

Herausforderung Dresdner Frauenkirche (3)

B. Zeiler, Pesterwitz

Der dritte und letzte Beitragsteil über die elektrotechnischen Herausforderungen beim Wiederaufbau der Dresdner Frauenkirche (Bild 1) setzt die Beschreibung der installierten Akustikanlagen fort. Abschließend werden Details der Gebäudeautomation sowie die Sachverständigenprüfungen, Revisionsunterlagen und Wartungskonzeptionen betrachtet.

1 Elektroakustische Anlagen

1.1 Beschallung der Emporen

Auf den Emporen stellt sich die akustische Versorgung etwas aufwendiger dar als in der Pakettebene, weil sich auf deren Höhe anstelle einer montagegauglichen Wandfläche eine offene Bogenkonstruktion befindet (Bild 2). Deshalb konnten die Planer hier eine klassische Frontalbeschallung nicht einfach übernehmen.

Entsprechend der Maßgabe einer möglichst unauffälligen Lautsprecherinstallation entschied man sich dafür, die Lautsprecher (auch hier eine Line-Array-Lösung) jeweils hinter den Säulen zu platzieren und die Publikumsbereiche auf diese Weise eher schräg von der Seite aus zu beschallen. Die Lautsprecher sind dabei in zylindrische Montageelemente mit Schlitten für den Schallaustritt eingebaut. Vom Innenraum aus lassen sich die Lautsprecher auf ihren Montagepositionen praktisch nicht ausmachen, weil sie beim Blick von vorn durch die Säulen verdeckt werden. Von den Sitzbereichen auf den Emporen selbst aus sind die Systeme zwar im Prinzip sichtbar, durch die Montageelemente aber nicht als solche erkennbar. Insgesamt wurden 34 dieser Lautsprechersysteme eingebaut.

Zum Einsatz kommen auf den Emporen ebenfalls Intellivox-Systeme von Duran Audio. Die Sitzplätze dort erreichen die Kirchenbesucher von der Zugangsebene aus über einige abwärts führende Stufen. Die Hörerflächen liegen also unterhalb der Montageebene der Lautsprecher. In dieser Situation kommt die elektronische Schwenkbarkeit der Richtcharakteristik sehr gelegen, denn so kann man die Lautsprecher über DSP „nach unten

neigen“, ohne ihre mechanische Montageausrichtung verändern zu müssen.

Für die Unterstützung von möglichen Musikwiedergaben stehen darüber hinaus zwei Subbässe zur Verfügung, die aber im Regelbetrieb nicht genutzt werden. Sie sind daher auf der Ebene der Betstufen hinter normalerweise geschlossenen Fenstern installiert, also im Normalbetrieb nicht sichtbar.

1.2 Vergleich von Computersimulation und Realität

Die Planer nahmen vor Ort umfangreiche Messungen mit Hilfe des hauseigenen Messsystems Easera vor und werteten zusätzlich historische und aktuelle Orgelaufnahmen hinsichtlich der Nachhallzeiten aus. Mit Hilfe

der Computersimulationen konnten die berechneten Nachhallzeiten und Sprachverständlichkeitswerte mit den gemessenen Werten verglichen werden. Die Verläufe sind im Rahmen der erwartbaren Genauigkeit sehr ähnlich und bestätigen sowohl eine gute Übereinstimmung der Simulationen mit dem realen Bauwerk als auch die Stimmigkeit der Rekonstruktion der raumakustischen Eigenschaften im Vergleich historisch zu neu.

1.3 Zentralentechnik

Audiozentrale der Tonanlage ist ein Biamp-Audia-System in Verbindung mit zwei digitalen Strässer-Automatikschemen sowie einer Creston-Mediensteuerung. Parallel dazu steht – z. B. für die Aufnahme von Konzerten – ein Digitalmischpult zur Verfügung.

Für die drahtgebundenen Mikrofone in der Frauenkirche stehen insgesamt 94 Mikrofoneingänge zur Verfügung. Von den verschiedenen Anschlusspunkten in der Kirche werden die Signale zunächst auf ein Eingangssteckfeld geführt und hier auf die 16 Eingangskanäle des Mischpultes gepatcht. Daneben sind zwei aktive, achtkanalige Mikrofonsplitter eingebunden, durch die die Mikrofonsignale auch für Aufnahmewecke sowie über den Ü-Wagen-Anschluss auch Rundfunkanstalten zur Verfügung gestellt werden können. Je ein Ausgang aller Mikrofonsplitter geht weiter zu den zwei achtkanaligen Automatikschemen.

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 Dresdner Frauenkirche im Juni 2005 – vier Monate vor der festlichen Weihe





② Emporen mit offener Bogenkonstruktion

Es handelt sich dabei um einen digital gesteuerten 1-HE-Rackmischer mit 8 Eingangskanälen, einem optionalen DSP-Modul und vier Ausspielwegen. Die Signalverarbeitung erfolgt in der Basisversion analog mit sehr guten Audioeigenschaften. Die Bedienung ist allerdings durchgehend digital gesteuert, was eine besonders einfache Integration in Mediensteuerungssysteme ermöglicht. Auch die Funktion und der Regelbereich auf der Frontplatte können programmiert werden. Ebenfalls programmierbar ist, welche Eingangskanäle am Automatismischerbetrieb teilnehmen sollen.

Mit dem optionalen DSP-Modul stehen zusätzlich diverse Filterfunktionen, Delays sowie eine Mischmatrix zur Verfügung, die die Einsatzmöglichkeiten des Gerätes deutlich erweitern. Über einen herausgeführten Mix-Bus können mehrere Mischer kaskadiert werden, eine Funktion, die auch in der vorliegenden Installation genutzt wird.

Die vier Ausspielwege dieser Eingangs- bzw. Automatismischersektion werden in das Audia-DSP-System eingespeist, dessen 16 analoge Audioschnittstellen als vier Eingänge und zwölf Ausgänge bestückt sind. Das Audia-System ist ebenso wie die Strässer-Rackmischer über eine RS-232-Schnittstelle bzw. Ethernet fernbedienbar, sodass die angeschlossene Mediensteuerung zum Beispiel Presets abrufen kann. Die Bedienung erfolgt per Funk-Touchpanel (Crestron) sowie über eine Funk-Handfernbedienung mit vier abrufbaren Presets.

Die Signalverarbeitung innerhalb des Audia-Systems umfasst neben einer EQ-Sektion für die Eingangskanäle insbesondere einen Matrixmischer sowie eine EQ- und Delaysektion

für die zwölf Ausspielwege, die den verschiedenen Lautsprechergruppen (Intellivox-Hauptsysteme, Intellivox-Emporen, Betstubenlautsprecher, Nebenräume, Havarie und Alarmierung) zugeordnet sind.

Die Signalverarbeitung über das Audia-System ist für die Sprachbeschallung innerhalb der Frauenkirche vorgesehen. Für Aufnahmezwecke lassen sich die 16 Mikrofonsignale der Mikrofonsplitter mitverwenden, über das Patchfeld können aber auch alle anderen Mikrofonanschlüsse genutzt werden – auch solche, deren Signale nicht in die Sprachbeschallung eingespeist werden. Für die Signalverwaltung und -bearbeitung im Aufnahmebereich steht ein Yamaha 02R zur Verfügung, das sich für Recordingzwecke bestens bewährt hat.

Eine Besonderheit ist übrigens die Versorgung dieser Lautsprecher mit ihrem NF-Signal. Ein Aktivlautsprecher würde ja üblicherweise mit einem symmetrischen NF-Signal mit Studiopegel angesteuert, also im Bereich um 0 dB. Im vorliegenden Fall wird aber für die Ansteuerung der Lautsprecher ein im Kirchenbereich bewährtes 100-V-System verwendet, mit dem z. B. die ebenfalls gängigen passiven Schallzeilen angesteuert werden. Da man auf die bewährte, zuverlässige Technik nicht verzichten wollte, entschied man sich hier dafür, auch die Aktivsysteme mit einem 100-V-Signal anzusteuern. Die Intellivox-Lautsprecherzeiten besitzen dazu speziell angepasste 100-V-Signaleingänge.

Der Vorteil dieses zunächst ungewohnt scheinenden Konzepts besteht nicht nur darin, bewährte Technik nutzen zu können, sondern auch darin, mit sehr kleinen Kabelquerschnitten auskommen zu können, ohne dabei auf Störfestigkeit verzichten zu müssen. Dieser Ansatz hat sich vor allem bei Kircheninstallationen bzw. der Renovierung von alten Kirchenanlagen bewährt. Dort hat man – im Gegensatz zur Frauenkirche – nicht immer die Möglichkeit, Leerrohre mit dem gewünschten Querschnitt zu verlegen bzw. nach Bedarf neu zu verkabeln, sondern muss oft mit den vorhandenen 100-V-Leitungen zurechtkommen, die gelegentlich in recht unzugänglicher Weise verlegt sind. Hier lohnt oft der je nach Bausubstanz sehr arbeitsintensive Austausch nicht, sodass man dann eben die 100-V-Leitungen sozusagen als Hochvolt-Signalleitung für die neu installierten Aktivlautsprecher verwendet.

Darüber hinaus hat natürlich auch das 100-V-Signal einen so hohen Signalpegel, dass auch Störeinflüsse, z. B. durch baulich bedingt in geringem Abstand verlegte Elektroleitungen, praktisch keine Chance haben. Die Verkabelung der angeschlossenen Aktivlautsprecher kann mit dieser Technik parallel auf einem einzigen Kabel erfolgen im Gegensatz zur sonst notwendigen sternförmigen 6-dB-Verkabelung. Die Ansteuerung erfolgt hier mit einem 100-V-Verstärker kleiner Leistung statt mit dem sonst zu verwendenden Audio-Verteilverstärker.

Ein weiteres wesentliches Kriterium für die Verwendung der 100-V-Technik in der Frauenkirche Dresden ist die erforderliche Nutzung der Beschallungsanlage für Alarmierungsaufgaben. Dadurch ist mit dieser Technik die gängige Lautsprecher-Linienüberwachung für gemischte Installationen mit klassischen passiven 100-V-Lautsprechern und mit Aktivlautsprechern einsetzbar. Darüber hinaus bieten die verwendeten Aktivlautsprecher selber die Möglichkeit, einen Pilotton am 100-V-Signaleingang zu überwachen, auszuwerten und im Fehlerfall auf einen zweiten Signaleingang umzuschalten.

1.4 Verstärkertechnik

Bei den Haupt-Beschallungslautsprechern handelt es sich um Aktivsysteme, die über eingebaute Leistungsverstärker verfügen. Die restlichen Lautsprechersysteme sind in 100-V-Technik ausgeführt und werden von Digitalendstufen angesteuert.

1.5 Mikrofontechnik

In der Frauenkirche sind sowohl drahtgebundene, als auch drahtlose Mikrofone im Einsatz. Wie in anderen anspruchsvollen Anwendungen findet man auch hier an den (qualitäts-)entscheidenden Punkten Studiomikrofone hoher Qualität, die sich nicht nur durch ihre Klangqualität an sich, sondern auch durch Qualitätskonstanz über viele Jahre hinweg auszeichnen. An der Lesekanzel werden Mikrofone eingesetzt, die wegen ihrer kompakten Bauform hier sehr unauffällig platziert werden konnten. Im Altarbereich kommt ein Studio-Richtrohrmikrofon zum Einsatz, das durch seine Richtwirkung auch bei größerem Besprechungsabstand für eine große Rückkopplungssicherheit sorgt, ohne dabei Abstriche bei der Klangqualität machen zu müssen. Für Veranstaltungen nutzt man – je nach Anforderung der Anwendung – sowohl Studiomikrofone als auch Grenzflächenmikrofone. Im Drahtlosbereich stehen Diversity-Empfänger zur Verfügung, die mit Hand- sowie Taschensendern und Ansteckmikrofonen genutzt werden.

1.6 Intercom- und Alarmierungsanlage

Neben der Beschallungsanlage für den eigentlichen Kirchenraum gibt es zusätzlich eine Intercom-Anlage für die betriebsbedingte Kommunikation sowie für die Alarmierung. Neben festen Sprechstellen in der Ton-/Lichtregie und am Feuerwehrgang gibt es Anschlüsse für mobile Sprechstellen an einem Saalregieplatz auf der Empore, an der Lesekanzel, in der Sakristei sowie einigen veranstaltungsbezogenen Nebenräumen. Handsprechfunkgeräte mit Anbindung an die übrigen Sprechstellen sind zur Unterstützung von Auf- und Umbauarbeiten in der Kirche vorhanden. Herzstück der Anlage ist eine digitale Zentraleinheit einer Audiomatrix. Angeschlossen sind die 100-V-Leistungsverstärker ein-

schließlich der Linienüberwachung für die im Haus verteilten Ruf- und Alarmierungslautsprecher.

Die Feuerwehrsprechstelle, der komfortable digitale Sprachspeicher und der Havariemanager mit automatischer Verstärker-Umschaltung entsprechen den hohen Sicherheitsanforderungen der EN 69849.

2 Gebäudeautomation

Die Gebäudeautomation beinhaltet die kompletten Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen einschließlich der Stellantriebe für die HLS-Technik. Hinzu kommt die teilweise Steuerung und komplette Überwachung der elektrotechnischen Anlagen einschließlich beigestellter Anlagen wie Geläut, Turmuhr und Orgel.

Das System ist als DDC-Anlage aufgebaut. Die zentrale Steuerung und Überwachung erfolgt in der Leitzentrale, die im Erdgeschoss angeordnet ist. Zur Anlage gehören die notwendigen dezentral angeordneten Schaltschränke, die Stellantriebe, erforderliche Sensoren und Fühler, die gesamte Leitungsverlegung sowie die notwendigen Schnittstellen bei Meldung und Überwachung angrenzender Gewerke.

Die Funktion der Gebäudeautomation beinhaltet für die Heizungsanlage die Bereiche

- Fernwärmeübergabestation
 - Fußbodenheizungsanlage
 - statische Heizungsanlagen
 - Warmzubringeranlagen von der Unterkirche
 - Kuppelheizung
 - die gesamten Einzelraumregelungen einschließlich der z. T. übergeordneten Gruppensteuerungen
 - Schaltung der zusätzlichen Elektroheizungen in den Bereichen Chordach, Laternenumgang, Treppenzugang und Wendelrampe.
- Die Lüftung-/Klima-Anlage umfasst die RLT-Anlage

- der Hauptkirche
- der Einzelräume im Betstübengeschoß
- der Unterkirche Süd
- der Unterkirche Nord
- die speziellen RLT-Anlagen in Elektroräumen, der Leitzentrale und der Heizzentrale.

Für die Anlagen der Sanitärtechnik, wie Abwasserhebeanlagen, Wasseraufbereitungsanlagen und Hochwasserpumpenanlagen erfolgen lediglich die Lauf- und Störmeldungen in der Leitzentrale. Diese Anlagen werden entweder vor Ort geschaltet oder autark automatisch betrieben. Für den Personenaufzug ist ebenfalls die Lauf- und Störungsanzeige in der Leitzentrale vorgesehen. Für die elektrotechnischen Anlagen trifft die gleiche Verfahrensweise zu auf

- die Netzersatzanlage
- die Trafostation (MS/NS-Anlage und Trafos)
- die NS-Hauptverteilung und sämtliche Unterverteilungen einschließlich Schaltschränken der Lichtsteueranlage.

Weiterhin sind die Betriebs- und Störungsmeldungen für

- Orgel
- Geläut
- Turmuhr
- Wetterstation

auf die Leitzentrale aufgeschaltet.

Die elektrische Fenstersteuerung bei der Funktion „Lüftung“ erfolgt ebenfalls von der Leitzentrale. Gleichfalls ist das Signal „Fenster auf/Fenster zu“ auf die Leitzentrale gelegt. Dieses Signal ist unabhängig von der Funktion des Fensters (Lüftung oder RWA) vorhanden. Von den Anlagen der Sicherheitstechnik sind als Betriebs- und Störungsmeldungen aufgelegt:

- Entrauchung Keller
- RWA-Anlagen 1 – 4
- BMA
- Sicherheitsbeleuchtungsanlage
- ELA-Anlage.

Außer der Schaltung der Stufenbeleuchtung auf der Laternenplattform erfolgt kein Eingriff in die Funktion der Beleuchtungssteuerung durch die Leitzentrale.

Die Umsetzung der Meldesignale geschieht immer potentialfrei und im Wesentlichen über EIB. Zur Gewährleistung der Funktion der Heizungs- und RLT-Anlagen sind im

- Außenbauwerk Süd
- Außenbauwerk Nord
- Außenbauwerk Ost
- in den Nebenräumen der Hauptkuppel und
- in den Zwickelräumen unterhalb der Hauptkuppel

die erforderlichen Schaltschränke aufgestellt. Die elektrotechnische Einspeisung dieser Schaltschränke erfolgte jeweils im Stich von der NS-Hauptverteilung bzw. der Stromschiene des Bereiches. Die Verkabelung vor Ort erfolgte auf Putz im Wesentlichen als Einzelverlegung im Schutzrohr. Zur Leitzentrale wurden für die Leitungsverlegung die Trassen der Elektroinstallation benutzt. Die Leitzentrale ist ganztags und bei Veranstaltungen durch fachkundige Mitarbeiter besetzt. Kleine Fehler werden durch das Personal eigenständig abgestellt, für den übrigen Teil sind Fachfirmen ständig abrufbar.

Besonders wichtige Signale aus der Leitzentrale werden direkt auf das Telefon des Hausmeisters bzw. verantwortlichen Technikers aufgeschaltet.

3 Prüfungen, Revisionsunterlagen, Wartung

Entsprechend der Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums des Inneren über die Prüfung technischer Anlagen und Einrichtungen in baulichen Anlagen und Räumen besonderer Art der Nutzung (SächsTechPrüfVO vom 07.02.2000) erfolgten die vorgeschriebenen Prüfungen der Anlagen durch den vom Bauherrn vertraglich gebundenen anerkannten Sachverständigen des TÜV (trifft für § 2 (1) und



③ Leuchtmittelwechsel im Strahler auf dem Gaupendach

(2) zu). Die Anlagen wurden nach erfolgter Prüfung und Mängelbeseitigung dem Bauherrn mit Übergabeprotokoll mängelfrei übergeben. Für Anlagen, die zuvor bereits geprüft und übergeben worden waren, erfolgte im Zusammenhang mit o. g. Prüfungen die Wiederholungsprüfung und Übergabe des Protokolls an den Bauherrn. Somit gilt für die Wiederholungsprüfungen aller elektrotechnischen Anlagen ein definierter Ausgangstermin.

Zusätzlich wurden für alle übrigen elektrotechnischen Anlagen die kompletten Revisionsunterlagen in Papierform und auf CD-Rom übergeben. Für die Bereiche der Unterputzverlegung elektrotechnischer Leitungen in den Treppentürmen und der Wendelrampe erhielt der Bauherr digitale Wandabwicklungen mit fotografisch erfassten Leitungsverlegungen. Um dem besonderen Charakter der Nutzung der Repräsentativbeleuchtung der Kirche gerecht zu werden, wurden darüber hinaus gemeinsam von den verantwortlichen Planern und dem Ausführungsbetrieb entwickelte und mehrfach mit dem Bauherrn abgestimmte Wartungs- und Leuchtenlisten erstellt. In diesen Listen sind neben den detaillierten technischen Aussagen zu den Leuchtmitteln auch die notwendigen Werkzeuge, Leitern (einschließlich der Standorte) erfasst (Bild ③). Somit erhielt der Bauherr ein detailliertes, weit über dem normal üblichen Stand hinausgehendes Arbeitsmittel.

Im Nachgang wurden von den verantwortlichen Fachplanern die notwendigen Wartungsverträge vorbereitet und nach Auswertung der Ausschreibungsergebnisse dem Bauherrn die Vergabevorschläge unterbreitet. Zusätzlich gibt es Arbeitskarten für nicht gewerbliche Wartungsarbeiten, die durch unterwiesene Personen durchgeführt werden können.

Die Terminvorgaben für die Wiederholungsprüfungen durch anerkannte Sachverständige wurden ebenfalls aufgelistet und dem Bauherrn übergeben. ■