Schirmung von Anlagen durch Gebäudekomponenten

K.-P. Müller, Neumarkt/Obpf.; *E. U. Landers*, München

Die durch Blitzeinschlag verursachte magnetische Feldstärke ist in einem Gebäude zu bestimmen. Unter Beachtung der Störfestigkeit der Geräte muss dann entschieden werden, ob die Einrichtung EMV-verträglich ist. Sind die elektromagnetischen Feldeinwirkungen auf Geräte zu hoch, müssen Schirmungsmaßnahmen durchgeführt werden. Im Beitrag wird auch ein in der Praxis leicht umsetzbarer Weg aufgezeigt.

1 Elektromagnetische Verträglichkeit

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist heute eine wesentliche Eigenschaft eines Geräts. Unter Gerät wird nach der Definition im EMV-Gesetz (EMVG) [1] auch ein System, eine Anlage oder ein Netz verstanden. Das heißt, die Erfüllung des im EMVG geforderten Schutzziels der EMV ist ein zu realisierendes Produktmerkmal. Somit muss ein Gerät – im weitesten Sinne fällt darunter auch ein Bürogebäude oder eine Kläranlage – immun sein gegen elektromagnetische Beeinflussungen.

Durch Spannungs- und Stromänderungen wird innerhalb eines elektrischen Geräts elektromagnetische Störenergie erzeugt. Diese kann im Inneren des Systems selbst hervorgerufen werden, z. B. durch Schaltüberspannungen, oder äußere Einwirkung, z. B. direkte oder nahe Blitzeinschläge. Die härteste elektromagnetische Beanspruchung für ein Gerät ist der direkte Blitzeinschlag in eine Anlage mit einer Stromamplitude von bis zu 100 kA. Aber auch durch nahe Blitzeinschläge in einem Abstand von einigen 10 bis zu einigen 100 m wird ein so kritisches elektromagnetisches Feld erzeugt, dass in einer ungeschützten Anlage elektronische Systeme und Geräte noch gestört oder zerstört werden können.

2 EMV-Maßnahmen

Blitzschutz. Einen Schutz, sowohl gegen die Wirkung von Blitzströmen als auch gegen Blitzfelder, bietet das Blitz-Schutzzonen-Konzept (BSZK) [2]. Das zu schützende Objekt wird dabei in Blitz-Schutz-Zonen (BSZ) unterteilt. An den Zonengrenzen werden die leitungsgebundenen Störungen durch Potentialausgleich und Beschaltung und die feldgebundenen Störungen durch Schirmung von außen nach innen stufenweise reduziert. Das Maß der Reduzierung richtet sich nach der Störfestigkeit der zu schützenden Geräte. Ein technisch und wirtschaftlich ausgewogenes Schutzkonzept optimiert den Aufwand für die Blitzschutzmaßnahmen bezüglich den Anforderungen an die Geräte. Seine Erstellung und Überwachung erfordert einen erfahrenen Blitzschutzexperten in Sachen EMV.

Störstrahlung. Neben der traditionellen Aufgabe der EMV, leitungs- und feldgebundene Störungen in der zu schützenden Anlage zu reduzieren, kommt bei Anlagen wie Banken und militärischen Objekten der Schutz gegen kompromittierende Störstrahlung hinzu. Mit der immer schneller werdenden Übertragung von digitalen Daten steigt die Gefahr des Abhörens von außen. Mit entsprechenden sensiblen Empfangseinrichtungen lassen sich Dateninformationen, z. B. aus einem ungeschützten Rechenzentrum, über weite Strecken abhören (wirtschaftliche Bedrohung eines Unternehmens).

Um die elektromagnetische Feldeinwirkung auf Geräte ausreichend zu reduzieren, ist es oft notwendig, die Geräte in schirmende Gehäuse oder Gebäude/Räume „einzukapseln". Das heißt, es ist die Errichtung eines Faraday-Käfigs mit ausreichender Schirmwirkung zu realisieren. Dabei ist darauf zu achten, dass nur natürliche, am Objekt vorhandene oder nachrüstbare Metallkomponenten verwendet werden. Voraussetzung ist, dass diese käfigartig in Wänden, Böden und Decken zusammengeschlossen werden.

Das Maß für die notwendige Feldreduzierung ergibt sich aus der Differenz zwischen

- primärer Störgröße, z. B. erzeugte Felder als Folge des direkten oder nahen Blitzeinschlags, und
- Störfestigkeit der Geräte gegen Magnetfelder nach DIN EN 61 000 Teil 4-9/IEC 1000-4-9 und DIN EN 61 000 Teil 4-10/IEC 1000-4-10 [3][4].

Der notwendige Störabstand muss durch die Schirmungsmaßnahmen realisiert werden.

Autoren

Dipl.-Ing.(FH) *Klaus-Peter Müller*, DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG., Neumarkt/OPf.; Dr.-Ing. *Ernst Ulrich Landers*, Universität der Bundeswehr, München.

3 Prüfung der Störfestigkeit der Geräte gegen Magnetfelder

Zweck der Normen [3][4] ist es, eine einheitliche und reproduzierbare Grundlage zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit elektrischer und elektronischer Einrichtungen im Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich und für industrielle Anwendungen zu schaffen, wenn sie Magnetfeldern ausgesetzt werden. Die Prüfungen sind so ausgelegt, die Störfestigkeit elektrischer Einrichtungen gegen Magnetfelder nachzuweisen, wie sie in der Umgebung des Aufstellungsortes und bei den gegebenen Installationsbedingungen (z. B. unmittelbare Nähe zur Störquelle) auftreten.

Das für die Prüfung erforderliche Magnetfeld entsteht durch einen Strom in einer Induktionsspule. Der Prüfling wird dem Magnetfeld durch Anwendung des Prüfverfahrens „Beeinflussung durch Rahmen" ausgesetzt.

Impulsförmige Magnetfelder. Die Störfestigkeit von elektrischen Einrichtungen unter Betriebsbedingungen gegen impulsförmige Magnetfelder, wie sie durch das magnetische Feld des ersten Teilblitzes (H_f) entstehen, werden nach [3] beurteilt. Als Prüfgenerator wird ein Impulsgenerator (Einzelimpulse) verwendet. Ein in der Norm beschriebener Impulsgenerator, z. B. der Hybridgenerator, kann verwendet werden. Die angegebene Kurvenform 6,4/16 µs hat Bezug zu dem 8/20 µs-Impuls. Als Ersatzfrequenz wird 25 kHz angenommen.

Gedämpft schwingende Magnetfelder. Die Beurteilung der Störfestigkeit von elektrischen Einrichtungen unter Betriebsbedingungen gegen gedämpft schwingende Magnetfelder, wie sie bei einem Magnetfeld des Folgeblitzes (H_s) auftreten, erfolgt nach [4]. Als Ersatzfrequenz wird 1 MHz angenommen. Verwendet wird ein Prüfgenerator, der eine gedämpft schwingende Entladung mit 1 MHz erzeugt. Der Prüfling wird dem Feld mindestens 2 s lang ausgesetzt.

Die Prüfschärfegrade sind entsprechend Tafel 1 spezifiziert. Die Auswahl der Prüf-

Tafel 1 Prüfschärfegrade [3][4]

Prüfschärfegrad	Magnetische Feldstärke in A/m (Spitzenwert)	
	impulsförmiges Feld	gedämpft schwingendes Feld
1	nicht anwendbar	nicht anwendbar
2	nicht anwendbar	nicht anwendbar
3	100	10
4	300	30
5	1000	100
X[1)]	spezial	spezial

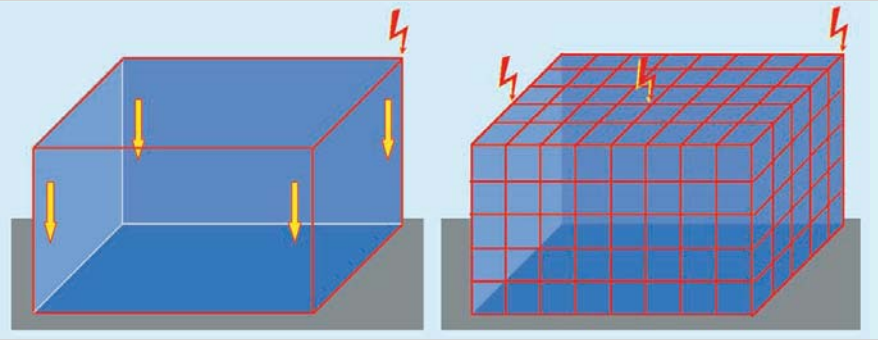
[1)] „X" ist offen. Dieser Prüfschärfegrad kann in der Produktspezifikation angegeben werden.

Tafel ❷ Beschreibung der Prüfschärfegrade nach [3]: Impulsförmige Magnetfelder

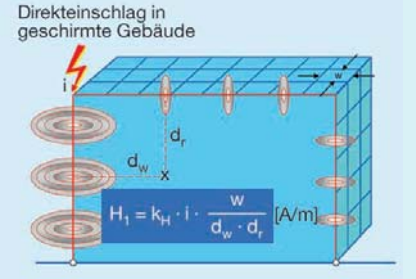
Klasse	Bereich	Maximale Feldstärke
1	Störempfindliche Geräte Einrichtungen geringer Störfestigkeit, z. B. Monitore, Elektromikroskope	keine Prüfung
2	Gut geschützte Umgebung Kein Einfluss von Blitz und Transienten, z. B. Wohnung, Büro, geschützte Bereiche	keine Prüfung
3	Geschützte Umgebung Einfluss von Blitzschutzeinrichtungen und metallenen Strukturen in der Nähe, z. B. Gewerbe- und Geschäftsbereiche, Computerräume	100 A/m
4	Typische Industrieumgebung Umgebung von Blitzschutzeinrichtungen und metallenen Strukturen, z. B. Schwerindustrie, Stromversorgung, Leitwarten von HS-Anlagen	300 A/m
5	Umgebung mit sehr viel Industrie Voller Blitzstrom, Netzstrom einige 10 kA, z. B. Schaltfelder (Mittel-/Hochspannung)	1000 A/m
X	Besondere Bedingungen	spezial

Tafel ❸ Beschreibung der Prüfschärfegrade nach [4]: gedämpft schwingende Magnetfelder

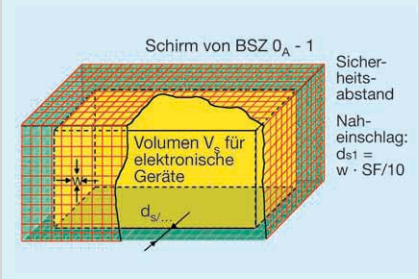
Klasse	Bereich	Maximale Feldstärke
1	Störempfindliche Geräte Einrichtungen geringer Störfestigkeit, z. B. Monitore, Elektromikroskope	keine Prüfung
2	Gut geschützte Umgebung Kein Einfluss von Schaltvorgängen, z. B. gut geschützte Industriebereiche	keine Prüfung
3	Geschützte Umgebung Schaltvorgänge einige 100 m entfernt, z. B. Computerräume in Schaltanlagen	10 A/m
4	Typische Industrieumgebung Schaltvorgänge einige 10 m entfernt, z. B, Anlagen der Schwerindustrie und Stromversorgung	30 A/m
5	Umgebung mit sehr viel Industrie Schaltvorgänge und elektrische Einrichtungen mit hoher Leistung in unmittelbarer Nähe, z. B. Schaltfelder von Anlagen der Schwerindustrie und Stromversorgung	100 A/m
X	Besondere Bedingungen	spezial



❶ Reduzierung des Magnetfelds durch Gitterschirme
a) hohe Feldstärke, große magnetische Felder/Induktionsspannungen in der Nähe der Ableitung
b) kleinere Teilströme, kleinere magnetische Felder/Induktionsspannungen im Gebäude



❷ Magnetfeld bei direktem Blitzeinschlag (LEMP)

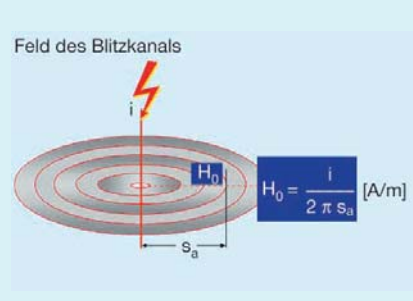


❸ Volumen für elektronische Geräte innerhalb der Blitz-Schutzzone 1

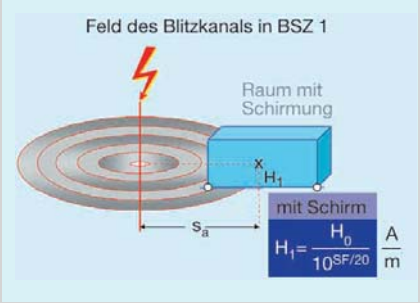
schärfegrade wird in den Tafeln ❷ und ❸ erläutert, die jeweils den Anhängen C der Normen [3][4] entnommen wurden.
Die magnetische Feldstärke in ungeschirmten Anlagen kann leicht in der Größenordnung von einigen 100 A/m liegen. In unmittelbarer Nähe von Ableitungen des äußeren Blitzschutzsystems oder von metallischen Strukturen, die von entsprechenden transienten Strömen durchflossen werden, sind Spitzenwerte bis zu einigen kA/m möglich.

4 Berechnung der magnetischen Schirmdämpfung

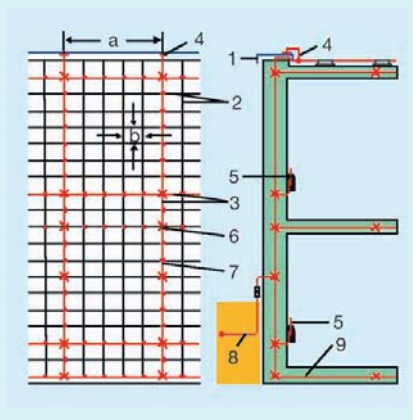
Die vorrangige elektromagnetische Störquelle für Geräte in einem Objekt ist der Blitzstrom und das daraus sich ergebende magnetische Feld. Im Bild ❶ ist die prinzipielle Wirkungsweise von Gitterstrukturen dargestellt. Die Berechnungsgrundlagen wurden erstmalig im Entwurf DIN IEC 81/105A/CDV(VDE 0185 Teil 104) [5] veröffentlicht. Damit kann in erster Näherung die komplexe Verteilung des magnetischen Feldes innerhalb von gitterförmigen Schirmen abgeschätzt werden. Die Formeln für die Bestimmung des magnetischen Feldes basieren auf numerischen Berechnungen des magnetischen Feldes. Bei der Berechnung wurde die magnetische Feldkopplung jedes Stabes des gitterförmigen Schirmes mit allen anderen Stäben einschließlich des simulierten Blitzkanals berücksichtigt.
Für die Betrachtung, ob die Wirkung des magnetischen Feldes des ersten Teilblitzes oder des Folgeblitzes für die zu schützende elektrische Einrichtung die kritischere Störgröße ist, müssen die Berechnungen mit dem Maximalwert des Stroms des ersten Teilblitzes ($i_{f/max}$) und dem Maximalwert des Stroms der Folgeblitze ($i_{s/max}$) entsprechend der gewählten Blitz-Schutzklasse durchgeführt werden.
Die Schirmwirkung von gitterförmigen Schirmen bei direkten Blitzeinschlägen kann durch die im Bild ❷ dargestellte Formel berechnet werden. Dieser Betrachtung liegt zugrunde, dass die Blitzstromeinkopplung an einer beliebigen Stelle des Daches stattfindet.
Die berechneten Werte für das magnetische Feld gelten für das Sicherheitsvolumen V_s innerhalb von gitterförmigen Schirmen, die durch den Sicherheitsabstand $d_{s/2}$ definiert sind.
Durch dieses Sicherheitsvolumen wird berücksichtigt, dass die magnetische Feldstärke unmittelbar an der Gitterstruktur Maximalwerte erreicht, die in der Näherungsformel nicht berücksichtigt sind. Informationstechnische Geräte dürfen deshalb nur innerhalb des Volumens V_s installiert werden (Bild ❸). Die Schirmwirkung von gitterförmigen Schirmen bei nahen



❹ **Magnetfeld bei nahem Blitzeinschlag ohne Schirmung**



❺ **Magnetfeld bei nahem Blitzeinschlag mit Schirmungsmaßnahmen**



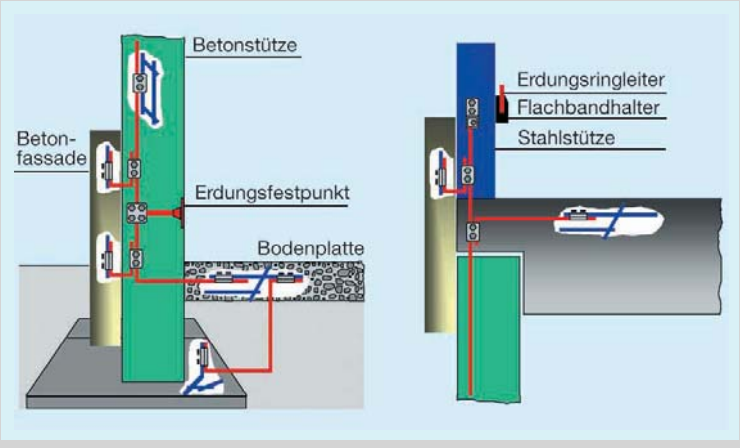
❻ **Verwendung der Armierungsstäbe einer baulichen Anlage zur Schirmung und zum Potentialausgleich**
1 metallene Abdeckung der Attika; 2 Stahl-Armierungsstäbe; 3 vermaschte Leiter (der Armierung überlagert); 4 Anschluss der Fangeinrichtung; 5 innere Potentialausgleichs-Schiene; 6 stromtragfähige Verbindung; 7 Verbindung, z. B. Rödelverbindung; 8 Ringerder (falls vorhanden); 9 Fundamenterder
(typische Maße: a ≤ 5 m, b ≤ 1 m



❼ **Anordnung von Baustahlmatten auf einem begrünten Dach**

Tafel ❹ Magnetische Dämpfung durch Gitter bei Naheinschlag

Material	SF in dB 25 kHz	1 MHz
Cu Alu	20·lg (8,5/w)	20·lg (8,5/w)
Stahl	$20 \cdot \lg \frac{(8,5/w)}{1 + 18 \cdot 10^{-6}/r^2}$	20·lg (8,5/w)
Beispiel: Dämpfung durch ein Stahl-Gitter		
w in m	r in m	dB bei 25 kHz / 1 MHz
0,012	0,001	44 / 57
0,1	0,006	37 / 39
0,2	0,009	32 / 33
0,4	0,0125	26 / 27



❽ **Gebäude-schirmung**

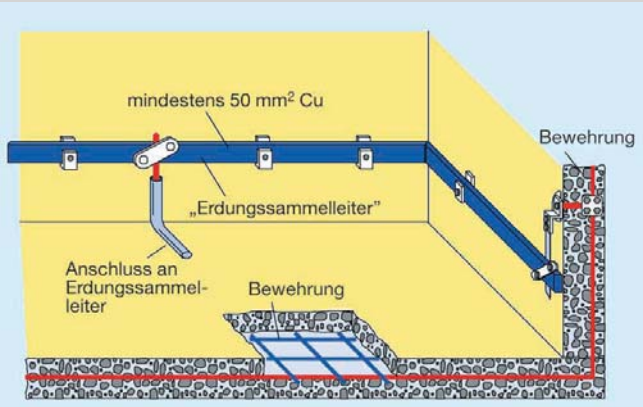
Blitzeinwirkungen wird durch die Bilder ❹ und ❺ näher erläutert. Bild ❹ zeigt die Ausbildung des magnetischen Feldes eines Blitzes, dessen Amplitude mit dem Abstand s_a vom Blitzkanal abnimmt. Beim Auftreffen auf das Objekt wird ein näherungsweise ebenes Feld angenommen, das innerhalb des geschützten Volumens durch die Schirmung (Schirmfaktor SF) vom ursprünglichen Wert H_0 auf den Wert H_1 reduziert wird.
Der Schirmfaktor SF der magnetischen Dämpfung von gitterförmigen Schirmen lässt sich für den ersten Teilblitz (25 kHz) und für die Folgeblitze (1 MHz) nach Tafel ❹ in Dezibel (dB) berechnen. Berücksichtigt sind die Werkstoffe Kupfer, Aluminium und Stahl, wobei beim Stahl auch der Stabradius in die Berechnung eingeht.
Auch bei dieser Berechnung gelten die Ergebnisse für das magnetische Feld für ein Sicherheitsvolumen V_s (Bild ❸) innerhalb der Blitz-Schutzzone mit einem Sicherheitsabstand $d_{s/1}$ von der Schirmung.
Der Sicherheitsabstand ergibt sich zu:

$$d_{s/1} = w \cdot SF/10 \ (m) \qquad (1)$$

w entspricht der Maschenweite des gitterförmigen Schirmes in Metern.

5 Realisierung der magnetischen Schirmdämpfung

Besonders wichtig zur Abschirmung magnetischer Felder, d. h. für die Errichtung von Blitz-Schutzzonen, sind bauseits vorhandene, ausgedehnte metallene Komponenten, z. B. Metalldächer und -fassaden, Stahlarmierungen in Beton, Streckmetalle in Wänden, Gitter, metallene Tragkonstruktionen und Rohrsysteme. Durch den vermaschten Zusammenschluss entsteht eine effektive elektromagnetische Schirmung [6].
Bild ❻ zeigt im Prinzip, wie eine Stahlarmierung zu einem elektromagnetischen Käfig (gitterförmiger Schirm) ausgebildet werden kann. In der Praxis wird es jedoch bei großen baulichen Anlagen nicht möglich sein, jeden Knotenpunkt zu verschweißen oder zusammen zu klemmen.
In der Praxis ist es üblich, in die Armierung ein vermaschtes Leitersystem einzulegen mit einem typischen Maß a ≤ 5 m. Dieses Maschennetz ist an den Kreuzungspunkten elektrisch sicher zu verbinden, z. B. durch Klemmen. Mit diesem Maschennetz wird die Armierung in einem Abstand von typisch b ≤ 1 m elektrisch verbunden. Dies geschieht bauseits z. B. durch Rödelverbindungen.
Baustahlmatten im Beton (sog. Betonstahl-Lagermatten) sind für Abschirmzwecke geeignet. Bei der Nachrüstung bestehender Anlagen können derartige Baustahlmatten auch nachträglich außen verlegt werden. Für diese Ausführungsform ist es notwen-



❾ Erdungssammelleiter



❿ Geschirmtes Fenster

Tafel ❺ Ergebnisse von Dämpfungsmessungen an geschirmten Fenstern

Frequenz	magnetische Schirmdämpfung[1)]
30 kHz	20 dB
100 kHz	30 dB
1 MHz	40 dB

[1)] Werte abhängig von der Maschenweite

dig, die Baustahlmatten aus Korrosionsschutzgründen zu verzinken. Diese verzinkten Baustahlmatten werden dann z. B. auf Dächern überlappend aufgelegt oder für die Gebäudeschirmung an der Außenwand außen oder innen aufgebracht [7]. Bild ❼ zeigt die nachträgliche Installation von verzinkten Baustahlmatten [8].

Zum Überbrücken von Dehnungsfugen, zum Anschluss der Armierung von Betonfertigteilen und für Anschlüsse an die außenliegende Erdungsanlage oder das innenliegende Potentialausgleichsystem ist es notwendig, bereits bauseits eine ausreichende Anzahl von Erdungsfestpunkten vorzusehen. Bild ❽ zeigt eine derartige Installation, die in der Rohbauplanung berücksichtigt werden muss.

Das magnetische Feld innerhalb der baulichen Anlage wird über einen breiten Frequenzbereich durch Reduktionsschleifen verringert, die durch das vermaschte Potentialausgleich-Netzwerk entstehen. Typische Maschenweiten sind ≤ 5 m [5]. Durch die vielfache Verbindung aller metallenen Komponenten – innerhalb und auch auf den baulichen Anlagen – erreicht man so ein dreidimensionales, vermaschtes Potentialausgleich-Netzwerk. Bild ❾ zeigt ein derartiges vermaschtes Potentialausgleich-Netzwerk mit den entsprechenden Anschlüssen.

Durch die Installation eines derartigen Potentialausgleich-Netzwerks in den Blitz-Schutzzonen wird erreicht, dass das magnetische Feld, welches entsprechend den oben angegebenen Formeln berechnet wurde, typisch um einen Faktor 2 (entsprechend 6 dB) weiter reduziert wird.

6 Fensterscheiben mit Schirmungseigenschaften

Eine besondere Problematik ist die Integration von Fenstern in das Blitz-Schutzzonen-Konzept. Ein solches Fenster muss nachfolgenden verschiedenartigen Anforderungen genügen:

Architektonisch. Im Außenbereich ist das Fenster ein Gestaltungselement der Fassade und muss auch der entsprechenden Wärmeschutzverordnung genügen. Abhängig von der Raumnutzung ist die Frage der Lichtdurchlässigkeit zu beachten.

Sicherheitstechnisch. Bei sicherheitsrelevanten Bauten (Rechenzentren, Banken) muss das Fenster einbruch- oder gar schusshemmend gemäß der entsprechenden Sicherheitsanforderung sein.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Der dritte und hier besonders interessierende Aspekt ist, inwieweit ein entsprechend ausgerüstetes Fenster in der Lage ist, einen dahinter liegenden Raum gegen magnetische Felder von Blitzeinschlägen und von blitzstromdurchflossenen Strukturen zu schützen.

Die Firma Dehn hat gemeinsam mit dem Institut der Universität der Bundeswehr München Messungen der magnetischen Schirmdämpfung durchgeführt, um Anforderungen und Spezifikationen zu erstellen. Die Prüfanordnung entsprach dem MIL-Standard (MIL-STD) 285 [9] für „Nahfeld"-Untersuchungen. Bei Berechnungen nach E DIN VDE 0185 Teil 104 [5] „Fernfeld" liegen die Spezifikationen um etwa 20 dB höher.

Verwendet wurden Metallgitterstrukturen, die im Knoten der Gitterstruktur elektrisch leitend verbunden waren. Die in der Tafel ❺ dargestellten Werte der magnetischen Schirmdämpfung wurden erreicht.

Bild ❿ zeigt eine Fensterscheibe mit eingelegtem Metallgitter, welches in einem speziellen Herstellungsprozess unter Verwendung eines Zwischenlagenmaterials zwischen zwei Scheiben integriert wird. Die geschirmte Fensterscheibe in den üblichen Fenstergrößen wird entsprechend des gesamten Anforderungsprofils in einem Metallrahmen gefasst, welcher bauseits einerseits mit der baulichen Anlage und andererseits mit der Gebäude-/Raumschirmung verbunden werden muss.

Diese vorgestellte mögliche Lösung gilt es, in der Praxis zu erproben.

Literatur

[1] Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG): 1998-18/09. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1998, Teil I, Nr. 64, ausgegeben zu Bonn 24.09.1998.

[2] *Hasse, P.; Wiesinger, J.:* EMV Blitz-Schutzzonen-Konzept. München: Pflaum-Verlag; Berlin; Offenbach: VDE-Verlag GmbH, 1994.

[3] DIN EN 61000 Teil 4-9 (VDE 0847 Teil 9): 1994-05: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Teil 4: Prüf- und Messverfahren. Hauptabschnitt 9: Prüfung der Störfestigkeit gegen impulsförmige Magnetfelder – EMV-Grundnorm. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH.

[4] DIN EN 61000 Teil 4-10 (VDE 0847 Teil 10): 1994-05: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV); Teil 4: Prüf- und Messverfahren. Hauptabschnitt 10: Prüfung der Störfestigkeit gegen gedämpft schwingende Magnetfelder – EMV-Grundnorm. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH.

[5] E DIN IEC 81/105A/CDV (VDE 0185 Teil 104):1998-09: Schutz gegen elektromagnetischen Blitzimpuls (LEMP). Teil 2: Schirmung von baulichen Anlagen, Potentialausgleich innerhalb von baulichen Anlagen und Erdung. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH.

[6] *Hasse, P.:* Überspannungsschutz von Niederspannungsanlagen. Betrieb elektronischer Geräte auch bei direkten Blitzeinschlägen. Köln: TÜV-Verlag GmbH, 1998.

[7] *Müller, K.P.:* Wirksamkeit von Gitterschirmen, zum Beispiel Baustahlgewebematten, zur Dämpfung des elektromagnetischen Feldes. 2. VDE/ABB-Blitzschutztagung, 6./7.11.1997, Neu-Ulm: Neue Blitzschutznormen in der Praxis. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH.

[8] *Wetzel, G.R.; Müller, K.P.:* EMV-Blitzschutz. VDE/ABB-Blitzschutztagung, 29.02/01.03. 1996, Kassel: Blitzschutz für Gebäude und elektrische Anlagen. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH.

[9] MIL-STD-285:1956-25 June: Military Standard. Attenuation Measurements for enclosures, electromagnetic Shielding, for electronic Test purposes, method of Unitead States Government Printing Office, Washington, 1956.