

# Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder – Bauliche Schutzmaßnahmen



**Der Autor**

Martin Schauer  
 ö.b.u.v. Sachverständiger  
 im Elektrotechniker-  
 Handwerk  
 Würzburg

## 1 Einführung

Die physikalischen Kräfte elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder führen bekanntermaßen zu Störungen bei technischen Anwendungen: So kann z.B. während einer Konferenz der Betrieb eines Mobilfunktelefons als belästigendes Geräusch in den Lautsprechern der Tagungstechnik vernommen werden. Die gleichzeitige Nutzung der elektrischen Energie- neben der Informationstechnik machte deshalb eine gesetzliche Regelung notwendig. In Deutschland wird dies durch das EMV-Gesetz 2008 geregelt [1]. Wesen dieses Gesetzes bildet § 4 Abs. 1:

»§ 4 Grundlegende Anforderungen  
 (1) Betriebsmittel müssen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik so entworfen und gefertigt sein, dass  
 1. die von ihnen verursachten elektromagnetischen Störungen kein Niveau erreichen, bei dem ein bestimmungsgemäßer Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten oder anderen Betriebsmitteln nicht möglich ist;  
 2. sie gegen die bei bestimmungsgemäßem Betrieb zu erwartenden elektromagnetischen Störungen hinreichend unempfindlich sind, um ohne unzumutbare Beeinträchtigung bestimmungsgemäß arbeiten zu können.«

Nicht geregelt ist im EMV-Gesetz, ob beim Betrieb elektrischer Geräte und Anlagen die im Umfeld befindlichen Personen noch »ohne unzumutbare Beeinträchtigung bestimmungsgemäß arbeiten (und leben) können«.

Die Wirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen bzw. entsprechende Anforderungen hierzu werden in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes geregelt [2]. Neben dieser »gesetzlichen« Regelung stehen international uneinheitliche Grenz-

wertgebungen sowie einige Empfehlungen, die in diesem Beitrag noch vorgestellt werden. Es zeigt sich, dass die Wirkung physikalischer Kräfte auf den Menschen kontrovers behandelt wird.

An dieser Stelle soll nicht die Diskussion über zumutbare Belastungen bzw. über die Richtigkeit bestehender Grenzwertregelungen fortgeführt werden – dies ist den weltweit forschenden Wissenschaftlern überlassen – vielmehr soll neben einer geschichtlichen Einführung, der Darstellung der verschiedenen Grenzwerte und Empfehlungen die Praxis der Minimierung von elektromagnetischen Belastungen in Gebäuden und deren messtechnische Begleitung beleuchtet werden.

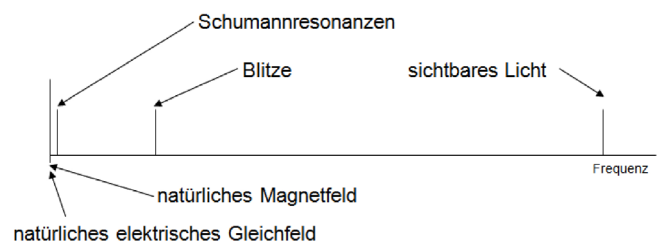
Erlaubt sei hier noch folgende Bemerkung: Infolge der kontroversen Diskussion haben sich über einen langen Zeitraum viele Fachleute der Elektro- und Informationstechnik sowie Baufachleute diesem Thema verweigert. Die Folge ist, dass entsprechende Aufträge von einem Personenkreis übernommen werden, welche weder über eine fundierte Ausbildung noch über eine adäquate messtechnische Ausstattung verfügt. Neben fatalen Fehlern im Hinblick auf den Personen- und Sachschutz kann dies auch zu anderweitigen, folgenhaften Problemen bei der gesamten Ausführung der Maß-

nahmen führen. Ziel dieses Beitrags ist es auch, derartige Maßnahmen in die Hände von Fachleuten zu führen.

## 1.2 Geschichte

Die Erfindung der Glühlampe vor ca. 140 Jahren war der Startschuss für die Elektrifizierung unserer Wohn- und Arbeitswelt. Zu dieser Zeit (etwa 1870) kann das elektromagnetische Umfeld vereinfacht wie in Abb. 1 dargestellt werden. Es sind die natürlichen Feldverursacher wie das Erdmagnetfeld, das natürliche elektrische Gleichfeld, Schumannresonanzen (benannt nach ihrem Entdecker; sie entstehen durch Blitzaktivitäten und breiten sich zwischen Erde und Ionosphäre aus), Mikropulsationsfrequenzen durch Blitze sowie das sichtbare Licht zu nennen. Nach 1870 wurden Kraftwerke gebaut, Kabel und Leitungen über Land und in die Straßen bis hin zu den Glühlampen in die Gebäude verlegt. Licht, erzeugt aus elektrischer Energie, war die erste Massen-anwendung. Es dauerte schließlich bis in die 50er und 60er Jahre des letzten Jahrhunderts, bis praktisch alle Gebäude der zivilisierten Welt eine umfassende Elektroinstallation erhielten.

Neben der Nutzung elektrischer Energie entwickelte sich die elektrotechnische Nachrichtentechnik gleichermaßen schnell



**Abb. 1:** Natürliches elektromagnetisches Umfeld vor 1870, Quelle: R.O. Becker [3]



**Abb. 2:** Elektromagnetisches Umfeld heute (rot, künstlich erzeugte Felder)

Tab. 1: Frequenzen und deren elektrotechnische Anwendungen

Frequenz (Einheit Hertz [Hz])	Bereich	Elektrotechnische Anwendungsbeispiele
0	Gleichfeld	Straßenbahn
16,7	Niederfrequenz	Elektrische Bahnen
50	Niederfrequenz	Allgemeine elektrische Energieversorgung
300 – 3400	Niederfrequenz	Ton-Frequenzbereich des Telefons
30.000 – 300.000	Hochfrequenz	Langwellenrundfunk, Funkuhr
300.000 – 3.000.000	Hochfrequenz	Mittelwellenrundfunk
3.000.000 – 30.000.000	Hochfrequenz	Kurzwelle
30.000.000 – ≈ 10.000.000.000	Hochfrequenz	UKW-Rundfunk, Fernseh Rundfunk, Mobilfunk (GSM 900, GSM 1800, UMTS), drahtlose Datenübertragungen (WLAN), Radar

voran. Bereits um ca. 1900 gelang die erste drahtlose Nachrichtenübermittlung über den Atlantik. Bis in die 80er und 90er Jahre des letzten Jahrhunderts waren Funksendeanlagen in noch ›überschaubarer‹ Anzahl über das Land verteilt. Ultrakurzwellen (UKW-Radiorundfunk) und Fernseh-Rundfunksendeanlagen versorgen damals wie heute ein Gebiet mit einem Radius von ca. 70 Kilometern. Behördenfunk, Hobbyfunke, Lang-, Mittel- und Kurzwellensender usw. sind und waren hier und da anzutreffen. Seit den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts sind Sendeanlagen in großer Anzahl auch in die Wohngebiete bzw. in die Geschäfts- und Wohngebäude eingezogen. Mobilfunksendeanlagen versorgen in Deutschland bereits über 80 Millionen Mobiltelefone. In Gebäuden werden heute Telefonate und Daten überwiegend drahtlos übertragen.

Das heutige elektromagnetische Spektrum kann vereinfacht wie in Abb. 2 dargestellt werden. Während vor 1870 das Frequenzspektrum weitestgehend ›leer‹ war, wird es heute beinahe durchgehend mit elektrotechnischen Anwendungen ›belegt‹.

Die Erforschung möglicher Folgen für die Gesundheit stellt für die Wissenschaft eine besondere Herausforderung dar, wie folgende Feststellung zeigt: »*Ein Lebewesen ist nicht die Summe seiner einzelnen Teile, sondern ein integriertes, dynamisches, funktionelles System, eben mehr als nur eine Zusammenstellung von Teilen. Physikalische Methoden sind nicht geeignet Lebensprozesse zu beschreiben oder Schutzwerte festzulegen.*« [4].<sup>1</sup>

Infolge dieser ›Unsicherheit‹ beauftra-

<sup>1</sup> Dr. med. habil. Karl Hecht, Prof. für Neurophysiologie, emeritierter Prof. für klinische und experimentelle Pathophysiologie der Humboldt-Universität (Charité) zu Berlin, Stress-, Schlaf-, Chrono-, Umwelt- und Welt-raummedizin

gen heute Menschen in Eigenverantwortung gezielt Untersuchungen ihrer Wohnung und entsprechende Reduzierungsmaßnahmen.

### 1.3 Feldkräfte

Elektrische und magnetische Feldkräfte wirken auf die elektrische Ladung von Objekten (Körpern) [5], sie werden definiert über deren Betrag und Richtung.

Felder unterscheiden sich auch über ihr Zeitverhalten bzw. deren Frequenz:

- Gleichfelder sind zeitlich nicht verändert
- niederfrequente Wechselfelder verändern sich langsam
- hochfrequente Wechselfelder (Wellen) verändern sich schnell.

Im Hinblick auf die Frequenz können in Deutschland elektrotechnische Anwendungen beispielhaft wie in Tab. 1 eingeteilt werden.

## 2 Vorkommen

In diesem Beitrag sollen nur die elektrischen und magnetischen Wechselfelder (Niederfrequenz) sowie die elektromagnetischen Wellen (Hochfrequenz) behandelt werden.

### 2.1 Niederfrequente elektrische Wechselfelder (EWF)

Immissionen niederfrequenter elektrischer Wechselfelder werden in Innenräumen entweder durch die Elektroinstallation in Wänden, Decken und Fußböden sowie angeschlossene Elektrogeräte, oder durch Freileitungsanlagen im Außenbereich verursacht. In unseren allgemein genutzten Energieversorgungssystemen wird der N-Leiter (Nulleiter, Neutralleiter) am Sternpunkt des Transformators geerdet. Somit baut sich ein elektrisches Wechselfeld ausgehend von den Außen-

leitern (Phasenleitern) auf, welche auf dem Potenzial 230 Volt [V] liegen, gegenüber allen leitfähigen Objekten, welche nahezu auf dem Potenzial 0 (Potenzial der Erde) liegen. Als leitfähige Objekte können beispielsweise geerdete Heizkörper, Wände, Decken, über die Elektroinstallation geerdete Geräte (Kühlschränke, Bügeleisen usw.) oder auch Personen angesehen werden, welche sich in elektrisch gutem Kontakt zur Erde befinden.

Die physikalische Einheit der elektrischen Feldstärke (E) ist Volt pro Meter [V/m]. Je größer der Potenzialunterschied (U = elektrische Spannung) ist, umso größer ist die Feldstärke. Je weiter sich Feldquelle und Feldsenke voneinander entfernt befinden (Entfernung = d), umso geringer ist die Feldstärke. Für das homogene elektrische Feld gilt:

$$E = \frac{U[V]}{d[m]}$$

Trotz relativ niedriger Spannung (230 V) können unter bestimmten (Abstands-) Bedingungen Feldstärken von einigen hundert V/m im Umfeld von Personen entstehen.

### EWF-Messverfahren

Um die Immissionen durch niederfrequente elektrische Wechselfelder an einem Ort mit unbekannter Feldsituation zu erfassen, kann nur das potenzialfreie Messverfahren angewandt werden (Abb. 3).

Hier wird über eine Würfelsonde mit drei orthogonal angeordneten Plattenpaaren das ungestörte elektrische Feld korrekt erfasst und über einen Lichtwellenleiter der Auswerteeinheit zugeführt. Dieses Messverfahren wurde erst 1995 entwickelt. Daher wurden und werden auch heute noch behelfsmäßig andere Verfahren wie die Körperspannungsmessung sowie die erdpotenzialbezogene Feldstärkemessung verwandt. Diese Messverfahren haben sich in einer Studie bei Immissionsmessungen als völlig fehler-



Abb. 3: Potenzialfreies E-Feld-Messgerät

haft und unzuverlässig erwiesen und sind im Hinblick auf eine wissenschaftliche Betrachtungsweise abzulehnen [6].

## 2.2 Niederfrequente magnetische Wechselfelder (MWF)

Im Gegensatz zu elektrischen Wechselfeldern, welche durch elektrische Spannungen entstehen, werden magnetische Wechselfelder durch den fließenden elektrischen Strom verursacht. Die »Reichweite« der Felder von stromführenden Leitern hängt von deren Konstruktion ab. Einzeleiter (hier befindet sich der dazugehörige Rückleiter in großer Entfernung) haben die größte Reichweite. Hier gilt, dass mit Verdoppelung des Abstands zum Stromleiter die magnetische Flussdichte auf die Hälfte abnimmt. Zweileiter, bei denen sich Hin- und Rückleiter dicht nebeneinander befinden (z. B. Elektroinstallationsleitungen in den Wänden, Geräteanschlussleitungen usw.) haben ein »günstigeres« Verhalten. Hier nimmt die Flussdichte im Quadrat ab; d. h. bei Verdoppelung des Abstandes reduzieren sich die Feldkräfte auf ein Viertel. Bei gut verdrehten Leitern sowie bei Spulen und Transformatoren sind die Abstandsbedingungen noch günstiger.

Als Einzeleiter können Potenzialausgleichsleiter, Heizungs- und Wasserrohre genannt werden, über die systembedingt – oft sind es alte Elektroanlagen – vagabundierende Ströme fließen. Aber auch elektrische Fußbodenheizungen, bei denen ein Einzeleiter über die Fläche mäandriert, oder Seilsysteme für Halogenlicht und Freileitungen, wo große Abstände zwischen Hin- und Rückleiter herrschen, emittieren relativ starke Magnetfelder [7].

$$B[T] = \mu \cdot H \frac{[A]}{[m]}$$

Als Einheit der magnetischen Flussdichte (B), wird das Tesla [T], das Millitesla [mT] oder das Mikrottesla [µT] angewandt. Die magnetische Flussdichte ist das Produkt aus Feldstärke (H) und der Permeabilitätszahl (µ, bei Luft ist die Zahl µ = 1); sie ist proportional zum fließenden elektrischen Strom.

### MWF-Messverfahren

Für die Messung von niederfrequenten Magnetfeldern stehen heute dreidimensionale Feldmessgeräte (3D = dreidimensional) zur Verfügung, welche oft auch über die Möglichkeit der Frequenzselektion verfügen. Wichtig ist dies insbesondere zur

Unterscheidung von Magnetfeldern, die durch den Betrieb der elektrischen Bahnen (16,7 Hz) bzw. unserer elektrischen Energieversorgung (50 Hz) entstehen. Immissionsmessungen sollten immer als Langzeitaufzeichnung über mindestens 24 Stunden durchgeführt werden. Immer wieder zeigen sich über diesen zeitlichen Verlauf unerwartete »Überraschungen«.

## 2.3 Hochfrequente elektromagnetische Wellen (HF)

Hochfrequente Wellen werden in der Regel zur Nachrichtenübermittlung angewandt. Die elektromagnetische Welle wird von einer Sendeantenne emittiert und setzt sich im Luftraum fort, bis sie von einer Empfangsantenne wieder »eingefangen« wird. Über ein Antennenkabel wird dann das Nachrichtensignal einem Gerät (z. B. Radio, Fernseher usw.) zugeführt. Als physikalische Einheit wird u. a. die Strahlungsdichte, das Watt pro Quadratmeter [W/m<sup>2</sup>], das Milliwatt pro Quadratmeter [mW/m<sup>2</sup>] und auch das Mikrowatt pro Quadratmeter [µW/m<sup>2</sup>] verwendet. Sehr starke Sendeanlagen werden für die Lang- und Mittelwelle angewandt, da hier ein sehr großer Bereich versorgt werden muss. Die Sendeleistungen betragen hier durchaus bis 2 Millionen Watt [MW]. UKW-Radiorundfunksender sowie Fernsehsender arbeiten in der Regel bis ca. 300 Kilowatt [kW]. Die Sendeleistung von Mobilfunkanlagen beträgt maximal 50 Watt. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich diese Sendeanlagen flächendeckend auch in Wohngebieten, zum Teil in sehr geringer Entfernung zu Gebäuden befinden. Zu berücksichtigen ist auch, dass bei Mobilfunk-sendeanlagen sogenannte Sektorenantennen verwendet werden, welche einen höheren Antennengewinn (ca. 17 dB) und eine Erhöhung der Strahlungsdichte um den Faktor 50 verzeichnen.

Wenn der Blick gerne auf solche Sendeanlagen fällt, die sich im Außenbereich befinden, muss auch berücksichtigt werden, dass heute zunehmend Sendeanlagen in Innenräumen betrieben werden. Schnurlostelefone, Mobilfunktelefone, drahtlose Computer-Datenübertragungssysteme (WLAN, Bluetooth), befinden sich in »nächster« Nähe zu Personen und sorgen trotz geringer Sendeleistungen für beachtliche Immissionen.

### HF-Messverfahren

Elektromagnetische Wellen werden vorzugsweise mit Spektrumanalyser und geeigneten Messantennen erfasst. Der Spek-

trumanalyser erlaubt es, einzelne Funkdienste voneinander getrennt zu messen. Dies ist für die spätere Bewertung von Bedeutung. Je nach Frequenzbereich müssen verschiedene Messantennen am Spektrumanalyser angeschlossen werden. Moderne aktive Antennen können auch weite Frequenzbereiche erfassen.

## 2.4 Bewertungen

Die Bewertungskriterien zu EMF-Feldern können vereinfacht in zwei Bereiche eingeteilt werden:

- Staatliche und behördliche Grenzwerte
- Grenzwertempfehlungen im Sinne der Gesundheitsvorsorge.

Staatliche und behördliche Grenzwerte wurden in der Regel anhand wissenschaftlicher Untersuchungen zu akuten Reiz- und Wärmewirkungen (thermische Wirkungen) der Felder festgelegt und berücksichtigen kaum langfristige Effekte.

So stellt die Weltgesundheitsorganisation, Regionalbüro für Europa (WHO), in einer Informationsbroschüre für Kommunale Behörden fest:

»Keine Normungsbehörde hat Expositionsrichtlinien mit dem Ziel erlassen, vor langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen, wie einem möglichen Krebsrisiko, zu schützen« [8].

Vereinfacht ausgedrückt bedeutet dies, dass behördliche Grenzwerte das Langzeitrisiko nicht zu berücksichtigen scheinen. Diese Lücke versuchen die »nicht offiziellen« Empfehlungen zu schließen. Hier wird zum Einen versucht, das Langzeitrisiko zu erfassen. Auf der anderen Seite bezieht man den Umstand mit ein, dass das gesundheitliche Risiko durch elektrische und magnetische Feldkräfte nicht hinreichend geklärt ist. Die »nicht offiziellen« Grenzwertempfehlungen verfolgen daher eher die Philosophie des Minimierungsgebotes.

Eine besondere Problematik bei niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern ist die Tatsache, dass die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV vom 16.12.1996) u. a. nur für Freileitungen, Erdkabel, Bahnstromfern- und Bahnstromüberleitungen, Elektromotorspannanlagen ab einer Oberspannung von 1 000 V oder mehr (siehe Tab. 2 und 3) gilt. Dies bedeutet, dass diese Regelungen für die meisten Wohngebäude nicht anwendbar sind, da hier nur elektrische Spannungen von 230 bzw. 400 V auftreten. Emissionen der Haushaltsgeräte und Elektroinstallationen werden durch

**Tab. 2:** Elektrische Wechselfelder (Niederfrequenz), Staatliche und behördliche Grenzwerte sowie »nicht offizielle« Grenzwertempfehlungen

Empfehlung/ Verordnung/ Norm	Grenzwert Richtwert [V/m]	Bemerkung
26. BImSchV [2]	5.000	Gilt für ortsfeste Elektroanlagen über 1.000 V
TCO [9]	10	Band 1: 5 Hz – 2.000 Hz
NCRP [10]	10	Geforderter Wert nach einer Studie (1996) von der US-Umweltbehörde EPA für den »Nationalen Rat für Strahlenschutz NCRP«, ein Beratergremium der US-Regierung

**Tab. 3:** Magnetische Wechselfelder (Niederfrequenz); Staatliche und behördliche Grenzwerte sowie »nicht offizielle« Grenzwertempfehlungen

Empfehlung/ Verordnung/ Norm	Grenzwert Richtwert [µT]	Bemerkung
26. BImSchV	100	Gilt für ortsfeste Elektroanlagen über 1.000 V
NISV [11]	1,0	Anlagengrenzwert für Umpannstationen, Hochspannungsleitungen usw.
TCO	0,2	Band 1: 5 Hz – 2.000 Hz
NCRP	0,2	Geforderter Wert nach einer Studie (1996) von der US-Umweltbehörde EPA für den »Nationalen Rat für Strahlenschutz NCRP«, ein Beratergremium der US-Regierung

**Tabelle 4:** Elektromagnetische Wellen (Hochfrequenz), Staatliche und behördliche Grenzwerte sowie »nicht offizielle« Grenzwertempfehlungen

Empfehlung/ Verordnung/ Norm	Grenzwert Richtwert [µW/m²]	Bemerkung
26. BImSchV	4.500.000 9.000.000 10.000.000	GSM 900 / Mobilfunk GSM 1800 / Mobilfunk UMTS / Mobilfunk
NISV	42.440 95.491 95.491	GSM 900 / Mobilfunk GSM 1800 / Mobilfunk UMTS / Mobilfunk
STOA [12]	1100	Richtwert für Mobilfunk-Basisstationen

diese Verordnung ebenso nicht geregelt.

Der schwedische TCO-Standard für Computerbildschirme, Fax-Geräte usw. ist im Prinzip keine verbindliche Norm. Trotzdem hat sich dieses Umweltlabel, welches u. a. auch die Emissionen von elektrischen und magnetischen Wechselfeldern berücksichtigt, weltweit durchgesetzt (siehe Tab. 2 und 3).

Der NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements: Natio-

nalrat für Strahlenschutz), ein Beratergremium der US-Regierung forderte nach einer der wohl umfassendsten Studien in den USA die schrittweise Reduzierung der Immissionswerte (siehe Tab. 2 und 3).

Die Schweizer Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) vom 23.12.1999 hat für Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) wie z. B. Wohnräume, Schulzimmer, Spitale, Altersheime usw. besondere Anlagengrenzwerte festgelegt (Tab. 3 und 4). Sie liegen bei magnetischen Wechselfeldern 100-mal niedriger und bei Mobilfunkanlagen ca. 10-mal niedriger als die »normalen« Immissionsgrenzwerte. Der Bundesrat wollte mit diesem Erlass im Sinne des Vorsorgeprinzips der Umweltgesetzgebung den Umstand berücksichtigen, dass die Wissenschaft diverse biologische Auswirkungen unterhalb der Immissionsgrenzwerte sowie Langzeitwirkungen noch nicht beurteilen kann.

Die Abteilung STOA (Science and Technology Options Assessments: Bewertung wissenschaftlicher und technologischer Optionen) bei der Generaldirektion Wissenschaft des Europäischen Parlaments, Direktion A, Abteilung Industrie, Forschung, Energie und Umwelt, bildet einen integralen Bestandteil der offiziellen Tätigkeit des EU-Parlaments. Ihre Aufgabe ist es, den Mitgliedern des EU-Parlaments aktuelle, qualitativ hochwertige und unabhängige Bewertungen wissenschaftlicher und technischer Art zur Verfügung zu stellen. STOA empfiehlt bei Mobilfunkbasisstationen einen Richtwert von 100 µW/m². Begründung: »Im Falle der Be-

lastung von SM-Strahlung [Mobilfunknetze; d. Verf.] können die Intensitäten auf ein Niveau reduziert werden, unterhalb dem empirisch in belasteten Bevölkerungsgruppen keine schädlichen Auswirkungen gefunden wurden.« (STOA: Die physiologischen und umweltrelevanten Auswirkungen nicht ionisierender elektromagnetischer Strahlung, 2001, S. 2) In dem Bericht wird insbesondere darauf hingewiesen, dass es Hinweise auf nicht thermische Schwellenwerte für biologische Effekte in der Größenordnung von einigen µW/cm² gebe (1 µW/cm² = 10.000 µW/m²).

Insgesamt ist bei Betrachten der Grenzwerte festzustellen, dass behördlich festgelegte Werte erheblich über den Grenzwertempfehlungen liegen. Dies liegt im Prinzip an den unterschiedlichen Philosophien oder Zielen der einzelnen Festlegungen.

### 3 Maßnahmen bei Neubauten/ Sanierung bei Altbauten

#### 3.1 Reduzierung niederfrequenter elektrischer Wechselfelder

Bevor eine Maßnahme bei Neubauten bzw. eine Sanierung bei bestehenden Gebäuden durchgeführt wird, sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden: Soll sich die Reduzierungsmaßnahme zeitlich unbegrenzt oder beispielsweise nur nachts auswirken? Großflächige geerdete Abschirmungen wirken sich zeitlich unbegrenzt aus, Netzabkoppler (auch Netzfreischalter genannt) wirken sich nur im abgekoppelten Zustand, in der Regel nachts aus, wenn keine elektrische Energie benötigt wird.

Bei neuen Gebäuden sind bei der Elektroinstallation alle Anlagenteile, von der Hauseinführungsleitung über die Verteilungs- und Endstromkreise sowie deren Verteilungspunkte (Zählerschrank, Stromkreisverteiler, Verbindungs-, Verteilungs-, Schalt- und Stechvorrichtungen), zu berücksichtigen. Für Endstromkreise stehen heute geschirmte Mantelleitungen zur Verfügung, welche eine Aluminiumfolie besitzen, die über einen zusätzlichen Beidraht geerdet werden. Ergänzt wird diese Maßnahme um leitfähig beschichtete Elektrodoesen, welche ebenso schirmende Eigenschaften besitzen.

Zur Reduzierung von EWF eignen sich auch metallische und geerdete Verlegesysteme wie Leitungs- und Brüstungskanäle, Fußbodenkanäle und Kabelwannen.

Nach der Neuinstallation einer geschirmten Elektroanlage sollte eine Abnah-

memessung noch vor Bezug der Wohnung durchgeführt werden (Anleitung in [5]).

Eine weitere Möglichkeit EWF bei Neubauten zu reduzieren, ist die Ausstattung von Innenwandflächen mit großflächigen und geerdeten Abschirmungen. Bei geeigneter Auswahl der Abschirmprodukte kann diese Maßnahme auch mit der Minimierung hochfrequenter Einstreuungen kombiniert werden. Die elektrischen Leitungen befinden sich hinter den Abschirmflächen, daher können sich die EWF nicht in den Innenraum ausbreiten.

Das Abkoppeln einzelner Stromkreise z.B. durch Netzabkoppler ist eher eine Sanierungsmaßnahme und sollte bei Neubauten nur in Ausnahmefällen angewandt werden.

### 3.2 Sanierung EWF bei bestehenden Gebäuden

Ist ein Gebäude und die Elektroanlage bereits vorhanden, sollte geprüft werden, ob die Anlagenteile vom Netz abgekoppelt bzw. getrennt werden können, welche zu Immissionen an einem bestimmten Ort beitragen. Dies ist durch Messungen zu ermitteln. Es reicht nicht aus, nur den Stromkreis ›Schlafzimmer‹ vom Netz abzukoppeln in der Hoffnung, dass sich damit eine immissionsarme Situation einstellt. Eine große Anzahl von Netzabkopplern, welche bereits installiert sind, verfehlen teilweise völlig ihre zugesicherte Eigenschaften. Zu berücksichtigen ist, dass in den Endstromkreisen, in denen ein Netzabkoppler installiert ist, keine Dauerverbraucher betrieben werden können. Neben dem Netzabkoppler stehen heute einige weitere technische Möglichkeiten wie z. B. Funk-Management, Gebäudesystemtechnik usw. zur Verfügung [13].

### 3.3 Reduzierung magnetischer Wechselfelder (Niederfrequenz)

Bei Neubauten sollte noch vor Baubeginn eine Langzeitaufzeichnung der MWF durchgeführt werden. In Einzelfällen kommt es vor, dass durch Freileitungen, aber auch durch Energieversorgungs-Erdkabel unerwünschte Emissionen durch MWF vorliegen. Möglicherweise können jetzt noch Maßnahmen im Zusammenwirken mit dem Netzbetreiber (Energieversorger) oder durch Verschieben des Gebäudes im Baufenster geplant und durchgeführt werden. Elektrische Bahnanlagen können erhebliche MWF-Immissionen zur Folge haben, auch wenn sich der geplante Neubau sehr weit von der Trasse entfernt befindet.

Bei der Neubauplanung sollte auch berücksichtigt werden, emissionsstarke Geräte und Elektroanlagenteile (Heizungs- und Wasserpumpen, Hebeanlagen, Zählerschränke, Hauptleitungen usw.) in ausreichendem Abstand zu Daueraufenthaltsorten insbesondere zu Schlafplätzen anzuordnen.

Werden bei bestehenden Gebäuden auffällige Immissionen durch MWF festgestellt, muss zunächst die genaue Ursache z. B. durch Frequenzselektion bzw. Abschaltungen, Strommessungen usw. genau ermittelt werden. MWF-Immissionen können auch durch vagabundierende Ströme bei Altinstallationen entstehen. Hier ist mit der Elektrofachkraft und dem Betreiber zu prüfen, ob das Anlagensystem auf ein emissionsfreundlicheres umgestellt werden kann [14].

MWF können nicht so einfach wie EWF abgeschirmt werden, daher sind schaltungstechnischen Maßnahmen oder Abstandsbildung immer der Vorzug zu geben.

### 3.4 Reduzierung hochfrequenter elektromagnetischer Wellen

Hochfrequente elektromagnetische Wellen können mit großflächigen Abschirmungen erheblich reduziert werden. Die Industrie bietet heute eine Fülle von Produkten an mit unterschiedlichen Einsatzzwecken, ob innen und/oder außen, als Putz, als Gewebe, als Tapete, als Farbe usw. (Abb. 4). Alle Produkte haben unterschiedliche Dämpfungseigenschaften (weitere Informationen in [15]). Diese Informationen sind wichtig in Bezug auf die zu planende Maßnahme. Der Erfolg der Maßnahme hängt jedoch nicht nur vom eingesetzten Material ab, sondern im Wesentlichen auch von der Detailarbeit, welche bei Übergängen von Bauteilen (Wand-Decke, Wand-Fußboden, Wand-Fensterlaibung, Dachschräge-Wand usw.) zu leisten ist. Auch bei den Fenstern und Türen gibt es im Hinblick auf die Ausführung der Rahmen Unterschiede, wenngleich die Wärmeschutzverglasung selbst bereits eine hervorragende hochfrequente Dämpfung aufweist.

Zusätzlich gibt es weitere unterschiedliche Ansätze, wie eine Hochfrequenzschirmende Maßnahme geplant werden kann:

- Großflächige Abschirmungen auf der Außenhaut der Gebäudehülle (Außenabschirmung)
- Großflächige Abschirmungen auf den Innenraum umgebenden Flächen (Innenabschirmung)

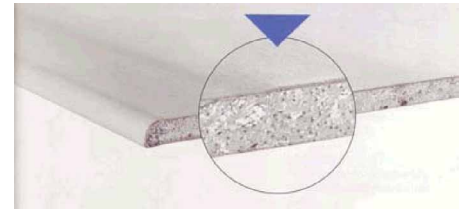


Abb. 4: Gipskartonplatte mit elektrisch leitfähigem Gipskern, Quelle: Saint Gobain Rigips GmbH

- Kombination aus Außen- und Innenabschirmungen.

Soll nur auf der Außenhaut eine abschirmende Fläche eingebracht werden, so ist dies meist relativ kostengünstig mit einem Gewebe im Putz realisierbar. Die Kosten hierfür halten sich insbesondere bei Außendämmungen auch deshalb in Grenzen, da an Stelle des üblicherweise verwendeten Armierungsgewebes jetzt ein Produkt zum Einsatz kommt, welches zusätzlich die Hochfrequenz abschirmende Funktion besitzt.

Wie bereits dargestellt, ist es möglich, die abschirmenden Eigenschaften im Hinblick auf EWF und HF zu kombinieren. Verwendet man bei einer Innenabschirmung ein Produkt, welches sowohl EWF als auch HF minimieren kann, sind zwei Funktionen mit einem Produkt realisiert und die Kosten für eine abschirmende Elektroinstallation fallen nicht an.

Interessant ist in vielen Fällen auch die Kombination aus Außen- und Innenabschirmung. Sie erlaubt die Verwendung relativ preisgünstiger Produkte – auch wenn diese jeweils keine besonders hohen Dämpfungseigenschaften aufweisen. Durch spezielle Auslöschungseffekte kommt es in Summe zu einer beachtlichen Gesamt-Transmissionsdämpfung.

In der Regel werden heute alle großflächigen HF-Abschirmungen zur Verhinderung von Potenzialverschleppungen in den Potenzialausgleich einbezogen bzw. werden diese geerdet.

## 4 Planung, Abnahmemessungen, Kontrollmessungen, Sonstiges

Die Realisierung großflächiger Abschirmungen geschieht im Umfeld von Gesetzen, Verordnungen, der Bauphysik, handwerklicher Praxis usw. Daher ist bei der Planung eine ganze Reihe von Gesichtspunkten zu berücksichtigen:

- Werden Gesetze, Verordnungen (z. B. Bauordnungen, EnEV) durch die Maßnahme berührt?
- Beeinflusst das eingesetzte Material die Bauphysik?
- Hat das einzusetzende Material eine Baustoffzulassung?

- Wie ist das einzusetzende Material bezüglich der Brandstoffklasse eingestuft?
- Werden Herstellergarantien für Systeme durch die Maßnahme berührt?
- Ist das Material aktuell auf dem Markt verfügbar?
- Gibt es Detaillösungen vom Hersteller (z. B. spezielle Bauteile für Fensterlaibungen)?
- Sind die Handwerker mit der Ausführung vertraut?

Im Rahmen der Durchführung von hochfrequenten Abschirmungen ist es je nach Größenordnung der Maßnahme sinnvoll, eine oder mehrere Kontrollmessungen während der Ausführungszeit durchzuführen.

Nach Abschluss aller Arbeiten wird eine Abnahmemessung durchgeführt. Diese dokumentiert den Reduzierungserfolg. In der Regel können dazu die Funksignale der das Objekt umgebenden Mobilfunksysteme herangezogen werden, um einen messtechnischen Vergleich zwischen Innen- und Außenimmission herzuleiten.

Alle hier aufgeführten Maßnahmen sollten von Fachleuten, die über Spezialkenntnisse, hochwertige Messgeräte, Erfahrungen mit Reduzierungsmaßnahmen und über Kenntnisse zum Personen- und Sachschutz in Elektroanlagen verfügen, geplant und begleitet werden.

## 5 Ausblick

Es bleibt abzuwarten, ob sich hier ein gleichartiger Trend wie etwa beim Schallschutz (ca. seit den 1970er Jahren) durchsetzt. Hat das Gebäude zukünftig neben den Funktionen Regen-, Wind- und Kälteschutz, Schallschutz eine weitere Funktion zu bieten? Große Hersteller bieten bereits heute eine Fülle von Produkten an. Ein Allgäuer Holzhaushersteller hat seit einigen Jahren in der »Serienausstattung« die Gebäudeabschirmung beinhaltet. Auch Wissenschaft und Forschung nehmen sich dieses Themas an:

*»Mit der Zunahme informationstechnischer drahtloser Anwendungen bei hohen Frequenzen und den damit verbundenen elektromagnetischen Einflüssen rücken Fragestellungen zu möglichen Auswirkungen über die menschliche Gesundheit in den Mittelpunkt des Interesses ... .*

*Dabei wird das Wohngebäude zunehmend als Rückzugsbereich gesehen, von dem ein ausreichender Schutz vor elektromagnetischen Belastungen erwartet wird«.* (WTA-Forschungsberichte, Band 2; Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer, Prof. Dr.-Ing. Karl Heinz Kraft [16]).

## Literaturverzeichnis

- 1 Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln vom 26. Februar, 2008 (BGBl. I S. 220), das durch Artikel 3 des Gesetzes vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2409) geändert worden ist; <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/emvbg/gesamt.pdf>
- 2 Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, [http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_26/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_26/index.html)
- 3 Becker, Robert O.: Heilkraft und Gefahren der Elektrizität: Die Chancen der Energiemedizin und die Gefahren des Elektromog. 1. Aufl. d. Sonderausg. Bern: Scherz, 1993
- 4 Hecht, Karl; Prof. für Neurophysiologie Thesen und Schlussfolgerungen zum Vortrag: Mikrowellensyndrom: Gesundheitsstörung des Menschen als Folge von schwachen EMF-Strahlungen – Lebenswissenschaftlicher Erkenntnisstand seit über 70 Jahren; Quelle: [www.hese-project.org](http://www.hese-project.org)
- 5 Schauer, Martin; Virnich, Martin: Baubiologische Elektrotechnik–Feldmesstechnik und Praxis der Feldreduzierung, de-Fachbuchreihe Elektro- und Gebäudetechnik; Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co. Fachliteratur KG Heidelberg, 2005
- 6 Schauer, Martin: Elektrische Feldstärkemessungen für den Niederfrequenzbereich in Gebäuden und an Körpern; in: de - Der Elektro- und Gebäudetechniker 1-2/2003, 78. Jahrgang, ISSN 1617-1160; S. 30-34
- 7 Schauer, Martin: Magnetfeldemissionen von Freileitungs-Hausanschlüssen; in: »Energieversorgung & Mobilfunk«, Tagungsband der 6. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen VDB e.V., 23.-24. März 2007 in Fürth; Im Verlag des ANBUS e.V. Fürth, 2005, ISBN 978-3-9810359-4-0; S. 27-41
- 8 WHO – Weltgesundheitsorganisation, Regionalbüro für Europa; Bundeskanzleramt Österreich; Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr: Fakten über elektromagnetische Felder; S. 9; ursprüngliche englische Fassung für das WHO-Regionalbüro für Europa 1999 unter dem Titel »Electromagnetic fields«, Nr. 32 der Informationsbroschüren für kommunale Behörden.
- 9 TCO-Richtlinien für strahlungsarme Computermonitore, Faxgeräte, Kopierer und PC-Drucker, TCO (Tjänstemännens Central Organisation); Offizielle Homepage: <http://www.tcodevelopment.com/>
- 10 NCRP Scientific Committee 89-3: Draft Report of NCRP Scientific Committee 89-3 on extremely low frequency electric and magnetic fields, June 13, 1995
- 11 NISV: Schweizer Verordnung über den Schutz nichtionisierter Strahlung vom 23.12. 1999; Quelle: <http://www.bafu.admin.ch/elektromog/index.html?lang=de>
- 12 STOA: Die physiologischen und umweltrelevanten Auswirkungen nicht ionisierender elektromagnetischer Strahlung; Options Brief und Zusammenfassung PE Nr. 297.574 vom März 2001, Europäisches Parlament, Generaldirektion Wissenschafts-Direktion A, STOA – Bewertung Wissenschaftlicher Technologie Optionen; Quelle: [http://www.nextup.org/pdf/00-07-03sum\\_de.pdf](http://www.nextup.org/pdf/00-07-03sum_de.pdf)
- 13 Schauer, M.; Pape, G.: Funk-Management für feldarme Elektroinstallation; in: Elektrobörse 04/2004
- 14 Schauer, Martin: Veraltete Energieverteilungssysteme in der Diskussion – Prinzipbedingte Fehlströme und Magnetfelder in TN-C- und TN-C-S-Systemen; in: Energieversorgung & Mobilfunk, Tagungsband der 5. EMV-Tagung des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen VDB e.V., 22.-23. März 2006 / Stuttgart; Im Verlag des ANBUS e.V. Fürth, 2005, ISBN 3-9810359-1-7
- 15 Schauer, M: Holzhäuser effizient abschirmen; in: Elektromog – Bauliche Schutzmaßnahmen, Fraunhofer IRB Verlag, 2007, ISBN 978-8167-7456-3
- 16 Leimer, H.-P.; Kraft K. H.; Beiträge zur Minimierung von elektromagnetischen Belastungen in Wohngebäuden in: WTA-Forschungsberichte, Band 2; Fraunhofer IRB Verlag 2008, ISBN 978-3-8167-7587-4
- 17 Schauer, Martin: Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder; in: Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden, Gesamtverband der Schadstoffsanierung GbR (Hrsg.); Seite 319-332, Rudolf Müller Verlag; ISBN 978-3-481-02501-4

### Kontakt/Information

Martin Schauer

Von der Handwerkskammer für Unterfranken öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger im Elektrotechniker-Handwerk und für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder

Gertrud-von-le-Fort-Str. 8  
97074 Würzburg  
Tel.: 0931/702880  
E-Mail: [sv-schauer.de](mailto:sv-schauer.de)  
[www.sv-schauer.de](http://www.sv-schauer.de)