

Herausforderung Dresdner Frauenkirche (2)

B. Zeiler, Pesterwitz

Der zweite Beitragsteil über die elektrotechnischen Herausforderungen beim Wiederaufbau der Dresdner Frauenkirche befasst sich mit der realisierten Kommunikationstechnik, der Repräsentativbeleuchtung, dem Blitzschutz und den Beschallungsanlagen.

1 Stromversorgung Medientechnik

Die Erfahrungen aus den während der Bauzeit in der Kirche durchgeführten Veranstaltungen, die über Rundfunk und Fernsehen übertragen wurden, machte es sich erforderlich, bezüglich der Einführung der flexiblen Leitungstrassen in die Kirche und zur optimalen Stromversorgung der jeweils anzuordnenden Medien-Gerätetechnik umfangreiche Zusatzmaßnahmen definitiv vorzusehen. Für die Einführung der flexiblen Leitungen wurden am Eingang A vier Bohrungen Ø 200 mm zum Kirchenvorraum hergestellt. Diese sind im Normalfall mittels Dichtungen und Tür beidseitig verschlossen. Bei Nutzung können sie problemlos geöffnet werden und die notwendigen Leitungen zum Kirchraum geführt sowie außen mittels Gummischläuchen gegen das Eindringen von Kleintieren sowie als Witterschutz gesichert werden. Weiterführende Öffnungen im Inneren werden mit Brandschutzkissen abgedichtet.

Für die Stromversorgung können ableitend aus der Dimensionierung der Abnehmertrafostation ca. 300 kW zur Verfügung gestellt werden. Dafür wurde im Außenbauwerk Ost (Bild 1) – direkt von der NS-Hauptverteilung gespeist – eine zusätzliche NS-Schaltanlage mit Wandlerzählung montiert. Über ein Futterrohr mit Ø 300 mm, das vom Außenbauwerk Ost direkt nach oben zum Vorplatz der Frauenkirche geführt wurde, können bei Bedarf entsprechende Kabel zur Übertragung o. g. Leistung nach außen geführt werden. Dieses Rohr ist im Normalfall oben und unten abgedichtet und oben im Fußboden unter einem Gullideckel abgedeckt. Bei Nutzung wird ein eigens dafür entwickelter Aufsatz nach Entfernung des Gullideckels und der Rohrabdichtungen

auf dieses Rohr mittels angebauter Trichterführung gesetzt. Dieser Aufsatz ist wetterfest und stabil und seitlich mit klappbaren Öffnungen zur Herausführung der Zuleitungskabel versehen. Darüber hinaus können zusätzlich an den freien Seiten noch vorgefertigte Steckdosenkästen operativ montiert werden. Der Aufsatz, die Vorrichtung zum Heben des Gullideckels und die 2 Steckdosenkästen einschließlich der dazugehörigen Einspeisekabel werden an einem gekennzeichneten Ort im Außenbauwerk eingelagert.

2 Kommunikationstechnik

Zu diesem Teillos gehören:

- Antennenanlage
- Brandmeldeanlage
- Rauch- und Wärmeabzugsanlage (RWA-Anlage)
- Telefonanlage
- Datenanlage
- Personenzählanlage
- Videoanlage
- Feststellanlagen.

2.1 Antennenanlage

Im Außenbauwerk Ost ist der Kabelanschluss für Breitbandkommunikation (Bk-Üp) installiert. Antennenanschlüsse wurden nur im Be-

reich Betstübengeschoss-Tonregie und Dolmetscherkabinen vorgesehen. Die Verkabelung erfolgte in Sammeltrassen und als Einzelverlegung in Schutzrohren. Für die örtlichen Anschlüsse wurden Steckdosen vorgesehen.

2.2 Brandmeldeanlage mit Rauchansaugsystem

Grundlage der Konzeption der Brandmeldeanlage (BMA) waren

- Brandschutzkonzeption zur Gesamtkirche
- mehrfache Abstimmungen mit
 - der Feuerwehr
 - der Bauaufsichtsbehörde
 - dem TÜV
 - der Denkmalspflege.

Grundsatzfestlegungen waren:

- Standort Brandmeldezentrale (BMZ) im Außenbauwerk Ost
- Feuerwehrgang am Eingang G und damit in diesem Bereich angeordnet

außen:

- Feuerwehrschränkelkasten
- Blitzleuchte
- Feuerwehreinzelstelelement.

innen:

- Feuerwehrbedienfeld
- Laufkarten
- ext. Bedienfeld für BMZ am Eingang G.

Zur Brandmeldeüberwachung wurden eingesetzt:

- optische Rauchmelder
 - in Doppelböden
 - in Schächten
 - an Unterdecken
 - in Unterdecken
 - an Rohdecke
- Thermodifferentialmelder vorwiegend in Technikräumen
- Kanalrauchmelder
- Linienförmige Rauchmelder
- Handmelder
- Rauchansaugsysteme mit entsprechenden Auswerteinheiten.

Die Verkabelung erfolgte im Wesentlichen in Schleifen. Eine USV stützt zusätzlich die Aus-

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Bernd Zeiler, Ing.-Büro Zeiler, Pesterwitz, leitender Fachplaner und Bauleiter Elektrotechnik beim Wiederaufbau der Dresdner Frauenkirche.

Zuarbeit zum Teillos 6 (Repräsentativbeleuchtung): Ing.-Büro W. Bamberger, Pfünz; Zuarbeit zum Teillos 8 (Elektroakustik): Dipl.-Ing. Frank Donath, Fa. Strässer Medien- und Kommunikationssysteme, Stuttgart.

**1 Frauenkirche
Dresden – Ost-
ansicht mit inte-
griertem Bestand
des Chores**



werteinheiten der Rauchansaugsysteme. Zur Signalisierung sind in allen Bereichen der Kirche, der Außenbauwerke und der Unterkirche Sirenen vorgesehen. Zusätzlich erfolgte die Alarmaufschaltung auf die ELA-Anlage (Bereich Unterkirche und Oberkirche). Die RWA-Zentralen in der Unter- und Oberkirche wurden auf die BMZ aufgeschaltet. Gleichfalls wurde für den Aufzug die Brandfallsteuerung installiert. Die notwendigen Feststellanlagen sind ebenfalls an der BMA angeschlossen.

Eine EIB-Koppelung stellt die Meldungen zur Leitzentrale her. Die Einspeisung der BMZ erfolgt aus dem Sicherheitsnetz.

Im Außenbauwerk wurde in Verbindung mit der BMZ – gestützt über eigene Dect-Antennen – das BOS-System für die Feuerwehr installiert. In der Übergangszeit übernahm in Abstimmung mit der Feuerwehr eine Überwachungs-firma die Signalisation.

2.3 RWA-Anlage

Für die Entrauchung in der Unterkirche und den Außenbauwerken wurde im Außenbauwerk Ost eine RWA-Zentrale vorgesehen und für die Oberkirche insgesamt 4 RWA-Zentralen installiert. Sie befinden sich in dem Bereich des Rundganges bei A, C, E, G jeweils in entsprechenden Räumen. Die Einspeisung jeder RWA-Zentrale erfolgt im Stich über eine Zuleitung (E90) von der Sicherheitshauptverteilung D1 im Außenbauwerk, die Betätigung über BMZ-Aufschaltung und dezentrale Handtaster. Die Sicherheitsfunktion wurde durch je 2 Wind- und Regenwächter auf dem Laternen-dach mit Aufschaltung auf jede RWA-Zentrale gewährleistet. Bus-Ankoppler übertragen alle Meldungen zur Leitzentrale.

Im Bereich der Oberkirche wurden insgesamt 7 Gruppen vorgesehen. Zu diesen gehören entsprechend zugeordnet:

- Hauptfenster in Emporen
- Treppenhausegiebelfenster
- Schallläden (teilweise) bei A und G
- große Gaupenfenster
- kleine Gaupenfenster
- Rauchabzugsluke im Bereich Laternenplattform.

Ein Teil der Fenster kann auch über Bus-Ankoppler, von der Leitzentrale betätigt, zur Lüftung benutzt werden. An den Fenstern gewährleisten die eingesetzten Tandembau-steine die gleichzeitige Schaltung der 2 Antriebe und damit den mechanischen Schutz gegen Fensterelementverwindungen.

Am Zugang G wurde für alle 7 Gruppen ein Tableau vorgesehen. Die gesamte Installation erfolgte im Funktionserhalt E90.

2.4 Telefonanlage

Der Standort des Telefonhauptverteilers und Anschluss an das Netz der Telekom ist im Außenbauwerk Ost vorgesehen. Von diesem Hauptverteiler erfolgt die Einspeisung der 4 dezentral angeordneten Telefonverteiler, die jeweils im unteren Teil des Datenschrankes vorgesehen sind, über Kupferverkabelung.

Die Telefonanlage wird über in der Kirche verteilte Dect-Sender betrieben. Entsprechend der Notwendigkeit wurden in den einzelnen Bereichen und Räumen Telefonsteckdosen installiert. Die Leitungsverlegung erfolgte in den Trassen der E-Technik. Behindertennotrufe sind von den Behinderten-WC und Treppenhäusern bei A und G auf das Telefonnetz aufgeschaltet.

Für den Bereich Wendelrampe, Laternenzugang und Laternenplattform wurde ein Notruf installiert, der auf die Leitzentrale aufgeschaltet ist. Bei den Besuchergarderoben gibt es jeweils ein öffentliches Telefon.

2.5 Datenanlage

Im Außenbauwerk Ost wurde der zentrale Datenschrank vorgesehen. Von diesem erfolgt jeweils über 2 LWL-Kabel die Speisung von 4 dezentralen Datenschrankes sowie des Datenschrankes in der Leitzentrale. Datendosen (Cat. 6) wurden im Bereich der Außenbauwerke und der Oberkirche den Anforderungen des Bauherrn entsprechend installiert. Zur Leitungsverlegung dienten die Trassen der E-Technik.

2.6 Personenzählanlage

Zur Sicherheit und Kontrolle des Aufstieges zur Laternenplattform war die Anordnung einer Personenzählanlage notwendig. Nach umfangreichen Voruntersuchungen und Beprobungen kam eine Laser-Anlage zum Einsatz. Sie arbeitet nach Anfangsproben nunmehr zuverlässig. Die Zentrale ist als Mini-Tower im Datenschrank der Leitwarte montiert.

Tableaus wurden am Eingang G und am Treppen vor dem Aufstieg zur Wendelrampe installiert. Die für die Funktion notwendigen Sensoren sind an folgenden Standorten nach mehrfachen Beprobungen angeordnet:

- Sensor 1: Treppe G, Eingang
- Sensor 2: Eingang G, Durchgang
- Sensor 3: Zugang Wendelrampe
- Sensor 4: Zugang Laterne
- Sensor 5: Ausgang A

Die Verkabelung der Anlage erfolgte über Datenleitungen (Cat. 7) sowie Cu-Leitungen (Cat. 5).

2.7 Videoanlage

Die vorgesehene Videoanlage erfüllt 2 Funktionen:

- Sicherheitsüberwachung des Innenraumes und des Laternenbereiches
- optische Information des Orgelorganisten durch einen neben der Orgel angeordneten, umschaltbaren Monitor (Bereich Altarvorraum, Bereich Kirche).

Festkameras wurden an folgenden Orten angeordnet:

- Hauptkuppelraum
- Laternenhals (Abstieg bei D)
- Altarvorraum je Seiten im Bereich der Doggen
- Betstubenbereich im Kirchraum bei D1 und G

- Laternenhals (Aufstieg bei H)
- Treppenhaus A (Ausgang)
- Treppenhaus G (Eingang).

Die Informationen gehen zu folgenden Plätzen (außer Orgelbereich):

- Bedienplatz Leitzentrale
- Bedienplatz Tonstudio
- abgesetzter Bedienplatz am Aufgang vor der Wendelrampe.

Weitere Anschlussmöglichkeiten für Monitore bestehen operativ in den Außenbauwerken Süd und Nord.

3 Repräsentativbeleuchtung

Dem Baumeister *George Bähr* gelang mit der Frauenkirche nicht nur eine eindeutige Barock-Architektur, er spielte auch meisterlich mit dem Tageslicht. Dies zeigt seine intensive Auseinandersetzung mit dem Kirchenraum, so z. B. die nach oben steigende Helligkeitsentwicklung auf den Raum bildenden Bregrenzungsflächen vom Hauptraum über die Innenkuppel, die Hauptkuppel, bis in den Laternenhals – eine erlebbare Höhe von rund 65 m. *Bähr* hat hinter den Ovalfenstern, unterhalb des Kuppelauflaufes mit Bedacht kugelförmige Raumabschlüsse gebildet, um das Tageslicht bis in die 1. Empore zu lenken.

Die Stiftung Frauenkirche formulierte dazu, dass das Beleuchtungskonzept auf der Basis der bestehenden Ausführungsplanung für den Innenraum, der Innenraumfarbigkeit und in Kenntnis der verwendeten Materialien und Oberflächen zu entwickeln sei. Zusätzlich war zu berücksichtigen:

- Die Frauenkirche sollte als bewusstseinsbildender Ort primär von innen heraus leuchten.
- Die ursprüngliche, durch die Bauform vorgegebene Steigerung der Leuchtdichte sollte von unten nach oben auch in der künstlichen Beleuchtung nachvollzogen werden können.

Dabei war zu beachten, dass drei voneinander getrennt zu nutzende Raumgruppen – die Unterkirche, die Hauptkirche und der Aufgang zur Laternenplattform – sowie drei unterschiedliche inhaltliche Nutzungsarten – Gottesdienst und kirchliche Feiern, (Kirchen-)Konzerte und Veranstaltungen – existieren.

All dies führte zu folgender Haltung: Die Planungsaufgabe liegt, entsprechend der Raum-aussage, in der Lichtführung. Dabei durften in einigen Bereichen gegenüber dem Tageslicht durchaus auch andere Aussagen entstehen, umso mehr deshalb, als das Kunstlicht den Raum bei unterschiedlichen Nutzungen auch unterschiedlich erlebbar machen soll.

Dies erforderte eine besondere Wertigkeit der Lichtwerkzeuge. Zum einen suchten die Lichtplaner nach formal sehr reduzierten Leuchten, die in hoher Gestaltungsqualität – jedoch respektvoll – eingebracht werden konnten und zum anderen selbstverständlich auch ihre Sol-

laufgaben erfüllten. So wurde für die meisten Einsatzfälle sichtbarer Leuchten eine Leuchtfamilie gebildet.

Diese Leuchten haben eine Glasabdeckung, eine in einem feinen, weiß lackierten Metallrahmen eingeklebte Milchüberfangglasscheibe, beidseitig mattiert, oder ein nur leicht mattiertes Glas. Dieses Rahmen-Glas-Element variiert in den Formaten, in der eingebauten Lichttechnik, in Anbau bzw. Teileinbauversion. Die Leuchten ermöglichen je nach Glasausführung und Technik eine relativ weiche Einbringung des Lichts in die Räume bzw. eine weichzeichnende Lichtrichtung.

Im Wesentlichen sind diese Leuchten in den Emporenebenen, den Betstuben, den Treppenhäusern, dem Aufgang zur Laterne und der Wendelrampe mit den Leitertreppen eingesetzt.

Kirchenhauptraum. Für die Allgemeinbeleuchtung im Kirchenhauptraum wurden ca. 150 lx zugrunde gelegt. Diese Aufgabe wurde aus 27 m Höhe durch sehr hoch entblendete Tiefstrahler, montiert am Kranzgesims, gelöst (Bild 2).

Innenkuppel. Die Innenkuppel bildet über dem aufstrebenden Zentralraum eine erste obere Raumbegrenzung. Um diesem Aufstreben mehr Kraft zu verleihen, wird – im Gegensatz zum Tageslicht – die Innenkuppel aus dem hinteren Geländerbereich gleichmäßig aufgehellert. Hierfür wurde ein spezieller, für den Betrachter unsichtbarer Fluter entwickelt. Er kann weiches Licht asymmetrisch und mit einem seitlichen Abstrahlwinkel von fast 180° abstrahlen. Dadurch werden die Stuckstrukturen nicht, wie sonst bei asymmetrischen Strahlern üblich, mit relativ harten Schlag Schatten beaufschlagt. Vielmehr wird eine homogene Leuchtdichte über die gesamte Kuppel bis zum Druckring erzielt. Hieraus entwickelt sich dann auch die Lichtführung der Oberkuppel. Die drei Hauptfensterlaibungen, die tagsüber die größten Leuchtdichten aufweisen und über deren Fenster im wesentlichen die Kuppelaufhellung kommt, treten bei Kunstlicht etwas in den Hintergrund. Das vierte Hauptfenster ist bei Tageslicht dunkel, da es durch den Chor verbaut ist. Die kleineren Kuppelöffnungen erhalten ihr Licht bei Tage nur über die vorgelagerten Räume. Alle diese Öffnungen werden über zurückliegende niedrig angeordnete quadratische Glasleuchten, die im Kuppelaufgang und hier speziell in den Gaupenräumen angebracht sind, beleuchtet. Die erlebbaren Leuchtdichten treten hinten denen des Kuppelmantels zurück.

Oberkuppel. Sie wird über die kreisrunde 7,5-m-Öffnung der Innenkuppel, gleich einer Blende, erschlossen. Auch diese Kuppel ist gleichmäßig ausgeleuchtet, jedoch mit einer höheren Leuchtdichte als die Innenkuppel. Über die Fenster versorgt Tageslicht die Öffnungen der Kuppelinnenhaut im Verlauf des Aufganges und erhellt somit den Kuppelinnenmantel. Entsprechend der Innenkuppel wird auch hier die Helligkeit der Fenster zur

Kuppelhülle zurückgenommen. Die Oberkuppel endet ebenso über einer Öffnung zum so genannten **Laternenhals** mit einer weiteren Steigerung der Leuchtdichten entsprechend der Tageslichtsituation durch 2 spezielle Strahler. Blickt der Besucher von den Kirchenbänken in die Wölbung der Innenkuppel, erscheint es ihm, als ob sich der Bau nach oben streckt.

Chor. Der Chorraum ist durch den Altar im Osten und die so genannte Chorschranke zum Hauptraum begrenzt. Er wird aus Deckenöffnungen des Chorgewölbes beleuchtet, die mit G90-Gläsern verschlossen sind. Die entsprechenden Leuchten sind in den Räumen über den verglasten Öffnungen angebracht. Spezielle Strahler und 300-W-Hochvolt-Halogenlampen sorgen für die Grundausleuchtung.

Altar und Orgel. Der Altar mit der Orgel im Chor bildet den Höhepunkt der Kirche, mit seinen kannelierten Säulen und Pilastern, die auch im Orgelgehäuse ihre Fortsetzung nach oben finden – im Zentrum das Bildrelief mit der Ölbergsszene, dem betenden Jesus, dem der herabfliegende Engel Trost spendet. Auch hier ist die vertikale, aufstrebende Gliederung, die sich im Kirchenraum zeigt, erlebbar.

Eine **horizontale Achse** bilden am Fuß des Altarbildes rechts und links die Flammenvasen, die Apostel Paulus und Philippus sowie die alttestamentlichen Gestalten, links außen sitzend Moses mit den Gesetzestafeln und rechts außen, ebenfalls sitzend, Aron mit dem Rauchgefäß.

Die **vertikale Achse** beginnt mit dem Altartisch und dem Altarbild, der Ölbergsszene – dem herabschwebenden Engel unter der Gloriole, der das unausweichliche Kreuz überbringt – sowie der Gloriole mit dem Strahlenkranz. Darüber befindet sich die Orgel.

Diese Achsen sind Grundlage für die Lichtführung mit der Chance, dem Altar durch die heutigen Mittel des Kunstlichts eine ausgeprägte Räumlichkeit zu verleihen, was *George Bähr* und *Johann Christian Feige* mit ihren Möglichkeiten des Tageslichtes nur eingeschränkt gelang.

Für die Restauratoren war die Aufgabenstel-

lung, einen künstlerischen wie liturgischen Höhepunkt der evangelischen Kirche zu schaffen, an dem sowohl der christliche Inhalt als auch das historische Schicksal des Bauwerkes ablesbar sein sollte.

So wurden die gefundenen Teile und Teilchen aneinandergefügt und mit Ergänzungen des Fehlenden behutsam die Verbindung von Altem und Neuem vorgenommen. Durch die entsprechenden Fassungen bleibt neben der hinzugefügten auch die alte versehrte Originalsubstanz ablesbar. Dem hatte sich die Kunstlichtführung anzupassen. 40 Strahler mit den entsprechenden Lichtmengen, den unterschiedlichsten Lichtverteilungen und Positionen an den beiden Stromschienen in den Fensterlaibungen erfüllen diese Aufgabe. Entsprechende Lichtszenen für Gottesdienste und Orgelkonzerte geben dem Altar zum Gesamttraum seine Haltung.

Konzertbeleuchtung. Für Konzerte ist planarisch eine mittlere Beleuchtungsstärke für die Szenenflächen von 500 lx zugrunde gelegt. Durch die Lage teilt sich die Gesamtfläche in 2 Teile, den Chorraum und den Teil des Hauptraumes für großes Orchester.

Chorraum. Im Chorraum erfolgt die Ergänzung zur Grundbeleuchtung über spezielle Strahler ebenfalls aus den Öffnungen des Chorgewölbes. Sie sind, wie beim Hauptraum einstellbar mit Halogenlampen (300 W) der Grundbeleuchtung und Metaldampf-Hochdrucklampen mit Keramikbrenner (150 W und 250 W) ausgestattet. Entsprechend der eingesetzten Podesterie für Orchester (flach) und Chor (ansteigend) hinter der Chorschranke oder dem Altarüberbau sorgen zusätzliche Hochdrucklampen-Strahler von den Stromschienen an der Fensterlaibung vor dem Altar für die nötigen Lichtmengen und Lichtrichtungen.

4 Gebäudeblitzschutzanlage

Die Frauenkirche ist mit einer Gebäudeblitzschutzanlage – basierend auf der Norm DIN V VDE V 0185, Teil 3, BSKL II, ausgerüstet. Der

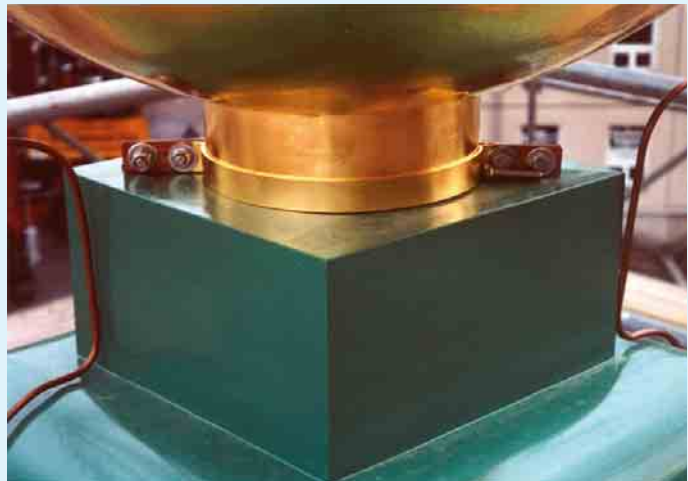


2 Blick zum Orgelprospekt mit Sicht auf Leuchtenanordnung am Kranzgesims und Bereich Altarvorraum



◀ ③ Hebung Laternendach mit Kreuz am 22.06.2004

④ Vergoldete Schelle am Fußpunkt des Kreuzes zum Anschluss der Blitzschutzableitung ▶



bereits im Jahr 1996 im Zuge der Errichtung der Außenbauwerke eingebrachte Fundament-erder wurde im Bereich Treppenturm C bis Treppenturm E durch eine erdverlegte Bandstahlverbindung (30 x 3,5 V4A) als Ring geschlossen.

Neben den Erdungsplatten im Inneren des Außenbauwerkes wurden bei Errichtung des Fundament-erders die Anschlussfahnen zum Anschluss der Ableitungen geschützt, gekennzeichnet nach außen geführt und entsprechend lang abgelegt. An diesen erfolgte während der Bauzeit, je nach Baufortschritt ergänzt, der Anschluss des Gerüsts und des mehrfach gehobenen Wetterdaches.

Die definitive Anlage besteht aus 18 Ableitungen bis zur Ebene Kuppelanlauf (4 Treppentürme und Chordach einbezogen), Hauptkuppel mit 4 Ableitungen bis Laternendach (Bild ③) und vom Laternendach bis zum Kranz 2 Ableitungen. Die Ableitungen wurden in 8 mm Cu ausgeführt und in 9 Ableitbereichen an den Regenfallrohren befestigt.

Fangspitzen aus 8 mm Cu bzw. 8 mm Rotguss sind auf Figuren und Zierelementen der Gaupen und Treppenturmspitzen vorgesehen. Das Turmkreuz wurde über eine spezielle Erdungsschelle (vergoldet) an die 2 Ableitungen, die über das Dach geführt wurden, angeschlossen (Bild ④). Gleichfalls ist das Turmkreuz am Fußpunkt im Inneren des Laternendaches nochmals in die Blitzschutzanlage einbezogen. Regenrinnen und -fallrohre, Stahlkonstruktionen im Kuppelbereich, metallische Oberlichtkonstruktionen, metallische Fallschutzgitter, Blechabdeckungen auf Sandsteingesimsen und Gaupen und z. T. an den Außenwandflächen wurden an die Blitzschutzanlage angeschlossen.

Elektroseite wurde der gestaffelte Überspannungsschutz realisiert. Dabei ist im Bereich des NS-Hauptverteilung und im Laternendach der Blitzschutzpotentialausgleich (B) hergestellt. Neben dem Überspannungsmittelschutz (C) in den Unterverteilungen wurden sensible Anlagen mit dem Überspannungsfeinschutz (D) ausgerüstet. Die Messergebnisse der Durch-

gangsprüfung der Trennstellen liegen zwischen 0,46 und 0,58 Ω .

Die Blitzschutzanlage wurde bauabhängig gleitend errichtet und analog dazu die Sicht- und technischen Prüfungen gemeinsam mit dem Bauherrn und dem TÜV vorgenommen.

5 Elektroakustische Anlagen

Ableitend aus dem festgeschriebenen archäologischen Wiederaufbau der Frauenkirche Dresden und damit auch der Wiederherstellung der Sekundärstrukturen des Innenraumes konnte man subjektiv davon ausgehen, dass

- wie Zeitzeugen berichteten, in der historischen Frauenkirche eine sehr gute Akustik für konzertante Aufführungen und Orgelkonzerte vorhanden war und
- nach vorhandenen Tonaufnahmen von Orgelkonzerten die Bestätigung der sehr guten Raumakustik für konzertante Veranstaltungen und Orgelkonzerte nachgewiesen wurde.

Einschränkend hierzu ist zu beachten, dass nur Konzerte, bei denen der hohe Nachhall von mehr als 3 s nicht durchsichtigkeitsmindernd wird, zu empfehlen sind.

Um Planungssicherheit zu geben, war dennoch die Erstellung einer Computersimulation dringend notwendig. Die Analyse dieser sehr aufwendigen PC-Simulation ergab, dass die zu erwartende Sprachverständlichkeit ohne eine unterstützende Beschallungsanlage bei einer Sprecherposition im Altarbereich insbesondere am Rednerpult nur in naher Umgebung gut bis befriedigend ist. Daraus abgeleitet wurde festgelegt, dass nur für die reine Sprachwiedergabe die Beschallungsanlage zu konzipieren ist.

5.1 Randbedingungen für die Beschallung

Die Konzeption der Beschallungsanlage hatte gleich mehrere Randbedingungen zu berücksichtigen:

Beim Betrachten des Kirchengrundrisses fällt zuallererst ins Auge, dass der Innenraum im Wesentlichen kreisförmig ist – eine Form, die zumindest dann potentiell negative Folgen für die problemlose Arbeitsweise einer Beschallungsanlage haben kann, wenn die Begrenzungsflächen schallhart (Glas) und nicht unterbrochen sind. Dann sind Fokussierungseffekte und eine kreisförmig entlang der Wandfläche umlaufende Schallausbreitung möglich – Effekte, die natürlich beide unerwünscht sind.

Im Falle der Frauenkirche stellte sich – sowohl in der Simulation als auch am fertigen Bauwerk – dieses Problem als nicht sehr ausgeprägt dar. Dazu trägt zum einen die Beschaffenheit der Wandmaterialien bei, als auch die Tatsache, dass die kreisförmige Grundform immer wieder durch vorspringende Säulen unterbrochen wird, die zudem zu einem gewissen Maß an Diffusion beitragen. Dennoch strebten die Planer auch angesichts der Nachhallzeit von – je nach Besetzungsgrad – 3,5 s bis 5 s an, mit der Beschallungsanlage möglichst nur die mit Publikum besetzten Bereiche zu versorgen, um raum-akustisch reflektierende Strukturen wie Wandflächen oder die große Kuppel gar nicht erst anzuregen. Auf diese Weise ist ein Höreindruck beim Publikum erzielbar, der einer deutlich geringeren Nachhallzeit entspricht.

Ein weiterer wichtiger Faktor bestand in dem Ziel, den Kircheninnenraum möglichst originalgetreu zu rekonstruieren, was die Forderung zur Folge hatte, dass zumindest vom Innenraum aus möglichst keine Lautsprecher sichtbar sein sollten.

Diese Forderung stellt eine spürbare Einschränkung sowohl der Auswahl der Lautsprecherstandorte als auch der einsetzbaren Lautsprechertypen dar. Hinzu kommt ein sehr hohes Kirchenschiff, dessen Höhe seinen

**Nachrichten,
Branchengeflüster,
Produktinformationen,
Fachartikel-/Leseranfragen-
Datenbank mit Volltextsuche
und vieles mehr:**
www.elektropraktiker.de

Durchmesser übersteigt und Hörerplätze in mindestens vier Ebenen aufweist – nämlich auf der Grundfläche in der Mitte des Innenraums sowie auf drei Emporen, die in einen Winkelbereich von bis zu 300° den Innenraum umfassen. In konventioneller Beschallungstechnik wäre diese Konstellation zwar schwierig, aber wohl in den Griff zu bekommen gewesen. Die zusätzliche Einschränkung durch die Forderung nach der „Unsichtbarkeit“ der Lautsprecher, zwang die Planer, unkonventionelle Wege zu beschreiten, und zwar insbesondere im Bereich der Emporen.

5.2 Beschallungskonzept

Für die Parkettebene kamen Line-Array-Lautsprecher zum Einsatz. Da hier eine wirklich „unsichtbare“ Installation nicht möglich war, mussten Lautsprecher mit möglichst schlankem Profil und dennoch wohldefinierten Abstrahleigenschaften gefunden werden. Man entschied sich hier für Intellivox-Systeme des niederländischen Herstellers Duran Audio – genauer: für die besonders schlank gebaute Intellivox-2c mit einer Länge von nahezu 3 m. Als Besonderheit weist dieses System eine individuelle DSP-Ansteuerung der einzelnen Lautsprecher auf, mit der auch eine elektronische Schwenkung der Richtcharakteristik in der Vertikalen möglich ist.

Die Kombination dieser technischen Merkmale erlaubt nun die Versorgung der gesamten Parkettebene mit nur zwei optisch sehr unauffälligen Lautsprechersystemen, die links und rechts des Altarbereiches installiert sind. Die Länge der Line-Arrays sorgt für eine sehr definierte Abstrahlung in der Vertikalen, sodass unerwünschte Bereiche oder gar die Kuppel nicht beschallt werden. Gleichzeitig haben die Systeme einen sehr breiten horizontalen Abstrahlwinkel, mit dem auch die fast seitlich von den Lautsprechern gelegenen Bereiche erfasst werden. Die Länge des Arrays sorgt unter anderem auch für ein ausgedehntes Nahfeld und mithin einen großen Bereich, in dem sich der Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Entfernung wenig stark ändert. Ein Verhalten, das es gestattet, sowohl weit entfernte, als auch nah am Lautsprecher gelegene Bereiche zu versorgen, ohne im Nahbereich übermäßig hohe Schalldruckpegel in Kauf nehmen zu müssen. Die Richtcharakteristik ist so geneigt, dass die Fensterflächen auf der Rückseite nur wenig angeregt werden.

Fortsetzung

ELEKTRO
PRAKTIKER

Beschallung der Emporen,
Audio-Technik,
Gebäudeautomation,
Prüfung und Wartung

Allstromsensitive Fehlerstromschutzeinrichtungen

S. Davids, Norden

Der Einsatz von elektronischen Betriebsmitteln nimmt in der Elektroinstallation immer mehr zu. Im Fehlerfall können hier glatte Gleichfehlerströme und hochfrequente Wechselfehlerströme auftreten, die von einer handelsüblichen Fehlerstromschutzeinrichtung des Typs A nicht erfasst werden. Abhilfe schaffen allstromsensitive FI-Schutzschalter.

1

Grundlagen

1.1 RCDs in elektrischen Anlagen mit Frequenzumrichter

Mehrphasig betriebene elektronische Betriebsmittel, z. B. Frequenzumrichter (FU) oder Wechselrichter, können im Fehlerfall einen glatten Gleichfehlerstrom erzeugen (Bild 1). Dieser durch die B6-Schaltung im Eingang des FU hervorgerufene glatte Gleichfehlerstrom würde eine herkömmliche RCD (Residual current-operated protective device) vom Typ A oder AC nicht auslösen, da im Summenstromwandler der RCD keine zeitlich veränderliche Magnetisierung erfolgt, die für eine induktive Energieübertragung auf das Auslöserelay der RCD notwendig ist.

Je nach Höhe bewirkt der Gleichfehlerstrom stattdessen eine Vormagnetisierung des Wandlerkernes und erhöht damit die Auslöseschwelle der RCD für weitere möglicherweise noch vorhandene Wechselfehlerströme bis hin zur Nichtauslösung.

1.2 Fehler- und Ableitströme

Fehlerströme sind überwiegend ohmsch und entstehen durch Isolationsfehler zwi-

schen spannungsführenden Teilen und Erde, beispielsweise aufgrund von Schmutz und Feuchtigkeit in einem Gerät. Ein anderes Beispiel wäre ein Stromfluss zur Erde, wenn eine Person direkt einen aktiven Leiter des Netzes berührt (Bild 2). **Ableitströme** sind betriebsbedingte Ströme überwiegend kapazitiver Art und fließen z. B. aufgrund von Entstörmaßnahmen durch Kondensatoren in EMV-Filtern oder über die Kapazität langer abgeschirmter Leitungen zur Erde (Bild 3).

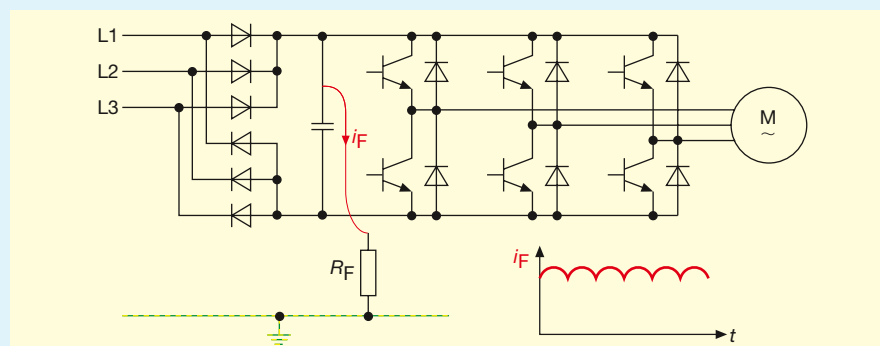
Fehlerströme und auch Ableitströme können je nach Anwendung und elektrischer Anlage mehrere, von der Netzfrequenz 50 Hz deutlich verschiedene Frequenzanteile gleichzeitig aufweisen.

Die RCD kann Fehlerströme und Ableitströme nicht voneinander unterscheiden und bewertet sie deshalb gleichermaßen. So kann eine Auslösung bereits erfolgen, wenn die Summe aller fließenden Ableitströme die Auslöseschwelle der RCD überschreitet, obwohl kein Fehler (Fehlerstrom) in der elektrischen Anlage vorliegt.

2

Fehlerströme in Anlagen mit Frequenzumrichtern

Isolationsfehler am Eingang des Frequenzumrichters. Bild 4 zeigt einen Erdschluss am Eingang des Frequenzumrichters. Es fließt ein rein **sinusförmiger 50-Hz-Fehlerstrom** durch den Körper der Person. Bei entsprechender



1 Erzeugung eines nahezu glatten Gleichfehlerstroms

Vereinfachte Darstellung eines FU mit B6-Brückengleichrichter, Zwischenkreiskondensator, Ausgangsstufe und Motor