

setzt werden konnte. Wurden die Abschirmziele nicht erreicht, so ist den Ursachen nachzugehen und eine Nachbesserung vorzunehmen.

Auswirkungen der HF-Abschirmung auf niederfrequente elektrische Felder / Sicherheitsaspekte

Für Abschirmzwecke eingesetzte Materialien sind durchweg elektrisch gut leitfähig bis hoch leitfähig, die abgeschirmten Flächen i.d.R. groß. Aufgrund dieser Eigenschaften kann es leicht zu Ankoppeleffekten niederfrequenter elektrischer Wechselfelder der Stromversorgung (50 Hz) an die Abschirmflächen kommen. Wird z.B. eine 230 V-Netzleitung in der Nähe einer leitfähigen Fläche oder direkt über die Fläche geführt, so breitet sich das vorher lokal beschränkte elektrische Feld der Leitung über die gesamte Fläche aus.

Die Wirksamkeit der Hochfrequenz-Schirmdämpfung ist auch ohne Anschluss der Abschirmflächen an das Erdpotential gegeben. Werden sie jedoch geerdet, so wird die oben beschriebene Ausbreitung niederfrequenter elektrischer Wechselfelder über diese Flächen verhindert; gleichzeitig erreicht man eine Abschirmung der elektrischen Wechselfelder, die von den hinter der Abschirmung liegenden Leitungen (z.B. in der Wand) ausgehen.

Als unerfreuliche Kehrseite der Erdungsmaßnahme muss allerdings in Kauf genommen werden, dass man nun das Erdpotential großflächig und sehr nahe an die im Raum befindlichen Leitungen sowie elek-

trischen Geräte "herangeholt" hat. Die Höhe der elektrischen Feldstärke ist jedoch u.a. abhängig vom Abstand zwischen Feldquelle (Verlängerungskabel, Anschlussleitungen, Steh- und Tischleuchten, in Betrieb befindliche Geräte) und dem Erdpotential als Feldsenke. Somit besteht das Risiko, nun zwar die hinter der Abschirmung liegenden Feldquellen wirksam gedämpft zu haben, gleichzeitig aber die Feldstärke, die von den im Raum befindlichen Feldquellen verursacht wird, zu erhöhen. Ob und in wie weit dies der Fall ist, muss messtechnisch überprüft werden. Ggf. sind dann zusätzliche Maßnahmen der Emissionsreduzierung für die niederfrequenten elektrischen Wechselfelder erforderlich. Diese können z.B. in der Verwendung abgeschirmter Leitungen bestehen oder im Einbau von Netzabkopplern ("Netzfreischalter").

Aus einem weiteren Aspekt ist die Erdung der leitfähigen Abschirmflächen dringend angezeigt, nämlich aus Gründen des Personen- und Sachschutzes. Denn wenn durch einen Defekt oder den berühmten Bildernagel in der Wand die Abschirmfläche auf 230 V-Netzpotential gelegt wird, so besteht Brandgefahr und Lebensgefahr bei Berührung. Tritt dieser Fall bei geerdeter Fläche auf, so ist zumindest die Lebensgefahr nicht mehr gegeben. Da es sich bei den Abschirmmaterialien aber häufig um dünne leitfähige Flächen handelt, die nicht in der Lage sind, den Auslösestrom der Stromkreissicherung von i.d.R. 16 Ampere zu tragen, besteht dennoch das Risiko eines Brandes. Daher sollten alle elektrischen Leitungen, die in einer abzuschirmenden Wand verlaufen, aus Gründen des Personen- und Sachschutzes über einen Fehlerstrom-Schutzschalter (FI) mit 30 mA Auslösestrom geführt sein.

Die Erdungsanschlüsse an den Abschirmungen dürfen nicht nur punktuell, sondern müssen über eine größere Fläche kontaktiert werden. Auf eine massive und robuste, mechanisch belastbare, dauerhafte Ausführung ist großer Wert zu legen; es sollte möglichst das Original-Erdungszubehör des jeweiligen Herstellers verwendet werden. Bei der Erdung sind die einschlägigen VDE-Vorschriften zu beachten. Selbstre-

ndend dürfen die Erdungsmaßnahmen nur von einer Elektrofachkraft vorgenommen werden.

Literatur

[1] Virnich, Martin H.; Moldan, Dietrich: Möglichkeiten und Vorgehensweise zur fachgerechten Hochfrequenz-Abschirmung; in: "Energieversorgung & Mobilfunk", Tagungsband der 3. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen - VDB e.V., 01.-02. April 2004 in Würzburg; Im Verlag des AnBUS e.V., Fürth 2003, ISBN 3-9808428-4-3; S. 95-114; Bezugsmöglichkeit: info@baubiologie.net

[2] Moldan, Dietrich; Virnich, Martin H.: Praktische Beispiele der Hochfrequenz-Abschirmung von Gebäuden; in: "Energieversorgung & Mobilfunk", Tagungsband der 3. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen - VDB e.V., 1.-2.4.04 in Würzburg; Im Verlag des AnBUS e.V., Fürth 2003, ISBN 3-9808428-4-3; S. 115-137; Bezugsmöglichkeit: info@baubiologie.net

[3] Pauli, Peter; Moldan, Dietrich (Hrsg.): Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld; kostenlose Informationsbroschüre des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (LfU), Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg, Tel. 0821-9071-0, Infostelle "EMF" 0821-9071-3518, Fax 0821-9071-5556, Email poststelle@lfu.bayern.de, Mai 2003

[4] Pauli, Peter; Moldan, Dietrich: Reduzierung hochfrequenter Strahlung - Baustoffe und Abschirmmaterialien, 2. Auflage 2003; Eigenverlag Dr.-Ing. Dietrich Moldan, Am Henkelsee 13, 97346 Iphofen, Tel. 09323-8708-10, Fax 09323-8708-11, Email info@drmolde.de

[5] Dierssen, Ulrich K.; Hornyak, Paul: HF-Dämpfung von Wärmeschutz- und Sonnenschutzverglasung; in: Wohnung + Gesundheit Nr. 110/Frühjahr 2004; S. 41, www.baubiologie.de

[6] Runge, Martin; Sommer, Frank; Oberfeld Gerd (Hrsg.): Mobilfunk, Gesundheit und die Politik - Streitschrift und Ratgeber; agenda Verlag Münster 2006; ISBN-10: 3-89688-288-0; Bezug über den Buchhandel oder direkt bei konzept: grün GmbH, Fasanenweg 44a, 82194 Gröbenzell, Tel.: 08142-597152, Email: dialog@konzept-gruen.de

[7] Martin Schauer, Martin H. Virnich.: Baubiologische Elektrotechnik - Grundlagen, Feldmesstechnik u. Praxis der Feldreduzierung; Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co. Fachliteratur KG München/Heidelberg, 2005; ISBN 3-8101-0167-2; www.huethig.de/shop/product.html?id=136493

Dr.-Ing. Martin H. Virnich

Dr.-Ing. Dietrich Moldan

Baubiologen IBN

VDB e.V.

Berufsverband Deutscher Baubiologen