

Diplomarbeit

Elektroakustische Notfallwarnsysteme und der Einsatz eines solchen im Congress Center Hamburg

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades
Dipl.-Ing.(FH) für Telekommunikation und Medien
am Fachhochschul-Diplomstudiengang Telekommunikation und Medien St.Pölten
Vertiefungsrichtung Medientechnik

unter der Erstbetreuung von:

Dipl.-Ing. Hannes Raffaseder

Zweitbegutachtung von:

Dipl.-Ing. Dr. Alois Frotschnig

ausgeführt von:

Kristina Klüter

tm0210038058

St.Pölten, am 28. August 2006

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Diplomarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

Zusammenfassung

Das Congress Center Hamburg ist im Begriff sich baulich zu vergrößern. Im Zuge dessen wird eine multifunktionale Ausstellungshalle errichtet. Um den Sicherheitsstandards für Veranstaltungsräume nachzukommen, soll in die Halle ein elektroakustisches Notfallwarnsystem eingebaut werden.

Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Aufbau und der Funktion verschiedener elektroakustischer Notfallwarnsysteme. Als Ziel ist die Auswahl eines geeigneten Systems für das Congress Center Hamburg gesetzt.

Im ersten Teil der Arbeit werden, neben einer Darstellung des Congress Centers und des bestehenden Problems, raumakustische Grundlagen, sowie Methoden zur Ermittlung der Sprachverständlichkeit erläutert.

Der zweite Teil behandelt die Bestimmungen für elektroakustische Notfallwarnsysteme und die Beschreibung, sowie den Vergleich zweier unterschiedlicher Evakuierungsanlagen.

Im dritten Part wird der geplante Einbau des gewählten Systems in die neue Halle des Congress Centers geschildert. Das beinhaltet Simulationen zur Raumakustik und die Darstellung der Installation der Evakuierungsanlage.

Abstract

The Congress Center Hamburg (CCH) is currently expanding its facilities. In the course of this a new exhibition hall is being constructed. To fulfill all security standards for the function rooms, a sound system for emergency purposes needs to be installed.

This diploma thesis deals with the structure and functioning of different emergency voice alarm evacuation systems. The choice of a suitable system for the CCH is set as a target.

In the first part of the thesis the Congress Center is introduced and the existing problem is explained. Furthermore the basics of room acoustics are defined, as well as ways of measuring intelligibility.

The second part deals with regulations for emergency evacuation systems and the description and comparison of two different systems.

The third part attends to the installation of a chosen system into the new hall of the Congress Center. This includes simulations on room acoustic behaviours and the description of the installation process.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract	4
1 Einleitung	8
2 Das Congress Center Hamburg	9
2.1 Daten und Fakten	9
2.2 Ausbau 2006	9
2.3 Die multifunktionale Halle	10
3 Problemstellung	12
3.1 Auftrag	12
4 Raumakustische Grundlagen	13
4.1 Schallausbreitung in Räumen	13
4.1.1 Reflexion - Echo	13
4.1.2 Wandabsorption	14
4.1.3 Hallradius	15
4.1.4 Nachhall	16
4.1.4.1 Nachhallzeit T	16
4.2 Sprachverständlichkeit	18
4.2.1 Haas-Effekt (Precedence-Effekt)	19
4.2.2 Deutlichkeitsmaß C_{50} und Klarheitsmaß C_{80}	19
4.2.3 Artikulationsindex AI	21
4.2.4 Konsonantenverlust AL_{cons}	21
4.2.5 Sprachübertragungsindex STI, RASTI	22
4.2.6 Allgemeine Verständlichkeitsskala	23
5 Elektroakustische Notfallwarnsysteme	24
5.1 Definition	24
5.2 Anforderungen an das System	25
5.2.1 Allgemeine Anforderungen	25
5.2.1.1 Prioritäten	27
5.2.1.2 Verantwortlicher	27
5.2.2 Technische Anforderungen	28
5.2.2.1 Sprachverständlichkeit	28
5.2.2.2 Automatische Zustandsanzeige	28

5.2.2.3	Automatische Fehlerüberwachung	28
5.2.2.4	Überwachung der softwaregesteuerten Geräte	29
5.2.2.5	Schnittstelle mit dem Notfallmeldesystem	29
5.2.2.6	Reservestromversorgung	30
5.2.2.7	Klima- und Umweltbedingungen	30
5.2.2.8	Kennzeichnung	31
5.2.3	Installation	31
5.2.3.1	Verkabelung	31
5.2.4	Betrieb	32
6	Vergleich zweier Systeme	33
6.1	Praesideo	33
6.1.1	Systemeinheiten	34
6.1.1.1	Netzwerkcontroller	34
6.1.1.2	Audioerweiterung	35
6.1.1.3	Endverstärker	35
6.1.1.4	Linienüberwachungssatz	36
6.1.1.5	Basissprechstelle	37
6.1.1.6	Sprechstellentastatur	37
6.1.1.7	Software	38
6.1.1.8	weitere Bestandteile	39
6.1.2	Beispiel zur Installation	40
6.2	ProMatrix System	42
6.2.1	Systemeinheiten	43
6.2.1.1	ProMatrix Manager	43
6.2.1.2	Module	44
6.2.1.3	Message Manager	44
6.2.1.4	Endverstärker	45
6.2.1.5	Sprechstelle	46
6.2.1.6	Software	47
6.2.1.7	Monitor Manager	48
6.2.1.8	Netzteil	48
6.2.1.9	Steuerungsmodule	49
6.2.2	Beispiel zur Installation	50
6.3	Gegenüberstellung der beiden Systeme	52
6.4	Schlussfolgerung für das CCH	54

7	Umsetzung	55
7.1	Beschallungssystem	55
7.1.1	dezentrale Beschallung	55
7.2	Wahl der Lautsprecher	56
7.3	Einbau des Notfallwarnsystems	58
7.4	Simulation der Schallverteilung	61
7.4.1	EASE	61
7.4.2	Simulationsergebnisse	62
7.5	Resümee der Umsetzung	68
8	Schlusswort	69
A	Anhang	73

1 Einleitung

Man stelle sich ein volles Kaufhaus zur Hauptgeschäftszeit vor! Menschen drängen durch die engen Gänge, die Schlangen an den Kassen sind lang. Plötzlich ertönt ein lautes, pfeifendes Warnsignal. Was mag wohl in dieser Situation passieren? Möglicherweise eine häufig selbst schon beobachtete Reaktion, in der viele Kaufhausbesucher um sich schauen könnten, aber keiner das Signal richtig zu interpretieren wüsste und es im Endeffekt mit „Ach, bestimmt nur Fehlalarm!“ abgetan würde. Eine weitere, aber nicht ungefährlichere Möglichkeit, wäre der plötzliche Ausbruch einer Panik. „Was hat die Sirene zu bedeuten? Feuer? Bombenalarm? Schnell raus hier!“ Ein Teil der Konsumenten ist vielleicht starr vor Schreck, ein anderer will eventuell stürmisch nach draußen drängen. Vor den Notausgängen könnten sich Mensentrauben bilden. Die Fluchtgeschwindigkeit würde sich in diesem Fall drastisch erhöhen. Die Zeit, die die Evakuierung bräuchte, wäre um ein Vielfaches verlängert.

Um solche Szenarien zu vermeiden lässt sich zu einem prinzipiell sehr einfachen Mittel zurückgreifen, einer Sprachdurchsage. Mit dem Text „Achtung! Aufgrund eines Feueralarms bitten wir Sie das Gebäude unverzüglich zu verlassen.“ wären etwaige Missverständnisse von vornherein kaum möglich. Mit Zusätzen wie „Bitte bewegen sie sich zügig zu den Notausgängen und achten Sie auf Anweisungen des Personals!“ sind klare Anweisungen gegeben, die ein erschrecktes Erstarren verhindern sollen, aber auch eine panikartige Überreaktion. Sprachdurchsagen überbringen deutlich mehr Information und fördern so die Möglichkeiten zur richtigen Einschätzung der Situation.

Zur Umsetzung der Idee fehlt nur ein dafür konzipiertes System. Dabei handelt es sich um eine, mit dem Feuermeldesystem gekoppelte, Beschallungsanlage, die im Notfall eine Evakuierung mittels Sprachdurchsagen ermöglicht. Eine solche Einrichtung wird elektroakustisches Notfallwarnsystem genannt.

Diese Diplomarbeit befasst sich mit elektroakustischen Notfallwarnsystemen und ihren Bestimmungen, sowie der Beschreibung und dem Vergleich zweier Vertreter der Gruppe dieser Evakuierungsanlagen. Dies alles geschieht auf der Grundlage des Vorhabens des Congress Centers Hamburg ein geeignetes System in seine neue multifunktionale Ausstellungshalle zu integrieren.

2 Das Congress Center Hamburg

2.1 Daten und Fakten

Das Congress Center Hamburg (CCH) ist Teil der Hamburg Messe und Congress GmbH. Diese wurde 1972 gegründet und zählt heute 260 Mitarbeiter. 1973 wurde das Congress Center errichtet.

Zentral, in Hamburgs Innenstadt gelegen und mit angeschlossenem Hotel erfreut sich die Stätte seit Jahrzehnten großer Beliebtheit für Tagungen, Kongresse und kulturelle Veranstaltungen. So finden hier jährlich ca. 200 Kongresse, sowie ca. 200 Konzerte und gesellschaft-



Abbildung 1: CCH Luftbild

liche Veranstaltungen statt. Es können dafür zur Zeit insgesamt 19 Säle mit Platz für 30 bis 3000 Personen genutzt werden. Die für Ausstellungen zur Verfügung stehende Fläche ist auf die Foyers vor den Konferenz- und Veranstaltungssälen beschränkt. Sie beträgt ca. 4500qm. Wird mehr Platz gebraucht, so kann auf die angrenzende Messe ausgewichen werden. Diese ist zu Fuß, innerhalb von 5 Minuten, auf einem überdachten Weg durch den Park „Planten un Blumen“ zu erreichen. Das Messegelände verfügt, nach dessen Ausbau, 2008, über 84.000 m² Ausstellungsfläche in 11 Hallen. (vgl. <http://www.cch.de>)

2.2 Ausbau 2006

Um die Kapazitäten zu vergrößern und dem steigenden Interesse an Ausstellungsfläche im Congress Center nachzukommen, haben Ende 2005 umfangreiche Ausbauarbeiten im CCH begonnen. Es werden 7 zusätzliche Säle an der Westseite des Gebäudes geschaffen, die bis zu 1500 Personen aufnehmen können. Die sechs kleineren Konferenzsäle (A-F) haben eine Größe von je 300 m². Drei dieser Räume sind dazu mittels mobiler Trennwände noch weiter unterteilbar. Der siebte Raum ist ein großer Mehrzwecksaal (G) mit 1200 m² Fläche. In die Säle des neuen Traktes wird man durch ein großzügiges Foyer gelangen.

An der Südseite des CCHs wird eine 7000 m² große multifunktionale Ausstellungshalle ent-

stehen. Sie trägt dazu bei, dass sich die Gesamthallenfläche auf 12000 m² und die Anzahl der Sitzplätze auf 16000 erhöhen.

Das Vorhaben soll in 2 Bauphasen durchgeführt werden. In Bauphase I, die Ende 2006 abgeschlossen werden soll, entsteht die Ausstellungshalle H, sowie die 6 Konferenzsäle A bis F. In Bauphase II, bis voraussichtlich Mitte 2007, werden der große Saal G und das Foyer realisiert werden.

Abschließend soll nach dem Ausbau die Außenfassade des CCH runderneuert werden und eine Glasfront erhalten.(vgl. <http://www.cch.de>)



Abbildung 2: Draufsicht auf die 2.Etage nach dem Ausbau

2.3 Die multifunktionale Halle

Die multifunktionale Ausstellungshalle wird voraussichtlich Ende 2006 fertig gestellt sein. Mit einer Fläche von 7000 m² wird sie viel zusätzlichen Platz für Ausstellungen bringen. Dies ermöglicht Ausstellern sich nun in direkter räumlicher Nähe zu den Kongressen zu präsentieren und den Kongressteilnehmern somit den bisher oft üblichen Fußmarsch zum Messegelände zu ersparen. Desweiteren werden in der neu entstandenen Räumlichkeit Banquette und Tanzveranstaltungen stattfinden können.

Da die Halle direkt an den Park „Planten un Blumen“ angrenzen wird, hat man sich entschlossen sie möglichst in die grüne Umgebung einzugliedern. So wird das Gebäude zu einem Teil unter Erdniveau liegen und nur durch eine begrünte Dachkuppel auszumachen sein. Der Neubau erstreckt sich über 141 m Länge mit einer Breite von 45 m.

Die Halle ist voll unterkellert. Dabei ist das Untergeschoss reine Logistikfläche. Hier befindet sich eine Anlieferzone, die auch für LKW erreichbar ist. Sie ist über eine großzügige Ein- und Ausfahrt zu erreichen. Auf derselben Etage sind außerdem Büroräume und Künstlergarderoben untergebracht.

Ebenerdig erstreckt sich die Ausstellungsfläche. Sie ist über Eingänge von der Parkseite aus



Abbildung 3: Aussenansicht des CCHs mit Halle

oder durch Verbindungstüren vom Haupttrakt des CCHs aus zu betreten. Die Halle verfügt über eine lichte Höhe von 9 m und kann durch mobile Trennwände in 6 verschiedene Sektionen unterteilt werden. Jeder Sektion ist eine eigene Lichtstellenanlage sowie ein eigener Licht- bzw Tonregieraum zugeteilt. An den Längsseiten der Halle wurde für die Unterbringung der Regieräume eine zusätzliche Etage eingezogen.

An der Decke sind Hängepunkte angebracht. Diese sind jeweils mit bis zu 250 kg belastbar, einzelne sogar bis 1000 kg, und verschiedenst nutzbar.(vgl. <http://www.cch.de>)



Abbildung 4: CCH - Innenansicht der Halle ohne Bestuhlung

3 Problemstellung

Die neue Messe- und Kongresshalle des Congress Centers Hamburg ist ein Veranstaltungsort. Es gelten für sie, wie für andere Versammlungsstätten, Sicherheitsbestimmungen zum Schutz der Besucher und des dort arbeitenden Personals. So bestimmt die Versammlungsstättenverordnung VStättVO, § 20, Absatz 2: „Versammlungsstätten mit Versammlungsräumen von insgesamt mehr als 1.000 m² Grundfläche müssen Alarmierungs- und Lautsprecheranlagen haben, mit denen im Gefahrenfall Besucherinnen und Besucher, Mitwirkende und Betriebsangehörige alarmiert und Anweisungen erteilt werden können.“ [Ham03]

Diesen Bestimmungen muss nachgekommen werden.

Statt einer herkömmlichen Alarmierungsanlage entschieden sich die Verantwortlichen des Congress Centers aber für ein elektroakustisches Notfallwarnsystem. Damit werden nicht nur das audio- und videotechnische Equipment der Halle auf dem neuen Stand der Technik sein, sondern auch die Evakuierungsanlage.

3.1 Auftrag

Es soll also ein geeignetes elektroakustisches Notfallwarnsystem, das den Bedingungen der Norm DIN EN 60849 nachkommt, in die neue, multifunktionale Halle des Congress Centers Hamburg eingebaut werden.

Um eine Entscheidung für ein Produkt treffen zu können, müssen zuerst unterschiedliche Erzeugnisse verschiedener Hersteller verglichen werden. Nach sorgfältigem Abwägen soll die Wahl auf ein passendes System fallen. Hierbei ist vor allem auf unkomplizierte Installation und eine einfache Handhabung Wert zu legen. Außerdem sollte die Anlage ohne großen Aufwand erweiterbar sein.

Im Vorfeld ist der Kreis in Frage kommender Produkte bereits eingeschränkt worden, sodass die Entscheidung nun zwischen einem System der Firma Bosch Sicherheitssysteme und einer Anlage von Dynacord getroffen werden muss.

Nachdem das geeignetere Produkt ausgewählt wurde, wird eine Firma für Beschallungstechnik mit dem Einbau des Notfallwarnsystems betraut.

Zu den Aufgaben für die Installation gehören die Planung der Standorte aller Einheiten der Anlage, sowie die Wahl von Lautsprechern und deren Position im Raum. Um dies zu bewerkstelligen müssen Simulationen für die Abdeckung des Raumes mit ausreichendem Schallpegel durchgeführt werden, sowie solche zur Sprachverständlichkeit.

Das System muss komplett verdrahtet und am Ende vollkommen betriebsbereit an einen Verantwortlichen der Veranstaltungstechnik des Congress Centers übergeben werden.

4 Raumakustische Grundlagen

Die Akustik eines Raumes hängt ausschließlich von dessen Eigenschaften ab. Dazu gehören insbesondere die Größe und die Beschaffenheit der Begrenzungsflächen. Sie wirken sich auf die Wahrnehmung der Qualität der übertragenen Musik und die Sprachverständlichkeit aus. Nur wenn die Eigenschaften eines Raumes bekannt sind, kann eine Beschallungsanlage sinnvoll konzipiert werden (vgl. [ZZ93]).

4.1 Schallausbreitung in Räumen

Jeglicher, von einer Schallquelle abgestrahlter Schall, weist eine bestimmte Richtcharakteristik und ein gewisses Frequenzspektrum auf [AS93]. Dieser Schall trifft entweder direkt auf den Hörer oder wird von begrenzenden Flächen oder Objekten im Raum frequenzabhängig reflektiert bzw. absorbiert. Dadurch entstehen Veränderungen des Klanges. Der Hörer empfängt ein dem Raum eigenes Klangbild. Auf die Aspekte, die zu der Veränderung des Klanges beitragen wird im folgenden eingegangen:

4.1.1 Reflexion - Echo

Trifft eine Schallwelle auf ein Hindernis im Raum wird sie zu einem Anteil reflektiert, zum anderen absorbiert (siehe Kap. 4.1.2). Der Reflexionsgrad ρ bestimmt diesen Anteil reflektierten Schalls. Er ist für unterschiedliche Materialien verschieden. Durch ihn wird das Verhältnis zwischen auftreffender und reflektierter Schallenergie angegeben.

$$\rho = \frac{I_r}{I_a}$$

I_r = reflektierte Schallenergie

I_a = auftreffende Schallenergie

Ist $\rho = 1$, so bedeutet das eine vollständige Reflexion der Schallwelle. $\rho = 0$, im Gegensatz dazu, würde ein Schlucken des Schalles bedeuten. Schallwellen werden aber auch abhängig von ihrer Frequenz unterschiedlich reflektiert. So wird eine Schallwelle mit tiefer Frequenz und dementsprechend großer Wellenlänge an kleineren Hindernissen lediglich gebeugt. Für solche mit höherer Frequenz und kleinerer Wellenlänge hingegen wirkt schon eine grobe Oberflächenstruktur des Hindernisses wie eine Zusammensetzung vieler einzelner, kleiner Reflexionsflächen.

Schallwellen werden, ausgehend von einer großen Reflexionsfläche mit, in Relation zur Welle, feiner Struktur, nach dem Reflexionsgesetz reflektiert. Dabei gilt, Einfallswinkel α_e ist gleich dem Ausfallswinkel α_a . Ist die Oberflächenstruktur hingegen grob im Vergleich zur Wellenlänge, so wird die Schallwelle entsprechend den einzelnen kleinen Reflexionsflächen

in verschiedene Richtungen reflektiert. Sie wird gestreut.

Die Reflexionseigenschaften hängen also von der Größe und Oberflächenbeschaffenheit des Raumes ab. (vgl. [Raf02])

Durch den längeren Weg, den eine reflektierte Welle zurückzulegen hat, kommt sie zeitverzögert zum Direktschall beim Hörer an. Bei nur geringer Verzögerung können zwar störende Interferenzen zwischen reflektiertem und direktem Schall auftreten, doch ist die Wiederholung des Schallereignisses noch nicht wahrnehmbar. Erst ab einer Verzögerung von 50 ms bemerkt der Hörer eine Verwischung des Klanges. Ab 100 ms ist eine deutliche Signalwiederholung wahrnehmbar. Man hört ein Echo.

So können Reflexionen ein Hörerlebnis beeinflussen. Bei geringer Zeitverzögerung unterstützen sie durchaus die Deutlichkeit von Sprache und erhöhen damit die Verständlichkeit. Größere Abstände zwischen Direktschall und Reflexionen hingegen verwischen das Klangergebnis und verschlechtern die Sprachverständlichkeit. Bei musikalischen Darbietungen wirkt eine Verzögerung von bis zu 80 ms unterstützend. Hierbei erhöht sich die Durchsichtigkeit der Musik. (vgl. [Dic97])

4.1.2 Wandabsorption

Beim Auftreffen des Schalles auf eine Fläche eines Raumes wird jener Teil, der nicht reflektiert und in den Raum zurückgegeben wird, von der Fläche absorbiert. Bei der Absorption wird wiederum ein Teil des Schalles weitergeleitet und an anderer Stelle abgestrahlt, ein anderer Teil der Schallenergie in Wärme umgewandelt. Die absorbierte Schallintensität wird durch den Schallabsorptionsgrad α definiert. Der Grad der Absorption ist von der Oberflä-

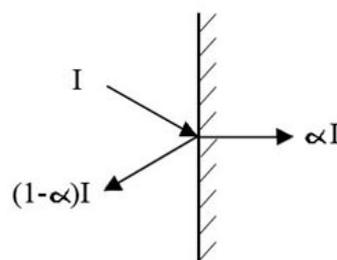


Abbildung 5: Wandabsorption

chenbeschaffenheit der Begrenzungsfläche abhängig. Eine glatte Betonwand wird so weniger Schall absorbieren, als ein mit Teppich ausgelegter Boden. Werte von $\alpha > 0,5$ werden dabei nur von porösen Stoffen bei höheren Frequenzen des relevanten Frequenzbereichs (250 Hz bis 4 kHz) erreicht. Glatter Putz oder Fensterscheiben haben hier einen Absorptionsgrad unter 0,2. $\alpha = 1$ besäße ein Material, das den Schall zu 100% schluckt, ein α von 0 hingegen würde bedeuten, dass sämtlicher Schall reflektiert würde. Um die Absorptionseigenschaften

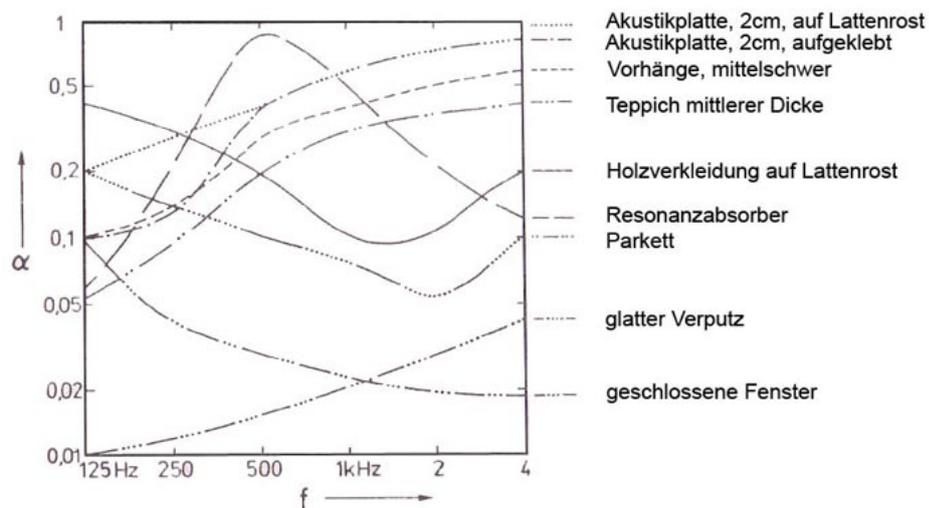


Abbildung 6: Wandabsorptionsgrad für unterschiedliche Materialien

eines Raumes zu berechnen, multipliziert man jede Teilfläche mit ihrem jeweiligen Absorptionsgrad und summiert dann alle Produkte. (vgl. [Dic97])

$$A = \sum \alpha_i S_i$$

α_i = Absorptionsgrad

S_i = Teilfläche in m^2

4.1.3 Hallradius

Der Hallradius hängt ausschließlich von der Oberflächenbeschaffenheit der Flächen des Raumes ab.

Der von einer Schallquelle in den Raum abgegebene Schall wird von den umliegenden Flächen, wie in Kap. 4.1.2 beschrieben, zum Teil reflektiert. Der zurück geworfene Anteil strahlt wieder in den Raum und wird an der nächsten Begrenzungsfläche erneut reflektiert. Dieser Vorgang wiederholt sich. Nach einiger Zeit ist der Raum komplett mit reflektierten Schallwellen aus allen Richtungen durchmischt. Es ist ein diffuses Schallfeld entstanden. Im idealen Fall breitet sich dieses gleichmäßig zu allen Seiten aus und besitzt keine bevorzugte Richtung. Um die Schallquelle herum bleibt ein Direktschallfeld bestehen, welches mit zunehmender Entfernung von der Schallquelle abnimmt. An einem gewissen Punkt im Raum ist der Diffusschall gleich groß dem Direktschall. Der Abstand dieses Punktes zur Schallquelle wird als Hallradius bezeichnet.

Der Hallradius wirkt sich ausschlaggebend auf die Verständlichkeit übertragener Sprache aus. Diese ist umso besser, je größer die Differenz zwischen Diffusschall- und Direktschallpegel ist. Dabei ist innerhalb des Hallradius die beste Verständlichkeit gewährleistet, da der

Direktschallpegel über dem des Diffusschalles liegt. Allgemein kann man sagen, dass der Diffusschallpegel nicht mehr als 9 dB über dem des Direktschalles liegen sollte, welches in etwa dem doppelten Hallradius entspricht. (vgl. [AS93])

4.1.4 Nachhall

Die Nachhalleigenschaft eines Raumes ist für den wahrgenommenen Klangeindruck ebenso wichtig, wie das Wandabsorptionsvermögen und der Hallradius. Sie ist aber auch direkt von genau diesen Faktoren abhängig. Wird ein kurzer Schallimpuls in den Raum abgegeben, wie beispielsweise ein Pistolenschuss, so kann man beobachten, dass kurz nach der Ankunft des Direktschalls erste Reflexionen den Empfänger erreichen, auch Anfangsreflexionen genannt. Darauf folgen, wie bereits in Kap. 4.1.3 beschrieben, weitere mehrfach zurückgeworfene Reflexionen, die das diffuse Schallfeld bilden. Durch absorptionsfähige Grenzflächen werden sie von Reflexion zu Reflexion in ihrer Intensität abgeschwächt. Diese dicht aufeinander folgenden Mehrfachreflexionen bezeichnet man als Nachhall. (vgl. [Dic97])

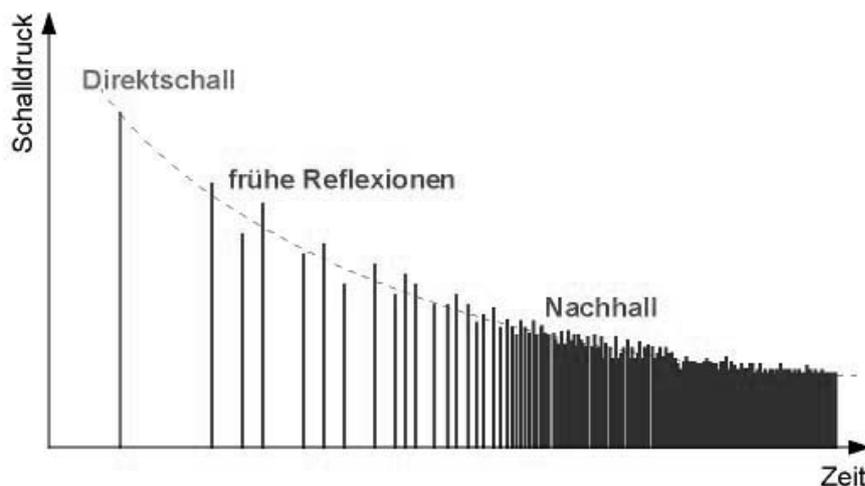


Abbildung 7: Raumantwort bei Impulsschallanregung

4.1.4.1 Nachhallzeit T

Die Nachhallzeit T berechnet sich aus dem Volumen V des Raumes und der gesamten Absorptionsfläche A. Die Formel dafür lässt sich wie folgt darstellen:

$$T = 0,163 \frac{A}{V}$$

V = Volumen des Raumes in m³

A = Absorptionsfläche in m²

Diese Formel stützt sich auf empirische Untersuchungen von *W.C. Sabine*.¹

Die Nachhallzeit T ist als die Zeit definiert, in der der Schallpegel um 60 dB abgenommen hat, bzw die Schallintensität auf 10^{-6} oder der Schalldruck auf 10^{-3} abgesunken sind. T ist außerdem frequenzabhängig. Sie ist bei tieferen Frequenzen länger, als bei höheren. Dies ist mit den verschiedenen Absorptionseigenschaften der Grenzflächen zu begründen, welche ja ebenfalls frequenzabhängig sind. Eine kurze Nachhallzeit kennzeichnet einen „trockenen“ Raum. Die Sprachverständlichkeit ist in diesem Fall sehr gut. Eine lange Nachhallzeit bedeutet schlechte Sprachverständlichkeit, jedoch kann mit nur geringer Schalleistung ein deutlich höherer Pegel erreicht werden als in „trockenen“ Räumen. So stellt die Nachhallzeit den wichtigsten Faktor für die Beurteilung der Akustik von Räumen dar, da sie die Halligkeit beschreibt.

Aus dem Grund, dass unterschiedliche Darbietungen (z.B. Lesung im Gegensatz zum Violinkonzert) verschiedene Nachhallzeiten erfordern um einen jeweils guten Klangeindruck erbringen zu können, sollte schon bei der Konzeption eines Raumes, in Hinsicht auf den Nachhall, auf die später geplante Verwendung Rücksicht genommen werden. Hinzukommend spielt auch die unterschiedliche, subjektive Klangempfindung jedes Hörers eine Rolle. Dennoch kann man gewisse Richtwerte für „optimale“ Nachhallzeiten festlegen. (vgl. [Raf02], [ZZ93])

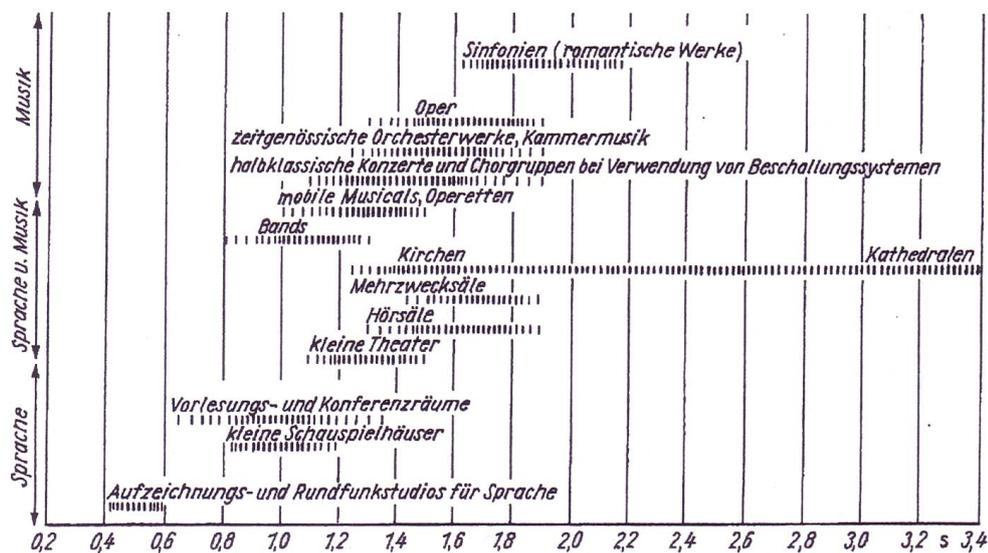


Abbildung 8: optimale Nachhallzeiten im Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 1000 Hz

¹Wallace Clement Sabine (1868 - 1919), amerik. Physiker und Pionier auf dem Gebiet der Raumakustik

4.2 Sprachverständlichkeit

Der Grad der Sprachverständlichkeit basiert grundsätzlich auf subjektiven Eindrücken Einzelner. Dennoch versucht man durch die Auswertung einer großen Anzahl von Untersuchungsergebnissen annähernd objektive, allgemein anwendbare Richtlinien zu erreichen. Ein hohes Maß an Sprachverständlichkeit im gesamten Zuhörerraum ist wünschenswert. Der Grad der Sprachverständlichkeit wird in Prozent angegeben. 100% bedeuten eine hohe Verständlichkeit, bei 0% wird hingegen nichts verstanden. Folgende Faktoren spielen dabei eine Rolle (vgl. [ZZ93]):

- **Übertragungsbandbreite:** Bei zu starker Abschwächung hoher Frequenzen leidet die Verständlichkeit höhenbetonter Konsonanten (z.B. s, sch, t). Entsprechend können bei einer Tiefenbetonung Vokale schlechter verstanden werden.
- **Nichtlineare Verzerrungen:** Hierdurch erzeugte Summen- oder Differenzöne wirken sich negativ auf die Verständlichkeit aus. Jedoch kann das menschliche Gehör Verzerrungen bis zu 10% kompensieren, sodass sie keinen Einfluss auf die Sprachverständlichkeit haben.
- **Störabstand:** Liegt der Störpegel zu nah am Pegel des Nutzsignales, wird die Sprachverständlichkeit in Mitleidenschaft gezogen. Information wird übertönt. Aus diesem Grund versucht man den Schallpegel des Nutzsignals mindestens 20 dB über dem gemittelten Störpegel zu halten, um eine gute Verständlichkeit zu gewährleisten.
- **Halligkeit, Echo:** Reflexionen des Schalles, die, in ausreichender Stärke, nach mehr als 50 ms hinter dem Direktschall eintreffen, führen im menschlichen Gehör bereits zu einem verwischtem Schalleindruck oder werden als Echo wahrgenommen. Sie wirken sich negativ auf die Sprachverständlichkeit aus. Gegensätzlich dazu werden jene Reflexionen, die nach weniger als 50 ms eintreffen vom Gehör zu einem höheren Nutzschaallpegel zusammengefasst, was durchaus positiv ist.

Um nun die tatsächliche Menge der vom Gehör erfassten Information zu ermitteln, werden sogenannte „Logatome“ übertragen. Diese sind kontextfreie Silben, die mit keinem bekannten Wort assoziiert werden können (z.B. bag, klov, brin). Die gemittelte Prozentzahl der von den Hörern beim Logatomtest korrekt verstandenen Silben ergibt den Richtwert für die Sprachverständlichkeit: > 90% = sehr gut, 80-90% = gut, 65-80% = befriedigend, 45-65% = ausreichend, < 45% = nicht ausreichend. Zudem können der „Freiburger Einsilber-Test“, bei dem einsilbige Worte verwendet werden (z.B. Ring, Hang, Geist), oder ein „Reimtest“, bei dem der Hörer aus fünf ähnlichen Worten das vermeintlich gehörte auswählen muss, durchgeführt werden. Sie bieten jeweils eine höhere Rückschlußwahrscheinlichkeit auf das übermittelte Wort und erzielen somit zumeist höhere Zahlenwerte als der Logatomtest.

Eine der normalen Sprache nachempfundene Häufigkeit der Laute, sowie der Lautverbindungen, wird bei den Tests zumeist verwendet und als phonetisch ausgeglichene Wortfolge bezeichnet. (vgl. [AS93])

4.2.1 Haas-Effekt (Precedence-Effekt)

Der Haas-Effekt wird auch als Gesetz der ersten einfallenden Wellenfront bezeichnet. Er beschreibt das Phänomen, dass das menschliche Ohr eine Signalquelle nach der ersten einfallenden Wellenfront ortet. Treffen zeitverzögert auch Wellen aus einer Sekundärquelle ein, so lokalisiert der Mensch das Schallereignis dennoch in Richtung der Primärquelle. Jedoch nur, solange der Pegel des Sekundärsignals nicht mehr als 10 dB höher und das Signal an sich nicht mehr als 50ms verzögert ist. Liegt der zeitliche Abstand der zwei Schallfronten zwischen 50ms und 100ms erscheint der Klang verwischt. Ein Echo wird wahrgenommen, sobald eine Verzögerung von mehr als 100ms zwischen den beiden Schallquellen besteht und das Sekundärsignal einen gewissen Mindestpegel aufweist.

Diesen Effekt macht man sich in der Beschallungstechnik zu Nutze. In bestimmter Entfernung der Hauptlautsprecher werden weitere Lautsprecher eingesetzt, die verzögert abstrahlen und somit das Schallereignis unterstützen, ohne die Richtungswirkung zu beeinflussen. (vgl. [AS93], [Raf02])

4.2.2 Deutlichkeitsmaß C_{50} und Klarheitsmaß C_{80}

Das Deutlichkeitsmaß C_{50} ist ein Maß zur Beurteilung der Sprachverständlichkeit. Es dient zur Abschätzung der Deutlichkeit. Es stellt das Verhältnis der Schallenergiepegel dar, die vor bzw. nach 50 ms gemessen werden.

$$C_{50} = 10 \lg \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t) dt} \text{ dB}$$

C_{50} = Deutlichkeitsmaß,

p = Schalldruck

Am Zeitpunkt $t = 0$ ms trifft der Direktschall ein. Beträgt C_{50} 0 dB, so ist die Energie des Direktschalls plus aller innerhalb der ersten 50ms eintreffenden Echos gleich groß der Energie der danach folgenden Echos. Um eine sehr gute Verständlichkeit zu erreichen braucht man ein Deutlichkeitsmaß ≥ 2 dB, für gute Verständlichkeit sollte C_{50} zwischen -3 dB und 2 dB liegen. Bis zu $C_{50} \leq -8$ dB ist allerdings eine noch ausreichende Verständlichkeit möglich.

Das Klarheitsmaß C_{80} entspricht dem Deutlichkeitsmaß C_{50} . Es bezieht sich allerdings auf die Durchsichtigkeit von traditioneller Musik. Da der Mensch bei Musik erst nach 80 ms anfängt Echos wahrzunehmen, wird in diesem Fall die Zeitgrenze von 50 ms durch 80 ms ersetzt.

$$C_{80} = 10 \lg \frac{\int_0^{80ms} p^2(t) dt}{\int_{80ms}^{\infty} p^2(t) dt} \text{ dB}$$

C_{80} = Klarheitsmaß,

p = Schalldruck

Auch hier trifft der Direktschall bei $t = 0$ ms ein. Für eine hohe Durchsichtigkeit der Musik sind Werte über 0 dB nötig. Darunter sind auch noch ausreichende Ergebnisse zu erzielen, jedoch sollte der Wert die -3 dB-Grenze nicht unterschreiten.

Es können auch statistische Werte für das Deutlichkeits- und Klarheitsmaß berechnet werden.

$$C_{50stat} = 10 \lg \frac{(r_H/r_{LH})^2 + 1 - e^{(-0,69s/T)}}{e^{(-0,69s/T)}}$$

$$C_{80stat} = 10 \lg \frac{(r_H/r_{LH})^2 + 1 - e^{(-1,1s/T)}}{e^{(-1,1s/T)}}$$

C_{50stat} = statistisches Deutlichkeitsmaß in dB,

C_{80stat} = statistisches Klarheitsmaß in dB,

r_{LH} = Entfernung Quelle - Hörer,

r_H = Hallradius,

T = Nachhallzeit in s

Das Deutlichkeits- und Klarheitsmaß stehen in Abhängigkeit von der Nachhallzeit T . Steigt T , sinken Deutlichkeits- bzw. Klarheitsmaßwerte und damit Sprachverständlichkeit bzw. Durchsichtigkeit. Um eine hohe Deutlichkeit zu erreichen, welche in gewissen Räumen erforderlich ist (z.B. Filmvorführräume: $C_{50} = 3-4$ dB, Mehrzwecksäle: $C_{50} = 0-4$ dB), sollten diese Räume schon von der akustischen Gestaltung sowie der Wahl der Beschallungsanlage dementsprechend ausgelegt werden. (vgl. [ZZ93], [AS93])

4.2.3 Artikulationsindex AI

Der Artikulationsindex AI gibt das Verhältnis von Nutzschaall zu Störschaall an. Es werden im Terz- und Oktavband der gemittelte Störschaallpegel vom Sprach-Spitzenschaallpegel abgezogen und das Ergebnis, die Terz- bzw Oktavdynamik, unterschiedlich, je nach Filtermittenfrequenz, gewichtet. Ein Artikulationsindex von über 80% ist sehr gut, 60% bis 80% sind gut, zwischen 45% und 60% ist er zufriedenstellend, 35% bis 45% sind nur noch ausreichend und unter 35% sind unbefriedigend. (vgl. [ZZ93])

4.2.4 Konsonantenverlust AL_{cons}

Versuche haben ergeben, dass das Verstehen eines Wortes direkt mit dem Verstehen der im Wort vorkommenden Konsonanten gekoppelt ist. Diese sind Überbringer der Information. Werden Konsonanten nun vom Nachhall lauter Vokale überdeckt, so wirkt sich das negativ auf die Verständlichkeit des Wortes aus.

Dieser Konsonantenverlust oder Artikulationsverlust kann berechnet werden. Hierzu bedient man sich folgender Gleichung:

$$AL_{cons} \approx 0,652 \frac{(r_{LH})^2}{\gamma(r_H)^2} T\%$$

AL_{cons} = Konsonantenverlust,

r_{LH} = Entfernung Quelle - Hörer,

r_H = Hallradius,

γ = Bündelungsgrad,

T = Nachhallzeit in s

Durch diese Gleichung wird die Menge der bei der Sprachübertragung verloren gegangenen Konsonanten in Prozent ermittelt. AL_{cons} ist abhängig von der Entfernung zwischen Schallquelle und Empfänger, den raumspezifischen Faktoren Hallradius und Nachhallzeit, sowie dem Bündelungsgrad des Lautsprechers. Bei Verlängerung der Nachhallzeit und Vergrößerung des Abstandes zwischen Schallquelle und Empfänger wird AL_{cons} größer, die Verständlichkeit verschlechtert sich. (vgl. [AS93])

Nach *Peutz* [Peu71] erreicht

$AL_{cons} \leq 2\%$ eine sehr gute Verständlichkeit,

$AL_{cons} = 2 - 7\%$ eine gute Verständlichkeit,

$AL_{cons} > 7\%$ eine befriedigende Verständlichkeit,

$AL_{cons} > 20\%$ eine nicht ausreichende Verständlichkeit.

4.2.5 Sprachübertragungsindex STI, RASTI

Der Sprachübertragungsindex STI (*Speech Transmission Index*) berücksichtigt, im Gegensatz zu den vorher genannten Verfahren zur Bewertung der Sprachverständlichkeit, nicht nur Störsignale bzw Raumreflexionen, sondern hinzukommend noch weitere mögliche Signalveränderungen und Fremdgeräusche. Um diese Faktoren in die Ermittlung des STI mit einzubeziehen bedient man sich bei diesem Verfahren eines oktavbreit gefilterten Rosa Rauschens, welches mit unterschiedlichen Modulationsfrequenzen amplitudenmoduliert wird. Auf diese Weise in den Hörerraum abgestrahlt, wird es dann an verschiedenen Meßpunkten wieder abgenommen. In 98 Einzelmessungen ermittelt man den Modulationsreduktionsfaktor, der sich auf den Sprachübertragungsindex rückführen läßt.

Zur Beurteilung der Sprachübertragung ergibt ein STI zwischen 0,75 und 1 ein ausgezeichnetes Ergebnis, zwischen 0,6 und 0,75 ein gutes. Zwischen 0,45 und 0,6 ist es befriedigend, zwischen 0,3 und 0,45 mangelhaft. Darunter ist die Qualität der Übertragung unbrauchbar.

RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*) ist eine Vereinfachung der Berechnung des STI unter zur Hilfenahme von lediglich 9 Messungen. (vgl. [ZZ93])

4.2.6 Allgemeine Verständlichkeitsskala

Bei allen oben genannten Meßverfahren beziehen sich die jeweiligen Verständlichkeitswerte auf eine eigene Skala. Es ist also weder möglich die Ergebnisse untereinander zu vergleichen, noch sich auf eine einzelne aussagekräftige Zahl für die Verständlichkeit zu beschränken. Um dies zu realisieren wurden deshalb Beziehungen zwischen den verschiedenen Ergebnissen ermittelt und die Allgemeine Verständlichkeitsskala (*Common Intelligibility Scale - CIS*) eingeführt. (vgl. [P.W95])

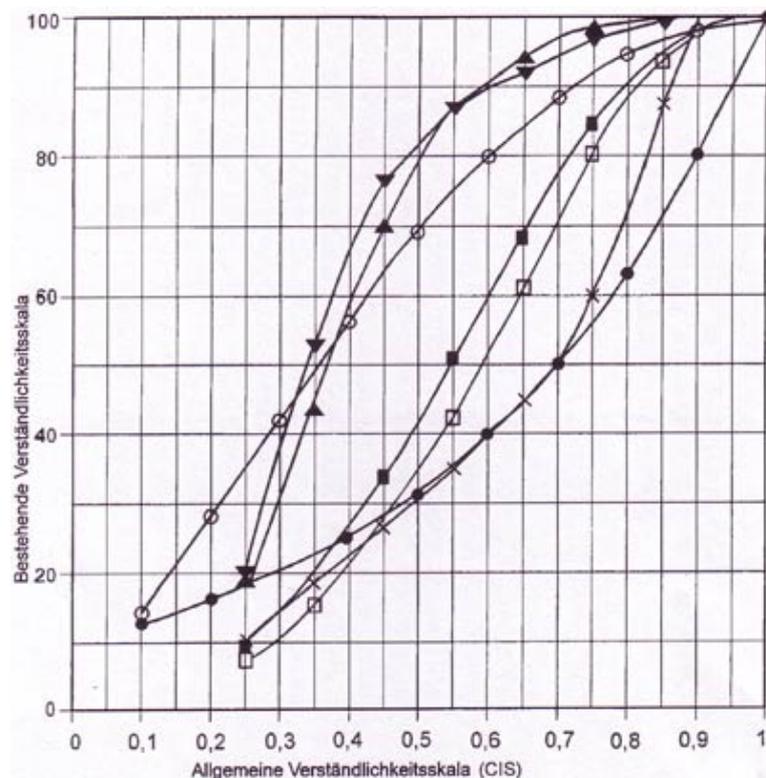


Abbildung 9: Allgemeine Verständlichkeitsskala nach *Barnett*

- ▼ Phonetisch ausgeglichene Wortfolge (mit 256 Worten)
- Phonetisch ausgeglichene Wortfolge (mit 1000 Worten)
- ▲ Kurze Sätze
- 1000 Silben
- X Artikulationsindex
- Sprachübertragungsindex (100 x STI)
- Konsonantenverlust (100 - AL_cons)

5 Elektroakustische Notfallwarnsysteme

5.1 Definition

In vielen europäischen Ländern werden seit Jahren elektroakustische Notfallwarnsysteme als Alarmierungshilfe in Brandfällen eingesetzt. Zumeist sind sie mit dem Brandmeldesystem gekoppelt und werden somit zur Übertragung der Notsignale automatisch angeregt. Der Term „elektroakustisches Notfallwarnsystem“ wird nur für Evakuierungssysteme verwendet, die gewissen Sicherheitsbestimmungen nach IEC 60849² entsprechen (siehe 5.2).

Durch den Bau immer größerer und komplexerer Gebäude in Europa steigt der Bedarf an standardisierten Systemen, die eine möglichst effektive Evakuierung in Ernstfällen ermöglichen. Hinzukommend kann ein elektroakustisches Notfallwarnsystem auch gleichzeitig für die Übertragung von Hintergrundmusik und Rufdurchsagen benutzt werden. Somit macht es die zusätzliche Installation einer weiteren Beschallungsanlage unnötig und trägt effektiv zur Kostensenkung beim Gebäudebau bei.

Elektroakustische Notfallwarnsysteme dienen aber vor allem der sicheren und schnellen Alarmierung und Evakuierung von Personengruppen im Brandfall und anderen lebensbedrohenden Notfallsituationen. Zur Anwendung kommen sie zumeist in größer bemessenen öffentlichen Gebäuden. Dies können unter anderem Schulen, Flughäfen, Hotels, Fußballstadien, Kaufhäuser oder Krankenhäuser sein. Im Ernstfall alarmieren mit solch einem System Signaltöne, kombiniert mit eindeutigen Sprachdurchsagen, die im Gebäude befindlichen Menschen. Im Gegensatz zum bekannten Schrillen einer Alarmglocke überbringen deutliche Sprachdurchsagen wesentlich mehr Information und ermöglichen so den gefährdeten Personen eine bessere Einschätzung der Situation.

Als herkömmliche Signalgeber zur Alarmierung dienten lange Zeit Hupen, Wecker oder Sirenen, doch werden diese im zunehmenden Maße von der Öffentlichkeit ignoriert. Durch den geringen Informationsgehalt, den ein herkömmliches Alarmsignal überträgt, kann es zu Fehleinschätzungen der Situation kommen. Handelt es sich beim Schrillen einer Alarmglocke nun um einen Brand, einen Unfall im Haus, eine Bombendrohung eine Feuerwehrrübung oder ist der Alarm fälschlicherweise ausgelöst worden? Muss schnellstens evakuiert werden oder dient es nur als Warnung? Eben dieser Mangel an Kommunikation kann im schlimmsten Fall zu Panikreaktionen führen.

Man ist sich nicht sicher, was passiert ist, wo man hin muss, was zu tun ist. Dies würde eine schnellstmögliche Evakuierung erschweren. Im anderen Extrem wird auf das Signal kaum reagiert und es als Fehlalarm abgetan, welches im Ernstfall keineswegs erstrebenswert ist.

²IEC = International Electrotechnical Commission

Der Mensch zeigt nachweislich auf das gesprochene Wort die schnellste Reaktion, schneller, als auf jede andere Art der Anweisung. So kann im Brandfall automatisch, sonst manuell ausgelöst das System durch Einsatz von Sprachdurchsagen in Kombination mit akustischen Signalen Personen in gefährdeten Gebäudebereichen informieren und gezielt evakuieren. Gerade in mehrstöckigen Gebäuden ist es häufig sinnvoll, Stockwerk für Stockwerk zu evakuieren, da sonst Engpässe in den Treppenhäusern auftreten können.

Elektroakustische Notfallwarnsysteme erleichtern aber nicht nur die Kommunikation, sondern können außerdem zur Fluchtwegsteuerung eingesetzt werden. Für verschiedene Gebäudeteile mit individuellen Sprachdurchsagen programmiert, kann immer der jeweils schnellste Fluchtweg akustisch mitgeteilt werden. So ist es möglich ein „Leitsystem“ durch das Haus zu installieren. In Gebäuden mit internationalem Publikum ist es erstrebenswert essentielle Mitteilungen auch in anderen Sprachen zu übertragen. Die Programmiermöglichkeit verschiedener Ansagen macht dies durchführbar.

Um zuverlässige Funktionalität und Ausfallsicherheit sicherzustellen unterliegen Evakuierungssysteme strengen Auflagen nach DIN EN 60849.

5.2 Anforderungen an das System

Die Anforderungen an ein Evakuierungssystem sind in der Norm DIN EN 60849 festgehalten. Diese europäische Norm über elektroakustische Notfallwarnsysteme enthält die deutsche Übersetzung der internationalen Norm IEC 60849. Sie hat den Status einer deutschen Norm und ist seit dem 1.4.1998 gültig.

5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Der genaue Anwendungsbereich der Norm EN 60849 ist in Kapitel 1 ebendieser wie folgt definiert: „Diese Norm gilt für Schallverstärkungs- und Schallverteilungssysteme, die in Notfallsituationen eingesetzt werden, um Personen, die sich in einem Bereich innerhalb oder außerhalb eines Gebäudes aufhalten, zu veranlassen, diesen Bereich schnell und geordnet zu räumen.“ Das bedeutet, sobald eine Beschallungsanlage auch zur Evakuierung in Notfällen genutzt wird, muss sie den Auflagen nach EN 60849 unterliegen.

Folgende Kriterien sind bei Betrieb eines Evakuierungssystems zu beachten (vgl.[DIN99]):

- Sobald ein Alarmfall eintritt, sind alle anderen Funktionen, wie Hintergrundmusik oder Personenrufe, vom System automatisch abzuschalten.

- Das System muss zu jedem Zeitpunkt einsatzbereit sein, außer es wird durch den eintretenden Notfall selbst außer Kraft gesetzt.
- Das System muss innerhalb von 3 s nach dem Empfang des Notfallsignals eines Brandmelders oder dem manuellen Einschalten ein erstes Alarmsignal aussenden. Wird das Notfallsignal automatisch ausgelöst, so beeinhaltet die 3 s Reaktionszeit die Zeitspanne zwischen Feststellung einer Notsituation und Verbreitung des ersten Signals.
- Ist keine Haupt- oder Reservestromversorgung angelegt, muss spätestens 10 s nach Anlegen dieser das System die Alarmaussendung starten.
- „Das System muss Aufmerksamkeitssignale und Durchsagen in einem oder mehreren Bereichen gleichzeitig verbreiten können. Im Wechsel mit einer oder mehreren gesprochenen Mitteilung(en) muß mindestens ein geeignetes Aufmerksamkeitssignal gesendet werden.“[DIN99]
- Zwischen einzelnen Durchsagen dürfen nicht mehr als 30 s liegen. Werden 10 s Pause überschritten, so muss mindestens ein Aufmerksamkeitssignal gesendet werden. Der ersten gesprochenen Mitteilung muss ein Aufmerksamkeitssignal vorausgehen. Die Pause zwischen dem Signal und der Durchsage muss zwischen 4 s und 10 s liegen. Die Aussendung von Signalen und Mitteilungen muss andauern bis sie manuell beendet wird.
- Die Durchsagen müssen „klar, kurz, eindeutig und, wenn durchführbar, vorbereitet sein“ [DIN99]. Im Vorhinein aufgenommene Mitteilungen müssen nichtflüchtig, in beispielsweise Halbleiterspeichern, gesichert werden. Es muss unmöglich sein, die aufgezeichneten Daten von außen zu zerstören oder durcheinander zu bringen. Die Verfügbarkeit der gespeicherten Durchsagen muss permanent überwacht werden. Die verwendeten Sprachen der Mitteilungen müssen beim Kauf angegeben werden.
- Es muss zu jeder Zeit Anzeigen zur Kontrolle der korrekten Funktion des Systems geben, die Überwachungsparameter empfangen.
- „Der Ausfall eines einzelnen Verstärkers oder Lautsprecherstromkreises darf nicht zu einem vollständigen Ausfall der Versorgung des Lautsprecherbereiches führen.“[DIN99] Das heißt, es müssen immer mehrere Lautsprecherstromkreise in Betrieb, sowie Ha-varieverstärker vorhanden und einsatzbereit sein.
- Eine vorhandene Reservestromversorgung ist unbedingt verpflichtend.
- Das System muss in Notfall-Lautsprecherbereiche aufgeteilt werden, wenn dies für eine sinnvolle Räumung erforderlich ist. Dabei darf die Verständlichkeit der Durch-

sagen in einem Bereich nicht wesentlich durch andere Durchsagen aus benachbarten Bereichen vermindert werden. Ein Notfallmeldebereich beinhaltet genau einen Notfall-Lautsprecherbereich.

5.2.1.1 Prioritäten

Um sicherzugehen, dass Mitteilungen höchster Priorität (Räumungsalarm) zuerst in jenen Bereichen mit größter Gefahr ausgesendet werden, ist es erforderlich eine Reihenfolge der Dringlichkeit einzuführen. Empfohlen wird jene Unterteilung:

- Räumung - die Situation ist lebensbedrohend, es muss unmittelbar geräumt werden.
- Alarm - die Situation ist gefährlich, eine Räumung kann bevorstehen.
- Kein Notfall - Testbetrieb zur Überprüfung des Systems, Betriebsmitteilungen.

Funktioniert das Elektroakustische Notfallwarnsystem vollautomatisch, muss dennoch eine Möglichkeit zum manuellen Eingriff in das Geschehen vorhanden sein. Hiermit soll auf die Art der aufgenommenen Durchsagen und der Mitteilungen über ein Notfallmikrofon Einfluss genommen werden können, sowie auf die Aussendung dieser in die unterschiedlichen Bereiche. (vgl.[DIN99])

Ein manuelles Eingreifen erfordert Bedienelemente am zentralen Bedienungspunkt mit denen, nach EN 60849, Kapitel 4, folgendes möglich ist:

- „Starten und Beenden von vorher aufgenommenen Alarmmitteilungen.“
- „Auswählen von geeigneten vorher aufgenommenen Alarmmitteilungen.“
- „An- oder Abschalten von ausgewählten Lautsprecherbereichen.“
- „direktes Verbreiten von Mitteilungen über ein Notfallmikrofon (falls vorhanden).“

Es ist zu beachten, dass das Notfallmikrofon oberste Priorität besitzt und, in Betrieb genommen, alle anderen Durchsagen unterdrückt. (vgl.[DIN99])

5.2.1.2 Verantwortlicher

Es muss eine entsprechend geschulte Person benannt werden, welche für die ordnungsgemäße Wartung und Reparatur des Systems verantwortlich ist. (vgl.[DIN99])

5.2.2 Technische Anforderungen

5.2.2.1 Sprachverständlichkeit

Die Sprachverständlichkeit muss im gesamten Lautsprecherbereich auf der Allgemeinen Verständlichkeitsskala (CIS - common intelligibility scale) Werte größer oder gleich 0,7 erreichen. Wird das System in einem Bereich betrieben, in dem durch wiederkehrende Systemprüfungen allen Personen die Durchsagen bereits bekannt sind, so kann dieser Wert geringfügig nach unten korrigiert werden. Bereiche, in denen sich selten oder nie Personen aufhalten, können vom Wirkungsbereich ausgeschlossen werden. (vgl.[DIN99])

5.2.2.2 Automatische Zustandsanzeige

Das System muss am Bedienungsplatz folgende Zustände automatisch anzeigen (siehe [DIN99]):

- „Einsatzbereitschaft des Systems;“
- „Einsatzbereitschaft der Stromversorgung;“
- „jeder fehlerhafte Zustand;“
- „(bei Systemen mit mehreren Lautsprecherbereichen) gewählte Lautsprecherbereiche und die Betriebsart jedes Bereiches, z.B. „Räumen“ oder „Alarm“, und die Vorauswahl des Notfallmikrofons. Wenn verschiedene Alarmmitteilungen vorliegen, von denen die Räumung abhängt, muss durch ein geeignetes Verfahren angezeigt werden, welche Mitteilung in welchem Bereich zu verbreiten ist. Diese Information muss fortlaufend angezeigt und auf dem neuesten Stand gehalten werden.“

5.2.2.3 Automatische Fehlerüberwachung

An vorher bestimmten Orten, wie dem Standpunkt der Hauptanlage, muss jeder Fehler des Systems automatisch gemeldet werden. Dies beinhaltet unter anderem die Anzeige von (siehe [DIN99]):

- Kurzschluß, Abschaltung oder Ausfall der Haupt- oder Reservestromversorgung oder jedes Batterieladegerätes, das mit Haupt- bzw Reservestromversorgung gekoppelt ist;
- Ausfall eines Mikrofons oder der Schwingspule einer Mikrofonskapsel, sowie Ausfall eines Vorverstärkers oder eine Unterbrechung des Kabelweges;
- „Fehlen von Verstärkern oder kritischen Modulen“;
- Ausfall eines Reserveverstärkers oder kritischer Signalpfade in der Verstärkerkette;

- „Ansprechen einer Sicherung oder Auslösen eines Schutzschalters, einer Trennung oder einer Schutzeinrichtung, die die Verbreitung des Notfallalarms verhindern könnte“;
- „Ausfall eines Lautsprecherstromkreises“;
- „Ausfall des Notfall-Signalgenerators, einschließlich des Speichers für vorher aufgezeichnete Notfallmitteilungen“;
- „Kurzschluß oder Unterbrechung von optischen Alarm-Anzeigeeinrichtungen“;
- „Ausfall eines Prozessors für die Ausführung seines Software-Programms“;

Die Anzeige muss innerhalb der ersten 100 s nach Eintreten eines Fehlers erfolgen. Neben der visuellen Fehleranzeige muss ein Alarmsignal ertönen, welches mindestens alle 5 s ertönt. Dieses Signal muss automatisch eingeschaltet werden. Die Sichtanzeige sollte durchgehend oder blinkend aufleuchten. Mittels einer Bestätigungsvorrichtung können das visuelle, sowie das Schallsignal abgeschaltet werden. Tritt erneut ein Fehler auf müssen diese jedoch reaktivieren. (vgl.[DIN99])

5.2.2.4 Überwachung der softwaregesteuerten Geräte

Die richtige Funktion der Systemsoftware muss durch Überwachungsschaltungen und Selbstprüfung der Mikroprozessoren gewährleistet werden. Dabei darf durch den Ausfall eines Mikroprozessors die Überwachungsschaltung selbst nicht beeinträchtigt werden. Sie muss ihrer Aufgabe als Fehlermelder und -signalisierer auch in diesem Fall ungehindert nachkommen können.

Tritt ein Fehler in der Ausführung der Software auf, so muss die Überwachungsschaltung automatisch eine Fehlerwarnung auslösen und gleichzeitig, nach Reinitialisation des betroffenen Prozessors, das Programm neu starten. Danach soll der Speicher auf verfälschte Daten untersucht werden und der Ausfall aufgezeichnet oder das Gerät zurückgesetzt werden (mit optischem und akustischem Hinweis, dass ein Rücksetzen passierte). (vgl.[DIN99])

5.2.2.5 Schnittstelle mit dem Notfallmeldesystem

Eine intakte Verbindung zwischen dem Brandmeldesystem und dem Alarmdurchsagesystem ist unverzichtbar. Durch sie wird eine unverzügliche Alarmierung im Brandfall ermöglicht. Es ist sinnvoll bei größeren Systemen jede der einzelnen dezentralen Steuereinheiten mit dem Brandmeldesystem zu verbinden, um zu jedem Zeitpunkt eine zuverlässige Funktion zu garantieren. Bei einer einzelnen Verbindung mit einer zentralen Steuereinheit ist die Gefahr eines Ausfalls sehr groß.

Bricht dennoch eine Verbindung während des Ernstfalles zusammen, so müssen die einmal

ausgelösten Alarmdurchsagen weiterhin verbreitet werden. Nur Alarmmitteilungen höherer Priorität können den Vorgang unterbrechen. (vgl.[DIN99])

Die Fehlerüberwachung der Verbindungen muss kontinuierlich geschehen. Auch Fehler in der Beschallungsanlage müssen durch das Notfallmeldesystem angezeigt werden. Die Beschallungsanlage selbst sollte dabei in der Lage sein eine allgemeine Fehlermeldung an das System zu senden. (vgl.[DIN99])

5.2.2.6 Reservestromversorgung

Fällt die Hauptstromversorgung in einem zu räumenden Gebäude aus, so muss eine Reservestromversorgung einspringen, die das Notfallwarnsystem für eine Zeitspanne betreiben kann, die der doppelten Räumungszeit entspricht. Die Räumungszeit ist für jedes Gebäude individuell und wird von einem Sachverständigen festgelegt. Die minimale Betriebszeit des Notstroms beträgt in jedem Fall 30 min.

Muss das Gebäude nicht geräumt werden, sollte die Reservestromversorgung fähig sein das System mindestens 24 h am Laufen zu erhalten. Ist ein Notfallgenerator vorhanden, der das System 30 min betreiben kann, so reicht es, wenn die Reservestromversorgung lediglich 6 h überbrücken kann. Wird ein geräumtes Haus erst nach einigen Tagen wieder bezogen, so ist sicherzustellen, dass das Notfallwarnsystem weiterhin für mindestens 30 min versorgt ist. (vgl.[DIN99])

Eine batteriebetriebene Reservestromversorgung muss eine automatische Ladeeinrichtung besitzen. Mit dieser muss es möglich sein die Batterie innerhalb von 24 h auf mindestens 80% ihrer Nennkapazität aufzuladen.

Die Batterien müssen eine angegebene Lebensdauer von mindestens 4 Jahren haben. Um diese zu erreichen sollten sie nur nach den Empfehlungen des Herstellers verwendet werden. Das Ende der Lebensdauer ist erreicht wenn eine Batterie nur noch weniger als 80% der Nennkapazität erreicht.

Schutz vor Gefahren durch die abgegebenen Gase, als auch vor Korrosion, sowie ausreichende Lüftung, müssen zu jeder Zeit gewährleistet sein. (vgl.[DIN99])

5.2.2.7 Klima- und Umweltbedingungen

Da Teile des Systems häufig sowohl im Innen- als auch im Außenbereich installiert sind, sind sie unterschiedlichsten Umwelt- und Witterungsbedingungen ausgesetzt. Um Fehlfunktionen durch Umwelteinflüsse auszuschließen, müssen gewisse Richtwerte der Klimabedingungen für die einzelnen Systemkomponenten eingehalten werden. Diese Richtwerte sollten in der Systembeschreibung enthalten sein.

Die Richtwerte für Steuergeräte, Verstärker und zugehörige Batteriestromversorgungen sind (vgl.[DIN99]):

- -5°C bis $+40^{\circ}\text{C}$ Umgebungstemperatur;
- 25% bis 90% relative Luftfeuchte;
- 86kPa bis 106 kPa Luftdruck;

Für alle anderen Geräte betragen sie:

- -20°C bis $+55^{\circ}\text{C}$ Umgebungstemperatur;
- 25% bis 99% relative Luftfeuchte;
- 86kPa bis 106 kPa Luftdruck;

5.2.2.8 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung der Geräte muss beständig, gut ablesbar und international verständlich sein. Sie soll Informationen zur Funktion beeinhalteln. Bei Anschlüssen und Bedienungselementen muss außerdem auf Eigenschaft und Polarität hingewiesen werden. (vgl.[DIN99])

5.2.3 Installation

„Das System muss entsprechend IEC 60364 oder entsprechend den verbindlichen nationalen oder regionalen Normen installiert werden.

Falls das Notfallwarnsystem Teil eines Notfallmelde- und/oder Alarmsystem ist, muss die Verkabelung den Anforderungen der verbindlichen nationalen oder regionalen Normen für Notfall- und/oder Alarmsysteme entsprechen.“[DIN99]

Es ist erforderlich, dass eine Verbreitung gefährlicher Situationen über die Kabelwege möglichst verhindert wird. Um dies zu gewährleisten bedient man sich spezieller feuerresistenter Kabel. (vgl.[DIN99])

5.2.3.1 Verkabelung

Es ist wichtig, dass die Kabel für eine festgelegte Zeitspanne, in der sie Feuer ausgesetzt sind, ihre Funktion erhalten. Dabei darf der Widerstand in der Leitung keinen so hohen Wert erreichen, dass eine Unterbrechung des Stromflusses hervorgerufen wird, noch darf die Isolation soweit zurückgehen, dass es zu einem Kurzschluss kommen kann. Kabel mit einem Erhalt der Funktion von 30, 60 oder 90 Minuten sind gebräuchlich. Sie werden als E30, E60 bzw E90 bezeichnet. Welche Variante für ein Gebäude gewählt werden muss, obliegt der zuständigen Behörde.

Neben der Verkabelung ist auch Rücksicht auf die Umgebung zu nehmen. Kabelrinnen und -befestigungen müssen dem verlegten Kabel entsprechend lang der Brandeinwirkung widerstehen können.

Zudem sollte darauf geachtet werden, dass die Verdrahtung nicht durch herabstürzende Gebäudeteile beschädigt werden könnte. (vgl.[DIN99])

5.2.4 Betrieb

Bei Betrieb des Systems muss eine Gebrauchsanweisung an jedem Bedienungsplatz vorhanden sein. Diese soll Anweisungen zur Handhabung des Systems und anzuwendenden Maßnahmen bei Auftreten von Fehlern enthalten.

Hinzukommend muss ein Betriebsbuch geführt werden. In diesem werden alle Einsätze und Prüfungen des Systems, sowie aufgetretene Fehler und die entsprechenden Maßnahmen zur Behebung derselben festgehalten.

In der ebenfalls verpflichtenden Anlagendokumentation sind Messungen der Lautsprecherlasten, der Leistungskennwerte des Systems und der Verständlichkeit niederzulegen, sowie der gemessene Schalldruckpegel.

Bei Wartung und Überprüfung der Geräte sollte jedes Mal einem festgelegten, vom Hersteller empfohlenen Verfahren gefolgt werden. Eine halbjährliche Inspektion ist sinnvoll. (vgl.[DIN99])

6 Vergleich zweier Systeme

6.1 Praesideo

Praesideo ist ein Produkt der Firma Bosch Sicherheitssysteme GmbH. Bosch bietet zwei Lösungen für Evakuierungssysteme an, zum einen das konventionelle Plena Analog-Audio-Sprachevakuierungssystem und zum anderen die digitale Beschallungs- und Evakuierungsanlage Praesideo, auf die hier näher eingegangen werden soll.

Wie die Bezeichnung andeutet, kann Praesideo sowohl für die allgemeine Beschallung eines Gebäudes (z.B. Hintergrundmusik) verwendet werden, als auch für die Alarmierung und Evakuierung in Notsituationen.

Die Besonderheit des Systems ist seine komplett digitale Funktionsweise. Sowohl die Signalaufbereitung (DSP)³, als auch die Kommunikation zwischen den einzelnen Einheiten geschieht auf diese Art.

Verbunden sind die Geräte durch Kabel mit 2 Glasfaserkernen zur Datenkommunikation und als Audioleitung, sowie einem Kupferdrahtpaar zur Stromversorgung. Liegt die Entfernung zwischen 2 Systemkomponenten unter 50 m, werden allerdings Kunststofffaser, statt Glasfaser eingesetzt. Das Netzwerk beruht auf dem Daisy-Chain-Prinzip⁴. Das heißt, die Komponenten sind in einer Reihe hintereinander vernetzt. Im Fall des Praesideo-Systems bilden sie außerdem eine geschlossene Schleife. Es können so an jeder beliebigen Stelle Geräte hinzu gebracht oder entfernt werden, was eine mögliche Erweiterung des Systems bedeutend erleichtern kann. Außerdem kann so jede Einheit des Netzwerkes für einen Audio- und Steuereingang genutzt werden.

Die Audioaufarbeitung von Signalen geschieht nicht allein im Herzstück des Systems, dem Netzwerkcontroller, sondern in jedem Gerät. Dies entlastet den Controller und führt zu einer schnelleren Ansprechzeit des Systems, als eine zentrale Aufarbeitung es erlauben würde.

Alle Komponenten können mittels Konfigurationssoftware über einen angeschlossenen PC oder über das Internet konfiguriert werden.

Eine Überwachung auf Fehler führt das System selbst durch. (vgl.[Bos])

Praesideo erfüllt die Auflagen für elektroakustische Notfallwarnsysteme der internationalen Norm IEC 60849 und ist als solches zertifiziert. (vgl.[Bos])

Im folgenden sollen die einzelnen Komponenten des Systems etwas genauer erläutert werden.

³DSP = digital signal processing

⁴Daisy Chain: Verkettung mehrerer Hardwarekomponenten in Serie

6.1.1 Systemeinheiten

6.1.1.1 Netzwerkcontroller

Der Netzwerkcontroller besitzt an der Stirnseite ein LCD-Display zur Statusanzeige, einen Schalter zur Navigation im Menü, einen Kopfhörerausgang und einen Netzschalter. Auf der Rückseite befinden sich 8 Steuerein-, sowie 5 Steuerausgänge, die zur Auslösung von Aktionen im System benutzt werden können. Daneben gibt es 4 analoge Audioeingänge und 4 Ausgänge, sowie die Ethernet-Schnittstelle zu einem PC und 2 Netzwerkanschlüsse zum System. Hinzu kommt ein Mithörlautsprecher am Gerät. Auch das Anschließen eines Bildschirms ist möglich.

Der Netzwerkcontroller ist das Herzstück des Systems und koordiniert das Zusammenwirken der Komponenten. Er versorgt alle weiteren Geräte, bis auf die Endstufen, mit Strom. Er verfügt über 28 Audiokanäle und einen digitalen Speicher für Notfalldurchsagen, von denen er 4 gleichzeitig abspielen kann. Außerdem besitzt das Gerät eine Vielfalt an gespeicherten Signal- und Alarmtönen, die von jeder Sprechstelle oder den Steuereingängen aus abrufbar sind. Der Controller übernimmt die Fehlerüberwachung und -protokollierung für das gesamte System. Bis zu 200 der letzten Fehlermeldungen können gespeichert werden. Die Überwachung geschieht von der Mikrofonkapsel der Sprechstelle bis zum Ende einer Lautsprecherlinie. Auch die an die Steuereingänge angeschlossenen Kabel werden überwacht. Ferner können Pilottöne erzeugt werden, die zur Kontrolle der Audioausgänge dienen. Ein PC kann mit dem Gerät verbunden werden, um mittels der Konfigurationssoftware alle Statusanzeigen zu bekommen, sowie Konfigurationen und Diagnosen zu übernehmen. Der Netzwerkcontroller arbeitet aber eigenständig und muss nicht permanent an den PC angeschlossen sein. (vgl.[Bos])



Abbildung 10: Netzwerkcontroller, Vorder- und Rückansicht

6.1.1.2 Audioerweiterung

Eine Audioerweiterung ist notwendig, wenn es noch zusätzlicher Audioein- und -ausgänge bedarf.

Das Gerät ist, wie der Netzwerkcontroller mit einem LCD-Display und einem Drehschalter für die Steuerung des Menüs ausgestattet. Hinzukommend sind 8 Steuerein- und 5 Steuerausgänge vorhanden, sowie jeweils 4 Audioein- und Audioausgänge. 2 redundante Netzwerkanlüsse stehen ebenfalls zur Verfügung. Die Stromspeisung geschieht durch den Netzwerkcontroller.

Die Audioerweiterung kann dem System Audioinformationen hinzufügen oder entnehmen und weiterleiten. Die Weiterleitung folgt Bedingungen, die durch die Software programmiert werden können. Das Gerät überwacht sowohl sich selbst, als auch alle an die Steuereingänge angeschlossenen Kabel. Wie auch der Netzwerkcontroller kann die Audioerweiterung Pi-lottöne erzeugen, mit denen die Audioausgänge überprüft werden können. Jeder Fehler im Gerät wird sofort an den Netzwerkcontroller übermittelt. (vgl.[Bos])



Abbildung 11: Audioerweiterung, Vorder- und Rückansicht

6.1.1.3 Endverstärker

Ein Endverstärker dient der Verstärkung der Audiosignale bevor sie vom Lautsprecher abgestrahlt werden können.

Es gibt Endverstärker in den Modellen 1 x 500W, 2 x 250W, 4 x 125W, 4 x 60W und 8 x 60W. Der Aufbau der Frontseite ist gleich dem der Audioerweiterung. Auf der Rückseite befinden sich, jeweils 8 Steuereingänge und, je nach Gerät 1, 2, 4 oder 8 Steuerausgänge. Daneben sind 2 Audioeingänge und 1, 2, 4 oder 8 Audioausgänge (Verstärkerausgänge) vorhanden. An diesen Ausgängen kann wahlweise eine Spannung von 100V, 70V oder 50V eingestellt

werden. Außerdem sind wieder 2 Netzwerkanschlüsse am Gerät.

Die Eingangssignale bekommt jeder Endverstärker über das Netzwerk. Er kann die Lautstärke der auszusendenden Audioinformationen automatisch kontrollieren und hat für jeden Verstärkerausgang die Möglichkeit der Audioverarbeitung und Klangverzögerung. Das Gerät überwacht sich selbst und die Lautsprecherlinie, sowie jedes Kabel an einem Steuereingang. Im Fehlerfall schaltet der betroffene Verstärker automatisch auf ein Havariegerät um. Fehler und Statusänderungen werden an den Netzwerkcontroller weitergeleitet, wo sie aufgezeichnet werden. Zur Überwachung der Lautsprecherlinie dient ein Linienüberwachungssatz, der im Endverstärker und am Ende einer Lautsprecherkette eingebaut werden. (vgl.[Bos])



Abbildung 12: Endverstärker mit 4 Verstärkerausgängen, Vorder- und Rückansicht

6.1.1.4 Linienüberwachungssatz

Der Linienüberwachungssatz bietet die Möglichkeit die Lautsprecherlinie zu überwachen, ohne weitere Kabel einzusetzen. Hierzu sind ein Überwachungs-Master, der in den Endverstärker eingebaut wird, und ein Überwachungs-Slave notwendig. Der Überwachungs-Slave wird am Ende der Lautsprecherlinie installiert und über diese vom Endverstärker gespeist. Die zwei Komponenten kommunizieren über das Lautsprecherkabel. Kommt der vom Verstärker erzeugte Pilotton nicht beim Überwachungs-Slave an, so detektiert der Master einen Fehler in der Leitung und diese Information kann sofort an den Netzwerkcontroller weitergegeben werden.

Muss ein Verstärker mehrere Linien überwachen, sind ein adressierbares Master-Überwachungsmodul von Nöten. Dieses wird in der Endstufe montiert und ermöglicht die Kommunikation mit gleich mehreren Slave-Überwachungsplatinen. (vgl.[Bos])

6.1.1.5 Basissprechstelle

Die Sprechstelle ist mit einem Mikrofon an einem beweglichen Schwanenhals ausgestattet. Sie verfügt über 2 Netzwerkanschlüsse, sowie eine serielle Schnittstelle zur Sprechstellentastatur.

Die Sprechstelle erlaubt sowohl die Verbreitung aufgezeichneter Durchsagen, als auch direkt gesprochener Mitteilungen. Der Audioinput wird durch einen Sprachfilter bearbeitet, der mit einer Grenzfrequenz von 340 Hz die Wiedergabequalität verbessert. Daneben besitzt die Sprechstelle Möglichkeiten zur Klangbearbeitung (Limiter, Equalizer, Anpassung der Empfindlichkeit). Die Umwandlung der Durchsagen in ein digitales Format geschieht direkt im Gerät. Wird eine Meldung oder ein Alarmton ausgesandt, ist dieser über den automatisch aktivierten Mithörlautsprecher des Gerätes zu verfolgen.

Ist eine Sprechstellentastatur angeschlossen, so wird diese durch die Sprechstelle gespeist. (vgl.[Bos])



Abbildung 13: Sprechstelle

6.1.1.6 Sprechstellentastatur

Die Sprechstellentastatur wird nur im Zusammenhang mit einer Sprechstelle gebraucht.

Sie besitzt eine serielle Schnittstelle zu einer Sprechstelle oder weiteren Tastaturen. Es gibt 8 anwählbare Tasten, die auch beschriftet werden können.

Mit Hilfe des Gerätes können Durchsagen in definierten Zonen durchgeführt oder eine extra Zonenwahl getroffen werden. Es bietet außerdem Möglichkeiten zur Live-Durchsage, Steuerung der Hintergrundmusik und eine Wahl der auszusendenden Alarmtöne und Durchsagen.

Leuchtdioden neben jeder Taste zeigen an, ob in der gewählten Zone bereits Meldungen verbreitet werden und welcher Priorität (niedriger, gleich oder höher) diese sind. Die Tastatur wird von der Sprechstelle mit Strom gespeist. (vgl.[Bos])



Abbildung 14: Sprechstellentastatur

6.1.1.7 Software

Die zugehörige Software ist zu Konfigurations-, Diagnose- und Protokollierungszwecken. Sie ist im Netzwerkcontroller installiert. Die Konfiguration des Systems findet mittels eines angeschlossenen PCs statt, von dem die Daten dann auf den Netzwerkcontroller überspielt werden. Von da an ist der PC nur noch zu Änderungen der Konfiguration notwendig.

Die Software wurde zur möglichst benutzerfreundlichen Handhabung am PC, mittels dynamischer HTML-Seiten, gestaltet. Die Navigation ist leicht durchschaubar. Außerdem kann auch vom Internet auf das System zugegriffen werden und es besteht die Möglichkeit, Zugriffsrechte zu vergeben.

Durch die Konfigurationssoftware beeinflussbar sind unter anderem die Gruppierung der Zonen, die Gruppierung von Audio-, Steuer- und Verstärkerkanalausgängen, die Zuteilung der Endverstärker zu den Havariegeräten, die Klangbearbeitung an den Audioein- und ausgängen und die Belegung der Sprechstellentastaturknöpfe.

Mittels der Diagnose- und Protokollierungsfunktion geschieht die Überwachung des gesamten Systems mit all seinen Geräten. Es werden Statusänderungen, Fehler und verbreitete Durchsagen protokolliert, sowie Rücksetzhandlungen. Die Fehlerüberwachung schließt alle Praesideo-Geräte, sowie angeschlossene Kabel ein, kann aber auch den Fehlerstatus von Fremdgeräten erkennen. (vgl.[Bos])

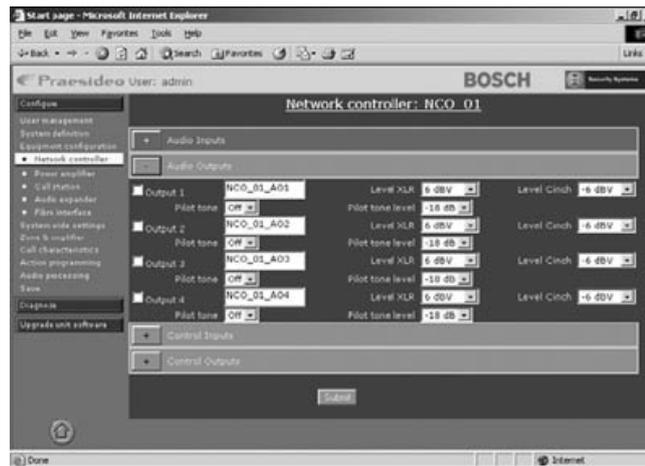


Abbildung 15: Benutzeroberfläche der Konfigurations-, Diagnose- und Protokollierungssoftware

6.1.1.8 weitere Bestandteile

Der Vollständigkeit halber sind der für den Betrieb eines Praesideo-Systems nötige Netzwerkverteiler, sowie die Glasfaserschnittstelle zu nennen.

Mittels des Netzwerkvertailers können zwei Verzweigungen vom Hauptkabel eingerichtet werden. Deren maximale Stromspeisung ist durch das Gerät beeinflussbar. Die Stromversorgung des Verteilers kann durch den Netzwerkcontroller, oder durch ein eigenes Netzteil geschehen.

Die Glasfaserschnittstelle dient zur Umwandlung eines optischen Glasfaserkabels und eines Kunststofffaserkabels zum jeweils anderen. Benötigt wird sie, wenn zwei Geräte eine größere Distanz, als 50 m voneinander haben und deshalb ein Glasfaserkabel eingesetzt wird. Auch dieses Gerät besitzt ein eigenes Netzteil, das, wenn angeschlossen, für die Stromversorgung verantwortlich ist, andernfalls geschieht die Speisung durch den Netzwerkcontroller. (vgl.[Bos])

6.1.2 Beispiel zur Installation

Um den Aufbau eines Praesideo-Systems genauer zu veranschaulichen, sei hier ein Beispiel gegeben (vgl.[Bos]).

Der fiktive Aufbau soll insgesamt 12 Lautsprecherzonen beinhalten, davon 6 mit 60W, 4 mit 250W und 2 mit 500W Leistung. Es werden 4 Sprechstellen benötigt, die in verschiedenen Abständen zueinander platziert sind.

- Sprechstelle 1 ist 40m vom Netzwerkcontroller entfernt.
- Sprechstelle 2 ist 300m von Sprechstelle 1 entfernt.
- Sprechstelle 3 ist 200m von Sprechstelle 2 entfernt.
- Sprechstelle 4 ist 25m von Sprechstelle 3 entfernt.

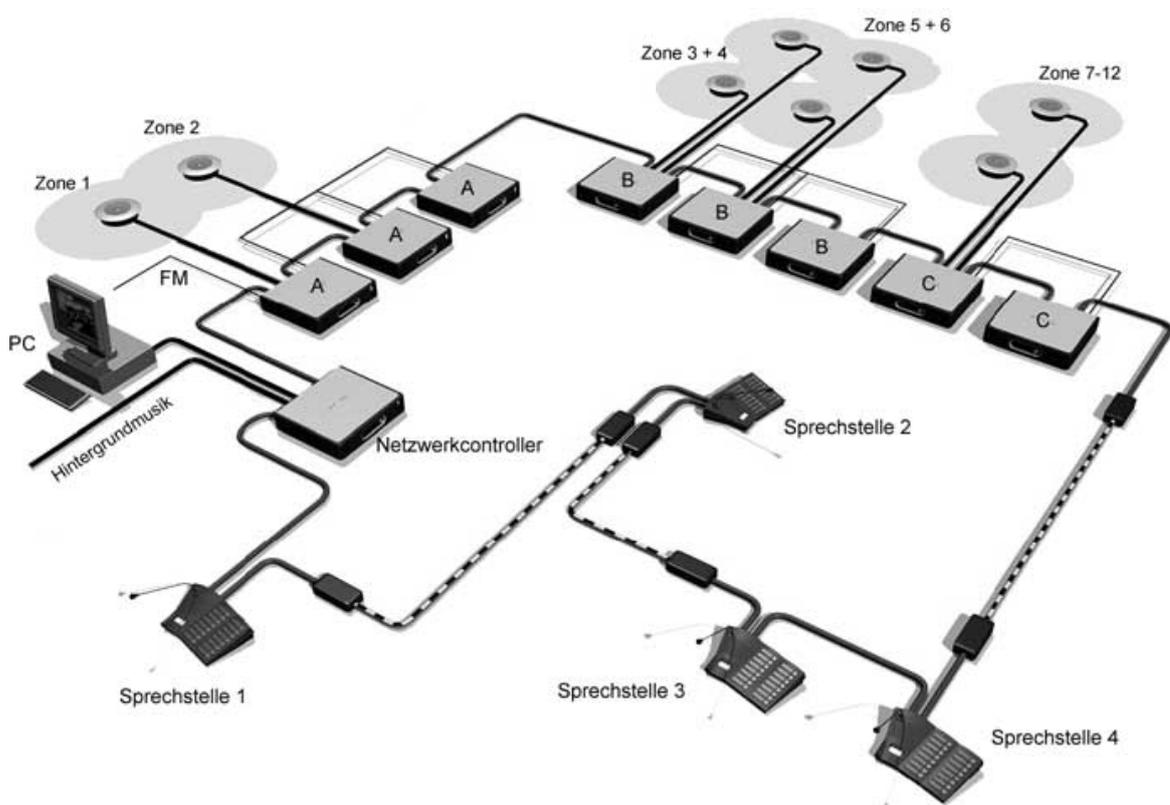


Abbildung 16: Beispiel zum Aufbau eines Praesideo-Systems

- FM zum Feuermeldesystem
 A Endverstärker mit 1 x 500W
 B Endverstärker mit 2 x 250W
 C Endverstärker mit 8 x 60W



Es sind 3 verschiedene Endverstärkertypen für die unterschiedlichen Anforderungen der Zonen eingebaut. Da für jeden Typ jeweils ein Havariegerät vorhanden sein muss, kann man auf der Zeichnung 8 Verstärker erkennen. 2 Stück 1 x 500W Verstärker für 2 Zonen inklusive Reserveverstärker, 2 Stück 2 x 250W für insgesamt 4 Zonen plus einem Havariegerät und 1 Stück 8 x 60W für 6 Zonen mit einem Reserveverstärker.

Die erste Sprechstelle im System ist 40m vom Netzwerkcontroller entfernt und mit einem Kunststofffaserkabel verbunden. Die Entfernung von Sprechstelle 1 zu Sprechstelle 2 ist mit 300m bedeutend höher und bedarf eines Glasfaserkabels. Hierzu sind Glasfaserschnittstellen zur Umwandlung eingebaut. Sprechstelle 2 und 3 sind bei einer Entfernung von 200m mit Glasfaser verbunden. Zur Sprechstelle 4 sind es dann nur 25m, wofür ein Kunststofffaserkabel ausreicht. Die Verbindung von Sprechstelle 4 zu den Endverstärkern der Lautsprecherzonen 7-12 wird länger als 50m angenommen und dadurch mit Glasfaserkabel ausgestattet. (vgl.[Bos])

6.2 ProMatrix System

Das ProMatrix System ist ein Produkt von Dynacord. Dynacord gehört zum internationalen Audio Konzern Telex Communications/EVI Audio GmbH und hat seinen Sitz in Straubing. Die Firma hat sich auf die Herstellung von Beschallungsanlagen spezialisiert. ProMatrix wird von der Firma als festinstallierte elektroakustische Anlage angeboten. Es erfüllt die Anforderungen für elektroakustische Notfallwarnsysteme nach IEC 60849.

Das System besteht aus einer zentralen Einheit, welche alle Abläufe steuert, und den angeschlossenen Komponenten. Dabei sind die Bestandteile nicht in einer Reihe hintereinander verbunden, sondern haben alle ihren eigenen, direkten Anschluss zum ProMatrix Manager. Durch eine Bestückung mit Modulen für verschiedene Funktionen, lässt sich das Hauptgerät individuell auf die Anforderungen des Kunden anpassen. Aufgenommene oder gespeicherte Audioinformationen werden digital verarbeitet und erst vor der Weiterleitung an die Endverstärker wieder in analoge Signale umgewandelt.

Audioquellen können an das Hauptgerät oder, wenn vorhanden, an einen Message Manager angeschlossen werden.

Es kann ein PC an das System angebunden werden. Dieser ist jedoch nur zur Konfiguration, zum Abruf der Protokolle oder zur Echtzeit-Überwachung notwendig. Die zugehörige Software mit benutzerfreundlicher Oberfläche erlaubt die Programmierung sämtlicher Parameter.

ProMatrix besitzt die Fähigkeit sich selbst zu überwachen, wobei jedes Gerät dies für sich tut und Fehlermeldungen sofort an die zentrale Einheit übermittelt werden.

Neben seiner Funktion als Notfallwarnsystem kann die Anlage auch zur allgemeinen Hintergrundbeschallung genutzt werden. (vgl.[Tel])

Die einzelnen Bestandteile von ProMatrix, sowie deren Funktion, werden im folgenden Abschnitt genauer erläutert.

6.2.1 Systemeinheiten

6.2.1.1 ProMatrix Manager

Der ProMatrix Manager ist das Hauptgerät des ProMatrix Systems. Er besitzt an seiner Stirnseite neben dem Powerknopf LED-Leuchten zur Anzeige des Systemstatus. An der Rückseite ist er mit 10 Steuerein- und 7 Steuerausgänge ausgestattet, sowie 2 Netzwerkanschlüssen, einer Schnittstelle zum PC und einem Monitorausgang. Daneben ist Platz für Einschübe für bis zu 5 individuell zusammenstellbare Module. Diese können zum Beispiel Anschlüsse für Sprechstellen bieten, oder Audioein- bzw Audioausgänge.

Der Manager kann Durchsagen aufnehmen und digital speichern, sowie wiedergeben. Dabei ist die gleichzeitige Wiedergabe mehrerer verschiedener Durchsagen in unterschiedliche Lautsprecherzonen möglich. Die Signale können mit einem Delay (= Verzögerung) von bis zu 330ms belegt werden. Wird in einer Zone gerade ein anderes Signal ausgestrahlt, so kann eine Durchsage kurzfristig aufgezeichnet und erst im Anschluß an das Signal gesendet werden. Jeder Audiokanal besitzt einen Audioprozessor mit Equalizern. Der Manager verfügt über einen digitalen Alarmton- und Gonggenerator für nationale und internationale Alarm-signale.

Zur Konfiguration oder Änderung der Konfiguration muss das Gerät an einen PC angeschlossen sein, um mittels Software eingestellt zu werden. In sonstigen Fällen arbeitet das System jedoch selbstständig.

Der Manager übernimmt die Stromversorgung für das ganze System. Er ist außerdem in der Lage sich selbst und die anderen Komponenten auf Fehler zu überwachen. Dazu gehören die Endstufen, die Sprechstellen, sowie die Lautsprecherlinien und alle Verbindungen zwischen den Geräten. Aufgetretene Fehler werden angezeigt und protokolliert. (vgl.[Tel])



Abbildung 17: ProMatrix Manager, Vorder- und Rückansicht

6.2.1.2 Module

Die Steckplätze an der Rückseite des ProMatrix Managers bieten Platz für den Einschub diverser Module. Diese können vom Kunden nach den individuellen Bedürfnissen zusammen gestellt werden. Es gibt zum Beispiel ein 2-Kanal Sprechstellenmodul, das den Anschluss von 2 x 4 Sprechstellen ermöglicht. Weitere wären das 2-Kanal Mic/Line Eingangsmodul, das einen Kompressor⁵ und einen Limiter⁶ besitzt, oder das I/O Kontrollmodul⁷, das 8 Steuerein- und 7 Steuerausgänge mitbringt. Sollen mehrere ProMatrix Manager miteinander verbunden werden, so hilft das Master-Slave Interface.

Ist eine Komponente gesteckt, so wird sie automatisch vom Manager erkannt. (vgl.[Tel])

6.2.1.3 Message Manager

Der Message Manager ist mit einem digitalen Signalprozessor ausgestattet und dient der Aufzeichnung von Durchsagen und dem Anschluss weiterer Audioquellen.

Das Gerät besitzt an der Frontseite ein LC-Display für Statusanzeigen. Mit Hilfe der daneben befindlichen Tasten ist eine Menünavigation möglich. Zusätzlich befinden sich dort ein Mikrofoneingang sowie ein Kopfhörerausgang. An der Rückseite liegen ein weiterer Audioein- bzw. Audioausgang. An diesen können Audioquellen, wie z.B. ein CD-Player, angeschlossen werden. Außerdem stehen Steuerein- und Steuerausgänge zur Verfügung.

Der Message Manager besitzt einen Alarm- und Gonggenerator, der alle gängigen Alarm- und Gongtöne erzeugen kann. Hinzukommend besteht die Möglichkeit der Durchsagenaufzeichnung (Message Recording). Das Gerät kann dabei bis zu 16 Minuten digital aufzeichnen und speichern. Die Qualität der Aufzeichnung ist variabel einstellbar, wobei die höchste Stufe eine Bandbreite von 16kHz bietet.

Mit dem Manager können Sequenzen von Alarmsignalen, gespeicherten Durchsagen und Gongtönen programmiert werden. Dazu besteht die Möglichkeit Live-Durchsagen einzubinden. Eine kleine Anzahl an gespeicherten Sequenzen ist voreingestellt, andere können vom Kunden konfiguriert werden. Eine Überwachung auf Fehler erledigt das Gerät selbst. (vgl.[Tel])

⁵dient der Verringerung der Dynamik eines Signals

⁶begrenzt ein Signal auf einen vorbestimmten Pegel

⁷I/O = Input/Output



Abbildung 18: Message Manager, Vorder- und Rückansicht

6.2.1.4 Endverstärker

Endverstärker von ProMatrix sind in den Varianten 4 x 100W, 1 x 400W, 1 x 200W, 2 x 450W und 2 x 600W erhältlich. Sie haben an der Stirnseite eine Reihe von LED-Leuchten zur Statusanzeige. Auf der Rückseite befinden sich 2 oder 4 Audioeingänge, die mittels Drehknopf einzeln gepegelt werden können, sowie 1, 2 oder 4 Ausgänge. Bei einigen ist es möglich, zwischen 100V, 70V oder 50V zu wählen. Sie können außerdem auf 4Ω umgestellt werden. Das Gerät kann also gleichzeitig ein 100V Lautsprechernetz und niederohmige Lautsprecher versorgen.

Die Endverstärker überwachen sich selbst und die Lautsprecherlinien mittels Pilottönen. Fällt ein Verstärker aus, so wird automatisch auf ein Havariegerät umgeschaltet. Wird die Stromversorgung unterbrochen, so laufen die Geräte im Batteriebetrieb, ohne Leistungsfähigkeit einzubüßen, weiter. (vgl.[Tel])



Abbildung 19: Endverstärker 4 x 100W, Vorder- und Rückansicht

6.2.1.5 Sprechstelle

Eine Sprechstelle ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Die Größe reicht dabei von kleinen Exemplaren mit 6 Tasten zum Aufruf der wichtigsten Funktionen (z.B. Sammelruf, Gong, Stopp) bis zu Varianten mit 58 Tasten, die alle individuell belegbar sind. Alle Geräte besitzen ein Mikrofon mit Poppschutz an einem beweglichen Schwanenhals. Kompressor und Limiter im Gerät können das Audiosignal vom Mikrofon bearbeiten. Eine Tastatur ist integriert, jedoch besteht die Möglichkeit noch weitere anzuschließen. Es gibt einen Alarmschalter, der vor ungewollter Auslösung mittels Schutzkappe gesichert ist. Für die Benutzerführung und Statusmeldungen ist ein LC-Display eingebaut.

Auf der Tastatur befinden sich neben jeder Taste LED-Leuchten, die den Status anzeigen. Jede Taste kann einzeln programmiert werden. Es ist hierbei möglich Kreise, Gruppen, Prioritäten und Lautstärken zu definieren.

Man kann neben dem Sprechstellenmikrofon ein mobiles PTT-Mikrofon (Push-To-Talk) anschließen. Dieses bekommt, im Fall der Betätigung der „Sprechen“-Taste, Vorrang.

Wie die anderen Komponenten des Systems, überwacht auch die Sprechstelle sich selbst. (vgl.[Tel])



Abbildung 20: Sprechstelle

6.2.1.6 Software

Die Software zur Konfiguration und Protokollierung heißt ProMatrix Designer. Sie bietet eine leicht verständliche Benutzeroberfläche und läuft auf jeder Workstation unter Windows 95/ 98 oder NT. Der PC muss aber nur an das System angeschlossen sein, wenn eine Konfiguration geändert oder geladen werden soll. Für den Betrieb ist er nicht notwendig. Protokolle und detaillierte Statusanzeigen sind mittels Computer abrufbar. Erfolgt eine Konfiguration während der PC angeschlossen ist, so erkennt der ProMatrix Designer automatisch mit welchen Modulen der Manager bestückt ist und welche weiteren Geräte angeschlossen sind. Außerdem ermöglicht er Funktionen zur Bedienung und Überwachung in Echtzeit. All dies macht Änderungen im System durchführbar, ohne in die Installation der Hardware einzugreifen.

Um unautorisierten Zugriff zu vermeiden, kann die Software durch einen Passwortschutz gesichert werden. (vgl.[Tel])

Eine abgespeckte Version des Designers ist ProMatrix Lite. Die kleinere Variante der Software bietet Möglichkeiten zur PegelEinstellung, einfachem Recording, sowie Einstellen der Uhren. Sie steht im Internet auf der ProMatrix Website zum Download zur Verfügung. (vgl.[Tel])

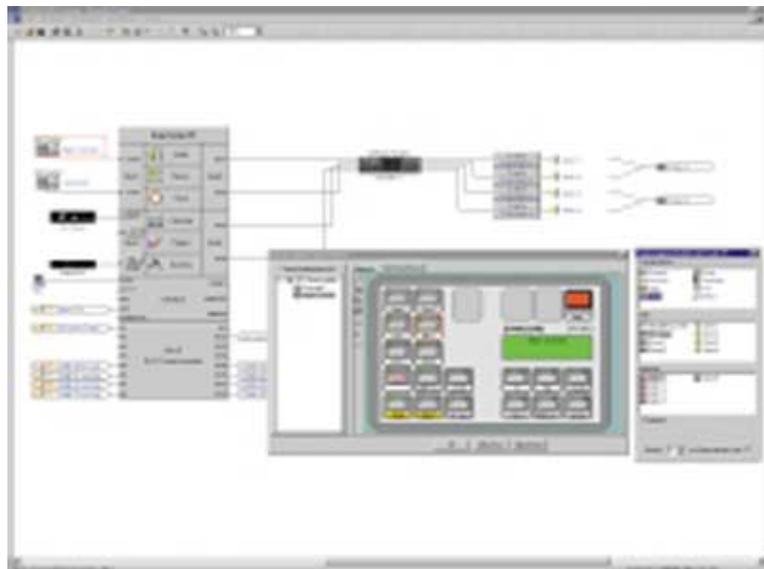


Abbildung 21: Benutzeroberfläche des Designers

6.2.1.7 Monitor Manager

Der Monitor Manager dient zum Vorhören diverser Audioquellen und zur Kontrolle der Endstufenausgänge.

An seiner Frontseite befinden sich ein Kopfhörereingang, sowie ein Lautsprecher. Es gibt Knöpfe zur Regelung der Lautstärke und zum Stummschalten. Daneben hat er Tasten zum Anwählen der gewünschten Monitorquelle.

Das Gerät ermöglicht eine Auswahl von bis zu 250 Quellen. Die Reihenfolge dieser Quellen wird mit Hilfe des Designers programmiert. (vgl.[Tel])



Abbildung 22: Monitor Manager

6.2.1.8 Netzteil

Die ProMatrix Netzteile sind für das elektroakustische Notfallwarnsystem konzipiert worden, können aber universell eingesetzt werden.

An der Stirnseite befinden sich LED-Leuchten zur Anzeige der Art des Betriebs: Netz oder Batterie. Auf der Rückseite gibt es einen Kaltgeräteausgang, einen Batterie-Eingang, sowie ein direkter 24V Ausgang, als auch Steuerausgänge.

Bei einem Ausfall der Stromversorgung schalten die Geräte automatisch auf Batteriebetrieb um. Dabei kommt es zu keinem kurzfristigen Netzausfall, die Umschaltung erfolgt lückenlos. Ist die Stromversorgung über das Netz wieder sichergestellt, schaltet das Gerät automatisch und mit nur geringer Verzögerung auf Netzbetrieb zurück.

An einem Steuerausgang können Geräte angeschlossen werden, die im Falle einer Unterbrechung der Netzversorgung ausgeschaltet werden, um die Batterie zu schonen. Damit wird die Zeit verlängert, in der die Notstromversorgung für alle wichtigen Komponenten laufen kann. Werden die Geräte dann wieder gestartet, so passiert das mit einem sanften Hochfahren der Spannung, um die Hauptspannung nicht kurzfristig durch kapazitive Verbraucher zu belasten. (vgl.[Tel])

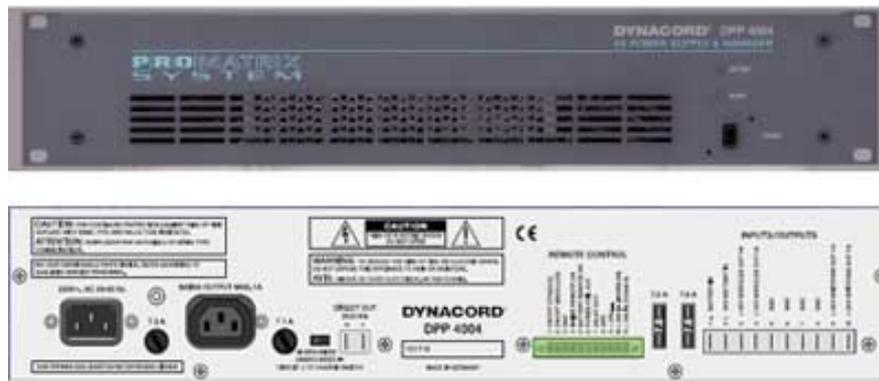


Abbildung 23: Netzteil 24V, Vorder- und Rückansicht

6.2.1.9 Steuerungsmodule

Um das ProMatrix System zu komplettieren, sind Module aus dem Control System notwendig. Diese werden mittels eines gesonderten Kontrollmoduls an den Manager angeschlossen. Sie bilden unter anderem Schnittstellen zum Brandmeldesystem, fügen Logikein- und Ausgänge hinzu oder geben eine Möglichkeit zum Abhören der Verstärker und der Audioein- und Audioausgänge. Es können bis zu 8 verschiedene Module angeschlossen werden. (vgl.[Tel])

6.2.2 Beispiel zur Installation

Bei diesem Beispiel wird angenommen, dass es sich um eine kleine Installation handelt, mit insgesamt 8 Lautsprecherzonen, davon 6 Zonen mit 100W, 1 Zone mit 200W und 1 Zone mit 600W. Außerdem werden 2 Sprechstellen benötigt, sowie eine zusätzliche Sprechstellentastatur. Es soll ein zusätzliches Mikrofon als Audioquelle angeschlossen werden. (vgl.[Tel])

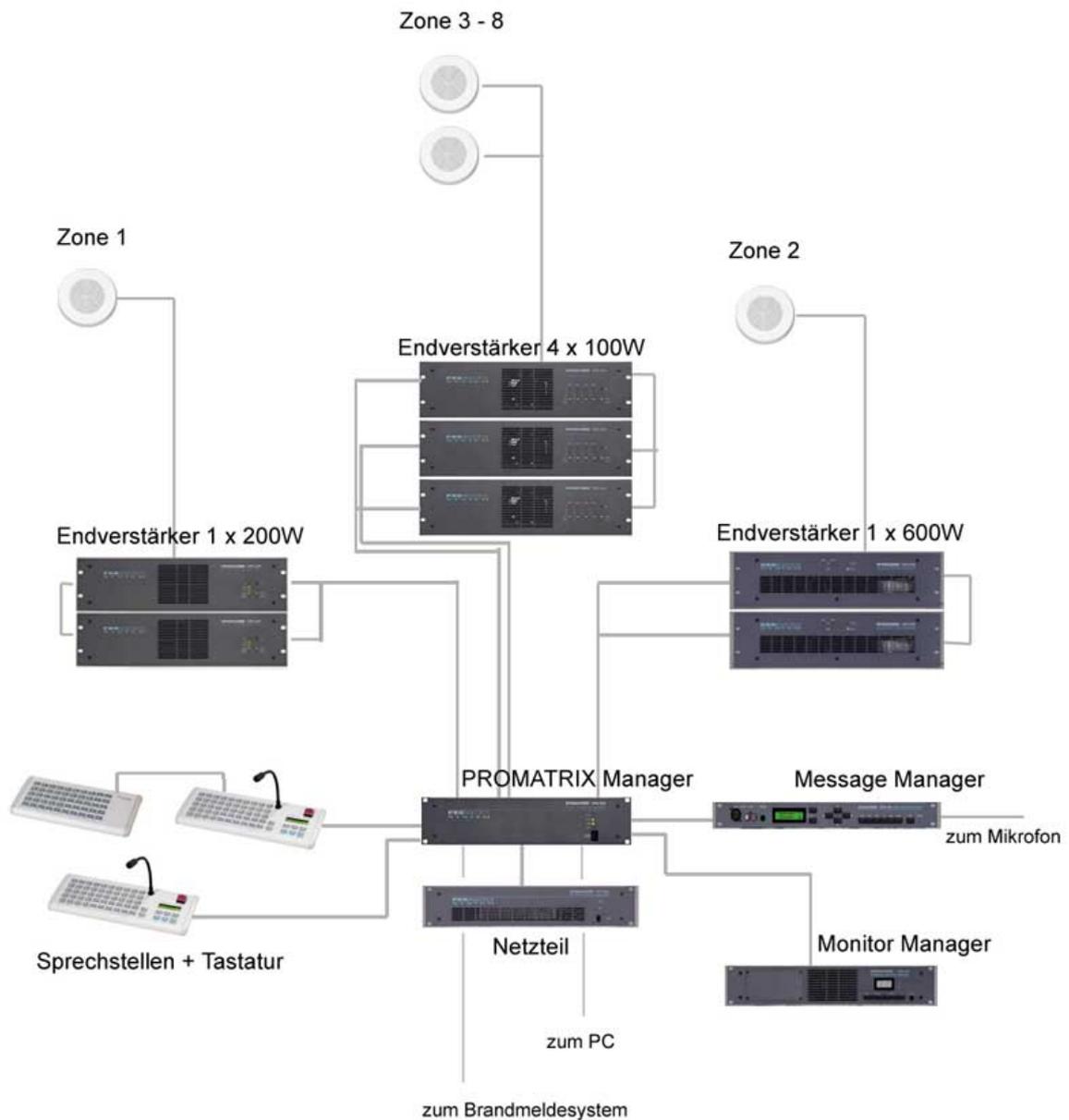


Abbildung 24: Beispiel zur Installation

Für diesen Aufbau werden 3 verschiedene Endverstärker eingesetzt. 2 Geräte mit 1 x 600W, sowie 2 mit je 1 x 200W werden für die Zonen 1 und 2 benötigt. Hierbei ist der Zweite jeweils ein Reserveverstärker, auf den im Bedarfsfall automatisch umgeschaltet wird. Für die Lautsprecherzonen von 3 bis 8 werden 2 Geräte mit jeweils 4 x 100W gebraucht, um die geforderten 6 Zonen mit je 100W abzudecken. Dazu kommt ein Havarieverstärker.

Das Hauptgerät, der ProMatrix Manager, bildet den zentralen Kern des Systems. Alle Komponenten sind direkt mit ihm verbunden. Ein PC kann an das Gerät angeschlossen werden und die Leitung zum Brandmeldesystem führt ebenfalls hierher. An den Manager sind dazu der Message Manager mit dem extra Mikrofon, die 2 Sprechstellen und der Monitor Manager angeschlossen. Letzterer dient zum Abhören der Verstärker und Audioausgänge. (vgl.[Tel])

6.3 Gegenüberstellung der beiden Systeme

Um die beiden oben beschriebenen Produkte zu vergleichen, sollen vorerst die Unterschiede in der Bauart und das Zusammenwirken der Bestandteile der Systeme erklärt werden.

Vom Grundprinzip arbeiten beide Anlagen gleich. Den Kern bilden jeweils eine zentrale Einheit, die den gesamten Ablauf steuert und die verschieden leistungsfähigen Verstärker. Wahlweise können Zusatzgeräte zur Aufnahme, Aufarbeitung, Speicherung und Verwaltung von Audiodaten integriert werden.

ProMatrix benutzt ein Modulsystem für den Matrix-Manager, bei dem, je nach Anforderung, unterschiedliche Modulsätze in Steckplätze des Gerätes eingefügt werden. Werden beispielsweise zusätzliche Audioeingänge benötigt, so können diese unkompliziert, mittels Steckkarte, hinzugefügt werden. Das System wird damit äußerst anpassungsfähig und flexibel.

Praesideo bietet diese Technik nicht. Werden z.B. mehr Audioeingänge benötigt, als der Netzwerkcontroller zur Verfügung stellt, muss auf eine Audioerweiterung zurückgegriffen werden.

Die Audioerweiterung und ihr Äquivalent von Dynacord, der Message-Manager, unterscheiden sich sonst nicht wesentlich in ihrer Funktion. Lediglich ein umfassender Alarm- und Gonggenerator heben das Fabrikat der ProMatrix-Reihe hervor.

Des Weiteren besitzt die ProMatrix-Anlage ein eigenes Kontrollsystem, bestehend aus mehreren Modulen. Auch hier können individuell angepasste Sätze zusammengefügt werden.

Praesideo verfügt über keinen eigenen Monitor Manager. Zum Abhören von Audiokanälen sind aber Kopfhörerbuchsen in jedem Gerät integriert. Über den Netzwerkcontroller kann in alle Kanäle gehört werden.

Die Leistungsverstärker beider Systeme unterscheidet vor allem die Art der Datenübertragung vom Hauptgerät. Während Audioinformationen bei Praesideo digital übermittelt werden, um dann erst im Endverstärker in analoge Signale umgewandelt zu werden, ist die Übermittlung bei ProMatrix analog.

Im Vergleich ist die grundlegende Besonderheit von Praesideo die komplett digitale Funktionsweise. Während beim Bosch-Produkt nicht nur die Datenspeicherung und -bearbeitung digital läuft, sondern auch die Übertragung bis zu den Leistungsverstärkern, arbeiten bei ProMatrix lediglich der Message Manager und der Matrix-Manager so. Bearbeitung und Speicherung der Audiodaten passieren digital, nicht aber die Weiterleitung zu den Verstärkern, hier wird vorher wieder in ein analoges Signal umgewandelt.

In der Praesideo-Reihe kann somit auch die digitale Aufarbeitung der Audioinformationen in jedem Gerät geschehen. ProMatrix stehen dafür nur der Matrix-Manager und der Message Manager zur Verfügung.

Für die Verkabelung benutzt Praesideo nur ein einziges Kabel. Dies ist über weite Strecken ein Glasfaserkabel mit zwei Kernen, für Audio und Daten, und einer Kupferader für die Stromversorgung. Alle Geräte sind im Ring miteinander verbunden. Dies führt dazu, dass einfach Bestandteile zum System hinzugefügt oder daraus entfernt werden können. Außerdem wird die Platzierung der Geräte egal, es muss nur ein Kabel dorthin führen.

ProMatrix hat damit ein größeres Problem. Die Komponenten sind sternförmig, mit Audiokabeln und teilweise über Remote-Schnittstellen, verbunden. Hierbei ist es sinnvoll alle Elemente an einem Ort zu platzieren, da sonst große Mengen an Kabeln zu verlegen wären.

Das zieht einen weiteren Unterschied nach sich. Die Endstufen von ProMatrix sind für eine Linienüberwachung der Lautsprecherkreise mit einer Remotefunktion ausgestattet. Diese weitere Verbindung zwischen Verstärker und ProMatrix-Manager erlaubt die Fernsteuerung und Fernüberwachung der Geräte, sowie Lautsprecherlinien. Praesideo ist es möglich, durch den ohnehin geschehenden Datenaustausch über die digitale Verknüpfung, auf eine Remoteverbindung für die Linienüberwachung zu verzichten.

Die zwei Systeme zeigen somit ihre Unterschiedlichkeit auf. Auch bei den Referenzen gibt es keine Gewichtung in eine Richtung. Beide Produkthersteller können mit großen Namen in ihrer Liste aufwarten.

ProMatrix ist schon auf einigen Flughäfen, wie denen in Prag und Warschau, installiert. Auch eine lange Reihe von Kreuzfahrtschiffen nutzt die Technik der Firma Dynacord. Außerdem kommt ProMatrix in diversen Einkaufszentren, Hotels, Restaurants, Krankenhäusern und Sportanlagen in Europa zum Einsatz. Besonders zu nennen sind hier die Olympiastadien in Berlin und Athen.

Die Firma Bosch stattet hat die Flughäfen München und Frankfurt mit seinem System ausgestattet, sowie diverse Kreuzfahrtschiffe, Hotels, öffentliche Gebäude und Schulen. Auch die Messen in Leipzig und Stuttgart zählen zu den Referenzprojekten von Praesideo.

Es lässt sich durch die Gegenüberstellung von den zwei Systemen Praesideo und ProMatrix kein eindeutig überlegenes Produkt ausmachen. Beide arbeiten auf die ihnen eigene Weise nach den Vorgaben der EN 60489 und sind als elektroakustische Notfallwarnsysteme vom TÜV⁸ zertifiziert.

Welches Produkt zu wählen ist, hängt demnach von den spezifischen Anforderungen und Vorlieben eines jeden Auftraggebers und des speziellen Einsatzortes ab.

⁸Technischer Überwachungsverein

6.4 Schlussfolgerung für das CCH

Nach der Gegenüberstellung der beiden Systeme und genauer Abwägung entscheiden die Verantwortlichen des Congress Centers Hamburg sich schließlich für Praesideo, das Produkt der Bosch Sicherheitssysteme GmbH.

Ausschlaggebend für diese Wahl ist die komplett digitale Funktionsweise des Systems. Dies entspricht dem Stand der Zeit und lässt keine allzu schnelle Überalterung befürchten.

Die Wege zwischen allen Geräten werden mit nur einem einzigen Kabel überbrückt. So wird eine Verlegung dutzender Leitungen vermieden. Dies dient nicht nur der allgemeinen Übersicht, sondern verhindert, in die Zukunft blickend, dass so in späteren Jahren, nach möglichen Umstrukturierungen des Evakuierungssystems, eventuelle „Kabelleichen“ in den Kabelkanälen der neuen Halle ihr Dasein fristen.

Außerdem ist die Anlage durch ihren einfachen Aufbau leicht zu erweitern. Da das CCH im Laufe der Zeit gern alle seine Räumlichkeiten mit einem elektroakustischen Notfallwarnsystem ausstatten möchte ist dies eine willkommene Eigenschaft von Praesideo.

Die Systeme von Bosch und Dynacord sind qualitativ gleichwertig. Jedoch entsprechen die Eigenschaften von Praesideo zur Zeit eher den spezifischen Anforderungen, die das Congress Center stellt, als jene von ProMatrix. Diese Anforderungen sind eine unkomplizierte Installation und eine problemlose Erweiterbarkeit. Aus diesem Grund heben, aus Sicht des CCHs, oben erläuterte Faktoren das Produkt von Bosch geringfügig von jenem der Firma Dynacord ab.

Nach Fertigstellung des Baus der multifunktionalen Halle soll die Evakuierungsanlage installiert werden. Mit der Konzeption und dem Einbau des Praesideosystems wird die Firma Amptown Sound & Communication GmbH beauftragt. Sie sind auch für die Ausarbeitung eines Beschallungskonzeptes, sowie die Installation der Lautsprecheranlage zuständig.

7 Umsetzung

7.1 Beschallungssystem

Bei der neuen multifunktionalen Halle des Congress Centers Hamburg handelt es sich um eine relativ große, weitläufige Fläche, die zu beschallen ist. Da durch die Größe des Gebäudes starke Nachhallzeiten und Räumlichkeit zu erwarten sind und obendrein durch Aufbauten und Trennwände die Schallausbreitung stark behindert werden kann, ist hier nur eine dezentrale Beschallung sinnvoll.

7.1.1 dezentrale Beschallung

Im Gegensatz zur zentralen Beschallung, bei der sich der größte Teil der Lautsprecher zumeist in der Nähe der Originalschallquelle befindet, sind in der dezentralen Beschallung die Schallstrahler über den Raum verteilt. Die Dezentralisierung kommt zum Einsatz, wenn eine große Fläche gleichmäßig versorgt werden soll. Die Lautsprecher sind in aller Regel in direkter Nähe zu den Hörerplätzen angebracht. Durch diese Art der direkten Beschallung können der Raumschall ausgeblendet und eine höhere Verständlichkeit erreicht werden.

In großen Hallen sollten die Lautsprecher so nah wie möglich beim Hörer platziert sein, um den Direktschallanteil möglichst hoch zu halten. Der Schall sollte dabei gerichtet auf die Hörerfläche strahlen. Dadurch wird er bei vollem Auditorium direkt nach der Ankunft beim Hörer absorbiert. Ist der Raum leer, so wird er direkt nach oben, in die Hallenkuppel reflektiert. Auf diese Weise verhindert man, dass zu viele starke Reflexionen in der Hörebene auftreten, die das Klangerlebnis verwischen könnten.

Darüber hinaus ist es wichtig bei der dezentralen Beschallung eine gute Balance bei der Wahl der Anzahl der Lautsprecher zu finden. Einerseits möchte man aus ökonomischem Optimierungsbestreben die Zahl möglichst gering halten, andererseits soll der Abstand zwischen den Geräten nicht zu groß werden, um eine qualitativ gute Beschallung zu gewährleisten und ein Doppelhören zu vermeiden.

Es hat sich deshalb gezeigt, dass eine Anordnung der Schallquellen in parallelen Reihen zweckmäßig ist, um einen maximalen Lautsprecherabstand zu gestatten. Dabei sollten die Geräte die gleiche Richtcharakteristik und den gleichen Abstrahlwinkel aufweisen. Beispielsweise ist es sinnvoll eine Achtercharakteristik zu wählen und die Lautsprecher dann gegeneinander strahlen zu lassen. (vgl.[AS93])

Bei genauer Betrachtung kann man in Kap.7.2 feststellen, dass genau diese Variante in der Halle des Congress Centers zum Einsatz kommen soll. Hier wird es in jeder Lautsprecherreihe Gerätepärchen geben, die Rücken an Rücken montiert werden. So bilden sie, im übertragenen Sinn, zusammen eine Schallquelle mit achtförmiger Richtcharakteristik.

7.2 Wahl der Lautsprecher

Das Lautsprechersystem in der neuen multifunktionalen Halle des Congress Centers Hamburg soll sowohl für die Musik- und Hintergrundbeschallung geeignet, als auch Teil des elektroakustischen Notfallwarnsystems sein. Das bedeutet, dass ein ausreichender Schallpegel für die Evakuierung im Notfall erreicht werden muss. Sie muss außerdem die Vorgaben der Norm DIN EN 60849 (Kap. 5.2) erfüllen.

Die Halle wird durch Trennwände in verschiedene Bereiche unterteilbar sein, die einzeln beschallt werden können. Ebenso soll aber auch die Halle als Ganzes zu beschallen sein.

Die Lautsprecher werden an den Hauptträgern des Gebäudes montiert. Die Höhe der Anbringung in der Halle beträgt 9,3m, jedoch dürfen die Geräte dabei die eventuelle Montage von Aufbauten nicht behindern.

Da durch die geplante hauptsächliche Nutzung als Ausstellungshalle ein zumeist relativ konstant großer Störschallpegel⁹ zu erwarten ist, wird ein sehr leistungsfähiges Lautsprechersystem benötigt. Die große Deckenhöhe und die eingeschränkten Anbringungsmöglichkeiten machen den hauptsächlichen Einsatz von herkömmlichen Deckenlautsprechern unmöglich.

Aus Erfahrungswerten schöpfend soll deshalb die Wahl der Lautsprecher für die Beschallung der Ausstellungshalle auf den Ramsa WS-B200 fallen.



Abbildung 25: Ramsa WS-B200

⁹Störschall: Schallereignisse, die die Wahrnehmung des Nutzschalles beeinflussen; hier hervorgerufen durch ein Zusammenkommen vieler Menschen, welches z.B. Stimmengewirr, Schrittgeräusche, Handyklingeln etc. mit sich zieht.

Es ist geplant 80 Stück in der Halle zu positionieren. Entlang der 7 Querträger finden jeweils 10 Lautsprecher ihren Platz. Davon je 5 in gleichmäßigem Abstand zu beiden Seiten des Trägers. Hinzu kommen 10 an den kurzen Aussenwänden des Gebäudes.

Der Ramsa WS-B200 ist ein 2-Wege Bass-Reflex-Lautsprecher, mit zwei 8“-Woofern¹⁰ und einem Hochtontreiber¹¹. Dieser arbeitet auf ein drehbares CD-Horn¹² mit einem Abstrahlwinkel von 60° in der horizontalen Richtung und 40° in der vertikalen. Der Schalldruckpegel liegt bei 98dB/1W/1m, das heißt 98 dB in 1m Entfernung bei 1W Leistung. Transformatoren ermöglichen einen 70V oder 100V Eingang. Für das CCH wird eine Variante mit 100V/120W Transformator gewählt. Das Gerät ist 660mm hoch, 290mm breit und 287mm tief. Es wiegt 16kg. (vgl. [Mat])

Der Ramsa WS-B200 kann beliebig angebracht werden. Es ist möglich ihn von der Decke zu hängen, an der Wand zu befestigen oder auf einem Ständer zu platzieren.

Die Lautsprecher im Congress Center sollen mit Querbügeln an den Deckenträgern der Halle montiert werden und somit parallel zu diesen ausgerichtet sein.

Sie sollen mit einer Neigung von 65° angebracht werden.

In einem kleinen Abschnitt der Halle, jenem an dem sich der Zugang zum alten Teil des CCHs befindet, ist die Deckenhöhe niedriger. Für die Beschallung dieses Bereichs werden herkömmliche Deckenlautsprecher eingesetzt. Man entschied sich für das Produkt Control 26CT von JBL.

Dieser Lautsprecher besitzt einen 6,5“-Woofer, sowie einen 3/4“-Hochtontreiber. Sein Schalldruckpegel beträgt 89dB/1W/1m. Er ist in dieser Version mit einem 70V bzw 100V- Transformator ausgestattet. Das Gerät ist 210mm hoch, hat einen Durchmesser von 252mm und wiegt 4,2kg. Der Lautsprecher wird in die Decke eingelassen und so montiert. Sein Abstrahlwinkel beträgt dabei 110°. Man entschied sich für einen Control 26CT mit 60W Leistung. (vgl. <http://www.jblpro.com>)



Abbildung 26: JBL Control 26CT

¹⁰Lautsprechertreiber, der tieffrequente Töne erzeugt

¹¹Lautsprechertreiber für hochfrequente Töne

¹²Constant-Directivity-Horn; dieses Gerät ist so gebaut, dass Richtcharakteristik und Bündelungsgrad möglichst unabhängig von der Frequenz sind. (vgl.[AS93])

7.3 Einbau des Notfallwarnsystems

Die Verantwortlichen des Congress Centers haben sich, wie zuvor schon erläutert, für den Einsatz des elektroakustischen Notfallwarnsystems Praesideo der Firma Bosch Sicherheitssysteme GmbH entschieden. Hierzu soll der Standardsatz mit Endverstärker und Netzwerkcontroller, sowie Sprechstelle und Sprechstellentastatur zum Einsatz kommen. Alle Geräte werden auf Höhe des 1.Stockwerkes der Ausstellungshalle in einem eigenen Raum, als Regie H-6 bezeichnet (siehe Anhang, Raumplan Regie H-6), untergebracht werden. Der Raum besitzt eine Notstromversorgung, ist also mit den Notstromgenerator des Congress Centers verbunden. Außerdem eignet er sich, verglichen mit den anderen zur Verfügung stehenden Räumen, am besten für die Unterbringung aller Geräte und ist zudem leicht zugänglich.

Die neue Halle ist in 8 Bereiche unterteilbar. In jedem Bereich befinden sich 10 Ramsa-Lautsprecher und 2 JBL Deckenlautsprecher. Durch Trennwände vom Rest der Halle abgeschirmt, können so bis zu sechs kleinere Räume geschaffen und einzeln beschallt werden. Um die separate Beschallung jedes Abschnitts gewährleisten zu können, müssen verschiedene Lautsprecherkreise gelegt werden. Hinzu kommt, dass der Ausfall eines Kreises nicht die Schallversorgung seines Bereichs beeinflussen darf. Das bedeutet, dass in jedem Abschnitt mindestens zwei unterschiedliche Lautsprecherlinien mit jeweils eigenem Verstärker benötigt werden. Im CCH wird dies folgendermaßen umgesetzt:

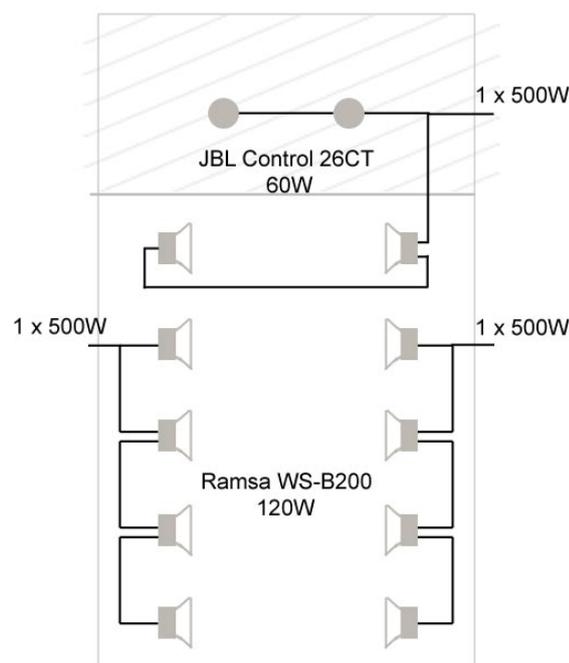


Abbildung 27: Skizze der Lautsprecherkreise eines Hallenabschnitts

Lautsprecherkreis 1 wird mit einem 1 x 500W Verstärker versorgt, genau wie Lautsprecherkreis 2. Der dritte Kreis in den Abschnitten ist unterteilt. Zum einen arbeitet eine weitere 1 x 500W Endstufe für zwei JBL Deckenlautsprecher, zum anderen für zwei Ramsa WS-B200. Bei Ausfall einer Lautsprecherlinie ist somit trotzdem eine ausreichende Beschallung des Bereichs gewährleistet.

Am Ende jeder Lautsprecherlinie befindet sich ein Linienüberwachungsgerät, durch welches der Ausfall eines Lautsprechers detektiert werden kann. Tritt der Fall ein, bekommt ein Verstärker keine Rückmeldung vom Überwachungsgerät, wird dies an den Netzwerkcontroller übermittelt, der den Fehler anzeigt (siehe Kap.6.1.1.4).

Bei den eben beschriebenen Lautsprecherkreisen 1 und 2 ist jeweils ein Linienüberwachungsgerät am Ende angebracht. Bei Lautsprecherkreis 3 müssen jedoch, durch die Aufspaltung, zwei Linienäste überwacht werden. Auch hier ist ein Gerät am Ende jedes Astes. Beide besitzen eine eigene Adresse und können einzeln angesprochen werden. Um die korrekte Funktion zu kontrollieren, werden vom Verstärker Pilottöne gesendet. Gibt es einmal keine Rückmeldung von einem Überwachungssatz, kann durch die Adressierung die defekte Linie sofort auffindig gemacht werden.

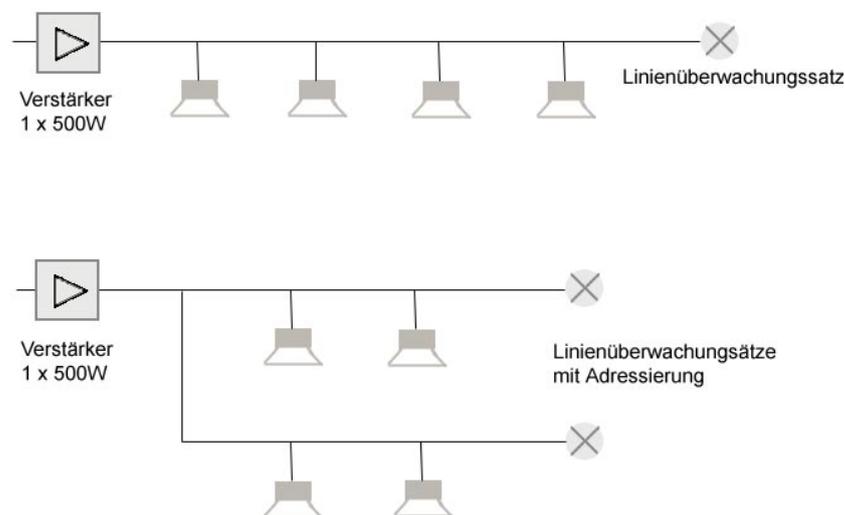


Abbildung 28: Skizze der einfachen und der aufgespalteten Lautsprecherlinie

Für diese Art der Überwachung werden einfache 1 x 500W Endstufen benötigt und solche, die mit einem adressierbaren Master-Überwachungsmodul ausgestattet sind.

Die Anzahl der benötigten Endverstärker für das Evakuierungssystem lässt sich berechnen. Da 80 Lautsprecher zu jeweils 120W versorgt werden müssen, sowie 16 Deckenlautsprecher mit 60W, werden 24 Stück 1 x 500W Endstufen eingesetzt. Hierbei wird es zwei Varianten geben, bedingt durch die Zuteilung der Lautsprecher zu den Verstärkern, beziehungsweise die unterschiedliche Charakteristik der Lautsprecherlinien. Es gibt, wie oben erklärt, einmal die Version mit durchgehender Linie und einem Linienüberwachungssatz am Ende und zum anderen jene mit aufgespaltener Lautsprecherlinie und zwei Überwachungssätzen. Dies zieht mit sich, dass zwei verschiedene Arten von 1 x 500W Verstärkern benötigt werden. 16 Stück der Version für einen Überwachungssatz werden gebraucht und 8 Stück der anderen Sorte. Hinzu kommen zu beiden Varianten jeweils ein Havarieverstärker, auf den, im Fall eines Fehlers in einem Gerät, automatisch umgestellt wird. Das bedeutet, dass insgesamt 26 Endstufen zum Einsatz kommen.

Alle Geräte werden im Raum Regie H-6 untergebracht. Dort sind sie auf vier Racks¹³ verteilt. Zu den 26 Verstärkern mit 1 x 500W und dem Netzwerkcontroller kommen in diesem Raum 12 Stück 2 x 250W Verstärker plus Havariegerät hinzu. Letztere dienen der Versorgung aller Lautsprecher in den nur dem Personal zugänglichen Gebäudeteilen.

Das gesamte System ist durch ein Glasfasernetz verbunden. Durch die komplett digitale Funktionsweise sind keine übermäßigen Kabelmengen zu verlegen, da alles über ein einzelnes Kabel läuft. Lediglich die Leitungen von den Verstärkern zu den Lautsprechern sind analog. Es werden hierfür herkömmliche Lautsprecherkabel verwendet.

Alle zu verlegenden Kabel sind als E30 ausgewiesen. Ihnen ist bei Brandeinwirkung ein Funktionserhalt von mindestens 30 Minuten möglich.

Die Kabelrinnen sind, laut Verordnung zumindest bis zum ersten Lautsprecher einer Linie, ebenfalls der Kategorie E30.

¹³engl.: Regal zur Unterbringung von Elektrogeräten mit genormter Breite von 19 Zoll

7.4 Simulation der Schallverteilung

Zur Simulation der Direktschallpegelverteilung bei verschiedenen Frequenzen und dem Artikulationsverlust von Konsonanten wird hier das Programm EASE eingesetzt.

7.4.1 EASE

Die Software EASE (Electro-Acoustic Simulator for Engineers) wird von der Firma ADA, Acoustic Design Ahnert, entwickelt und dient der Simulation akustischer Vorgänge in Räumen. Sie wird zur Planung von Beschallungsanlagen und Raumausstattungen für Veranstaltungsorte genutzt. Mit ihrer Hilfe ist es möglich schon vor dem Bau eines Veranstaltungsraumes unter anderem dessen Nachhallzeit, die Direktschallpegelverteilung oder Werte für die Sprachverständlichkeit zu berechnen. Wandanordnungen, verbaute Materialien und Lautsprecher können virtuell jederzeit geändert werden, um das Simulationsergebnis zu verbessern. Somit ist in der Planungsphase bereits eine optimierte Beschallung der Räumlichkeiten darzustellen. (vgl. <http://www.ada-acousticdesign.de>)

Um akustische Vorgänge simulieren zu können, muss im Programm vorerst ein dreidimensionales Modell des Raumes erstellt werden. Dabei können die Materialien für alle Flächen aus einer großen Datenbank gewählt werden. Die Eigenschaften des Raumes können nun bereits ermittelt werden. Die Ergebniswerte der Simulationen sind mit denen von physikalischen Messungen vergleichbar.

Um eine Beschallung zu simulieren, können dann Lautsprecher oder andere, natürliche, Quellen hinzugefügt werden. Für die Lautsprecher gibt es eine Datenbank aller gängigen Modelle. Die genaue Position, wie der Winkel, in dem die Geräte montiert werden, ist zu bestimmen. Es müssen dann noch Hörerflächen definiert werden. Das sind jene Bereiche, in denen sich Hörer aufhalten werden. Es können auch einzelne Hörerplätze sein.

Wahlweise können nun verschiedene Parameter, zum Beispiel der Direktschallpegel im Raum bei einer gewissen Frequenz, ein Gesamtschallpegel oder Werte zur Sprachverständlichkeit errechnet werden.

Ist die Simulation beendet, werden die Ergebnisse visuell dargestellt. In einer Gesamtansicht des Raumes werden dabei verschiedene Bereiche, je nach ermitteltem Wert, unterschiedlich eingefärbt gezeigt. Die Darstellung kann nach Belieben für Hörerflächen, Wandflächen oder einzelne Sitzplätze eingestellt werden. (vgl. <http://www.ada-acousticdesign.de>)

Neben den Visualisierungen ist es mit EASE außerdem möglich sich das Verhalten des Raumes bei verschiedenen Klangereignissen, zum Beispiel dem Spielen eines Musikinstrumentes, tatsächlich anzuhören. Dies wird als Auralisation bezeichnet. Man konzentriert sich jedoch bei der Simulation in der Halle des CCH vorerst auf die visuelle Darstellung.

7.4.2 Simulationsergebnisse

Für die multifunktionale Halle des Congress Centers Hamburg sollen Visualisierungen für die Direktschallpegelverteilung bei 200Hz, 500Hz, 1000Hz, 4000Hz, 8000Hz und für 100-10000Hz erstellt werden, sowie die Darstellung des Artikulationsverlustes bei Konsonanten bei 2000Hz.

Die Berechnungen sollen zeigen, ob die Wahl der Lautsprecher, sowie deren Position und Ausrichtung ein zufriedenstellendes Ergebnis für die Beschallung mit Hintergrundmusik geben und gleichzeitig geeignete Werte zur Evakuierung erreichen.

Die symmetrische Anordnung der Lautsprecher in der Halle macht man sich bei der Simulation zu Nutze, indem man die Berechnungen lediglich auf eine Hallenhälfte beschränkt. Dies spart Rechenkapazität und Zeit. Folglich werden nur die 40 Lautsprecher aus einer Hallenhälfte herangezogen. Das Ergebnis kann gespiegelt genauso auf den anderen Teil der Halle angewendet werden. Die Position der Ramsa WS-B 200 und deren Abstrahlwinkel wird in den folgenden Abbildungen illustriert. Zur besseren Orientierung werden neben der Draufsicht auch der Schrägschnitt der Halle gezeigt.

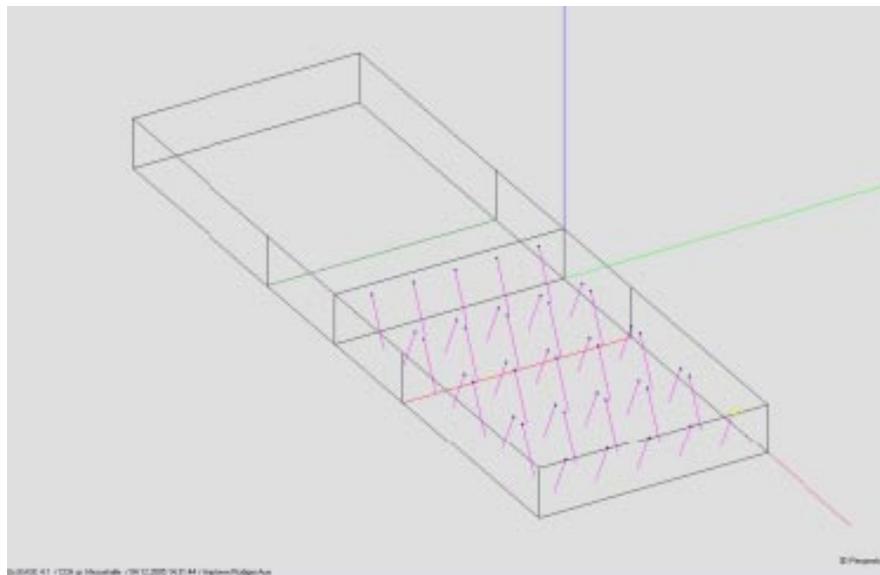


Abbildung 29: Schrägsicht der Halle

In den Simulationsdarstellungen ist aber nur die Draufsicht auf die Halle relevant. Hier erkennt man zumeist deutlich die 5 Reihen mit jeweils 5, bzw. 2 x 5 Lautsprechern.



Abbildung 30: Draufsicht auf die Halle

Es wird in diesen Simulationen nur auf die Verteilung des Direktschalls bei verschiedenen Frequenzen eingegangen. Sie bilden die vorerst wichtigsten Werte für die Entscheidung zur sinnvollsten Platzierung der Lautsprecher.

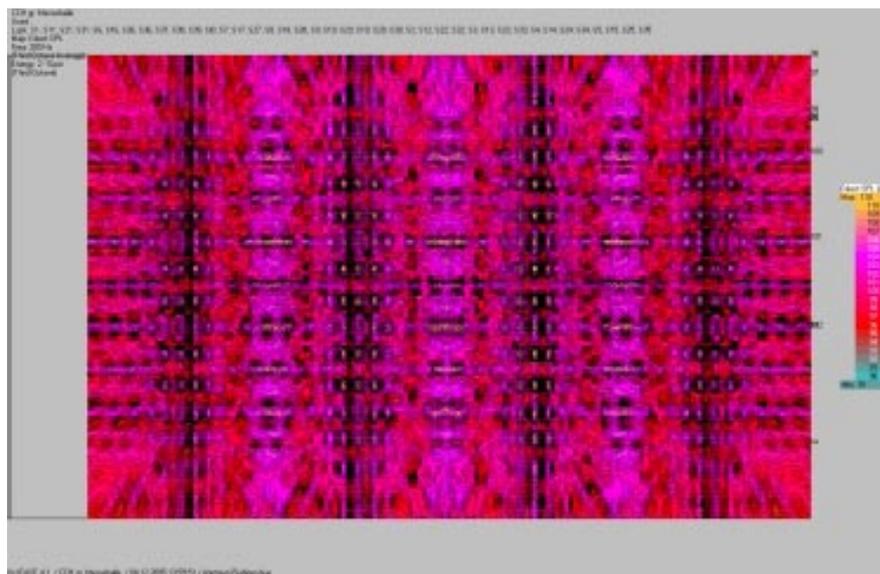


Abbildung 31: Direktschallpegelverteilung bei 200Hz

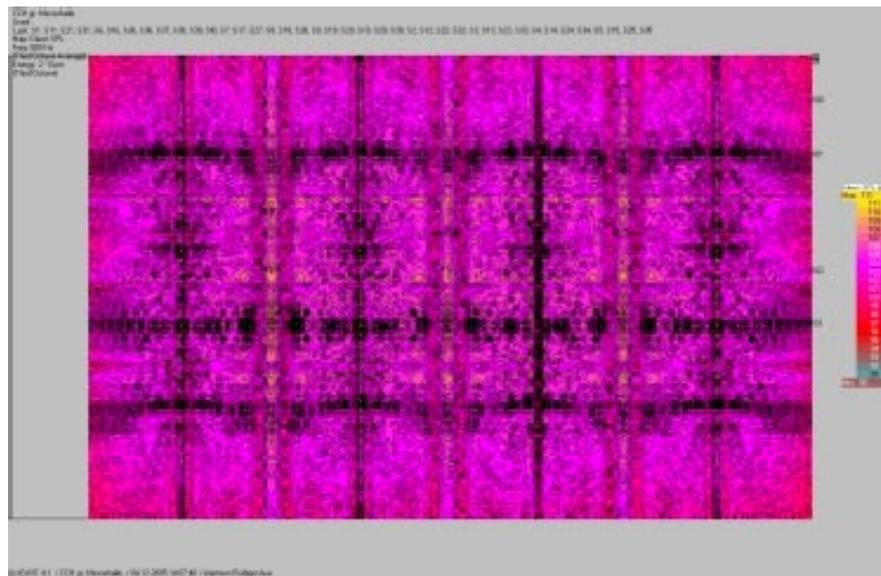


Abbildung 32: Direktschallpegelverteilung bei 500Hz

Die tieffrequenten Töne verbreiten sich recht gut durch den Raum, wobei häufiger Auslöschungen vorkommen. Diese sind an den schwarzen Stellen in der Darstellung zu erkennen.

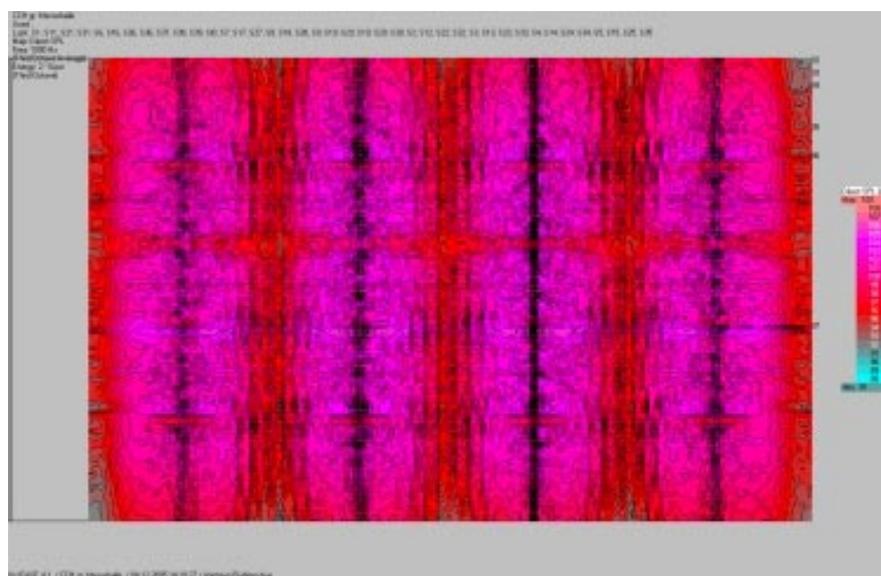


Abbildung 33: Direktschallpegelverteilung bei 1000Hz

Diese Simulation weist einen höheren Direktschallpegel in den lilafarbenen Bereichen auf, als in den roten.

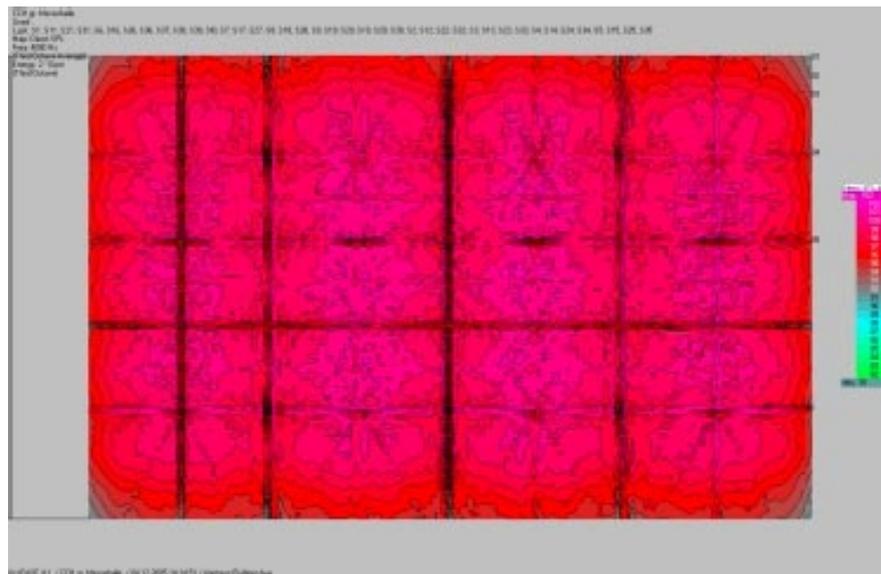


Abbildung 34: Direktschallpegelverteilung bei 4000Hz

Die Berechnung bei 4000Hz zeigt eine relativ gleichmäßige Schallverteilung. Rote Stellen haben dabei einen geringeren Pegel, als solche in Violett.

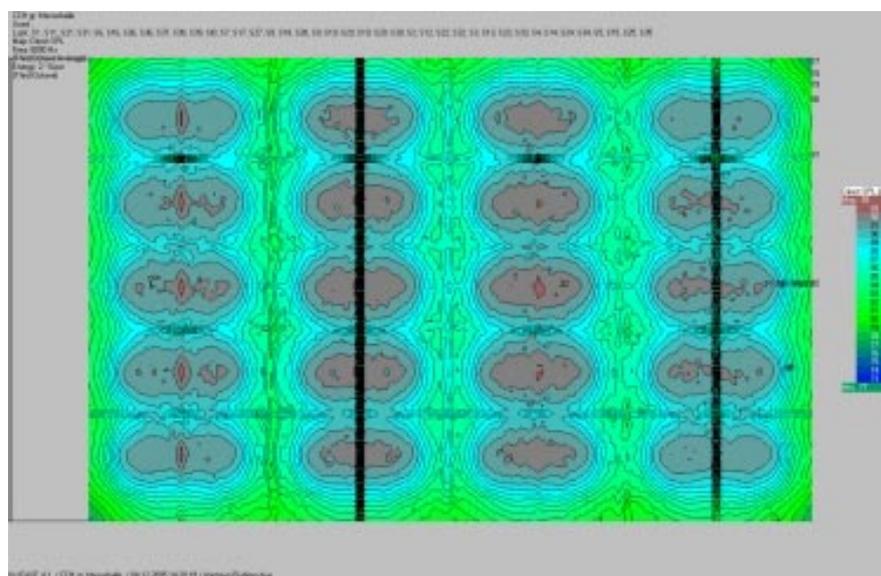


Abbildung 35: Direktschallpegelverteilung bei 8000Hz

In dieser Simulation kann man erkennen, dass die Schallausbreitung bei höheren Frequenzen gerichtet ist. In den rot-grauen Bereichen werden sehr hohe Pegel erreicht, in den grünen etwas geringere.

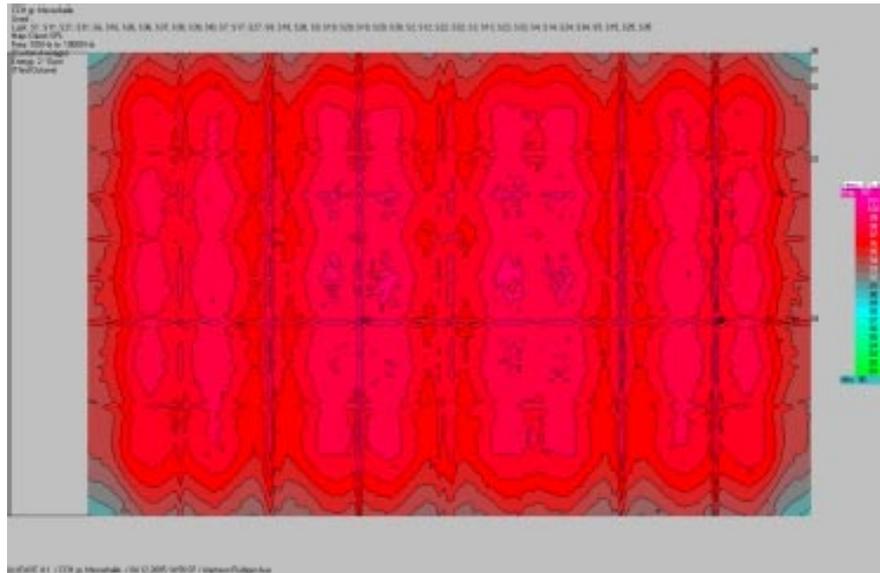


Abbildung 36: Direktschallpegelverteilung bei 100Hz-10000Hz

Über den Frequenzbereich von 100Hz bis 10000Hz lässt sich eine recht gleichmäßige und gute Direktschallpegelverteilung feststellen. Dies bedeutet ein gutes Ergebnis. Die Wahl der Positionierung der Lautsprecher scheint gelungen und spricht für eben diese Anordnung in der Praxis, gesetzt den Fall, dass auch die Sprachverständlichkeit angemessene Werte erreicht.

Neben der Direktschallpegelverteilung spielt der Artikulationsverlust von Konsonanten auch eine bedeutende Rolle, schließlich soll das System für die Hintergrundbeschallung, wozu auch Sprachdurchsagen gehören, und vor allem zur Evakuierung geeignet sein. Bei dieser ist es besonders wichtig, dass Mitteilungen absolut verständlich wiedergegeben werden können. Deshalb müssen die Werte zur Sprachverständlichkeit einem Standard entsprechen.

Bei der Simulation des Artikulationsverlustes standen aus der Datenbank nur Daten für einen Lautsprecher ohne gedrehtem Horn zur Verfügung. Tatsächlich werden aber Geräte mit gedrehtem Horn eingesetzt werden. In dieser Simulation treten nun zwischen den Lautsprecherreihen Interferenzen auf, die das Ergebnis verschlechtern. Das beruht auf der Tatsache, dass sich an einigen Stellen durch aufeinander treffende Schallwellen Teile des Schalls verstärken und andere Teile auslöschen. Diese Interferenzen werden jedoch nach der Installation der geplanten Lautsprecher mit gedrehtem Horn weniger stark ausfallen.

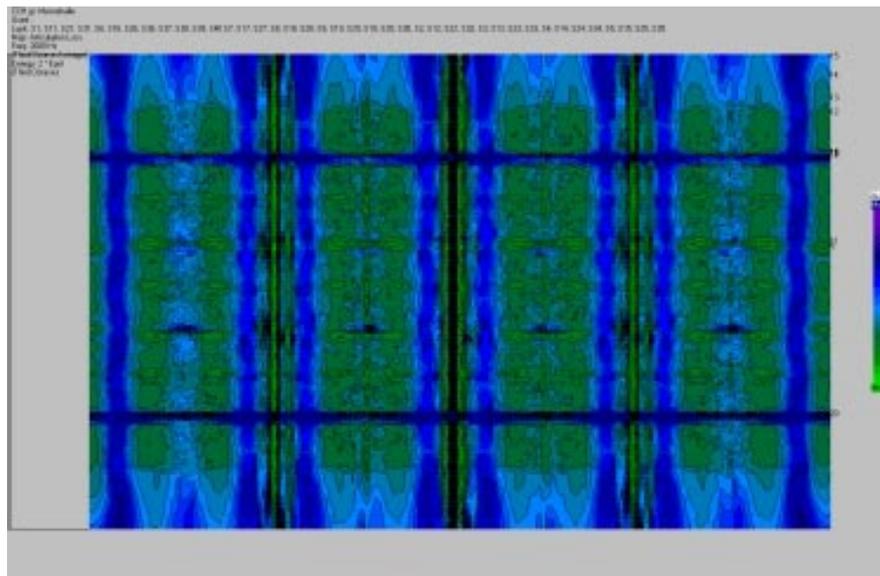


Abbildung 37: Artikulationsverlust von Konsonanten bei 2000Hz

Die grünen Stellen in der Darstellung zeigen Werte für einen Konsonantenverlust von 5% bis 11%. Die blauen Flächen liegen zwischen 12% und 16%. Damit ist die Verständlichkeit im guten bis befriedigenden Bereich (vgl. 4.2.4). Die Werte liegen nach Anpassung an die Allgemeine Verständlichkeitsskala ein wenig unter der von der Norm vorgeschriebenen Marke von 0,7 (vgl. 5.2.2.1). Jedoch unter Berücksichtigung, dass in diesem Fall nicht exakt der gewünschte Lautsprecher simuliert wurde, kann man davon ausgehen, dass die besser erwarteten Werte mit dem tatsächlich zu verwendenden Gerät die Norm erfüllen.

7.5 Resümee der Umsetzung

Die Planungsphase für das elektroakustische Notfallwarnsystem in der multifunktionalen Ausstellungshalle des CCH ist hiermit abgeschlossen.

Die Standorte aller Geräte wurden festgelegt, die Position und Anbringung der Lautsprecher fixiert und der Verlauf der Kabelwege beschlossen. Die Simulationen lassen ein gutes Ergebnis erwarten.

Einzig auffälliger Punkt sind die vergleichsweise mittelmäßigen Ergebnisse der Simulation des Konsonatenverlustes. Es wurde jedoch versichert, dass sich die Ergebnisse unter Realbedingungen verbessern und damit den Normanforderungen entsprechen werden.

Generell ist zu bedenken, dass ein Mittelweg zwischen einer optimierten Beschallung einer Veranstaltung und der gleichzeitigen Gewährleistung einer optimierten Beschallung für eine Evakuierung schwer zu finden ist. Musikalische Darbietungen und Evakuierungsmaßnahmen stellen sehr verschiedene Ansprüche an eine Beschallungsanlage. Einwandfreie Verständlichkeit von Durchsagen sind zwar vorgegeben, jedoch möchte man eine Veranstaltungshalle in erster Linie für Veranstaltungen nutzen, nicht für Notfallübungen. Hier ist bei der Beschallung also ein Kompromiss zu suchen, der sich im Rahmen der Vorgaben der DIN-Normen für elektroakustische Notfallwarnsysteme bewegt, aber auch für alle Veranstaltungen einen optimierten Klang der Darbietungen ermöglicht.

Die multifunktionale Ausstellungshalle des Congress Centers Hamburg befindet sich zum Zeitpunkt des Abschlusses der Diplomarbeit noch im Bau. Aus diesem Grund können über die Planungsphase hinaus keine Ausführungen über die Installation des elektroakustischen Notfallwarnsystems gemacht werden.

8 Schlusswort

Man stelle sich eine volle Ausstellungshalle einer gut besuchten Messe vor. Menschen drängen an den Ständen vorbei. Plötzlich verstummt die Hintergrundmusik, ein Warnsignal tönt über die Lautsprecher. Unmittelbar darauf folgt eine klar verständliche Durchsage: „Achtung, Achtung! Wir haben eine technische Störung. Bitte verlassen sie die Halle sofort über die gekennzeichneten Notausgänge. Achten Sie auf die Anweisungen der Ordner. Wir danken Ihnen für Ihr Verständnis.“ [Ver05, S.29] Die Meldung ist in ruhigem Ton gesprochen und gibt genaue Anweisungen. Damit reduziert sich die Reaktionszeit, die ein Mensch braucht, um zur Handlung zu gelangen, im Vergleich zu der Zeit die verstreicht, um ein herkömmliches Hornsignal richtig zu interpretieren. Somit begeben sich die Besucher in diesem Fall zügig zu den ausgewiesenen Ausgängen. Innerhalb kürzester Zeit ist die Halle evakuiert.

Dieses Konzept der elektroakustischen Notfallwarnsysteme bietet bereits eine weitgehend ausgefeilte Möglichkeit zur sicheren Evakuierung von Gebäuden. Jedoch werden weiterhin Verbesserungen entwickelt.

In Zukunft würde sich besonders in verwinkelten Gebäuden oder Schiffen nicht nur eine Fluchtweglenkung durch Sprachdurchsagen anbieten, sondern auch durch ein Fluchtwegorientierungsgeräusch. Dieser wandernde Ton dirigiert die Flüchtenden zum nächsten Ausgang. Versuche haben bereits gezeigt, dass das Geräusch die Fluchtgeschwindigkeit wesentlich erhöht und darüber hinaus eine optimale Richtungsorientierung gibt. (vgl. [Ver05, S.36f]) Diese Idee wird sich durchaus auch mit den schon bestehenden elektroakustischen Notfallwarnsystemen durchführen lassen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit tatkräftig unterstützt haben.

Es sei hier ganz besonders Thomas Hagedorn von Amptown Sound & Communications für seine große Hilfe gedankt.

Auch Heinz Weber und dem Technikerstab des Congress Centers Hamburg bin ich für die Idee zum Diplomarbeitsthema und für Hilfe bei der Umsetzung zu Dank verpflichtet.

Außerdem möchte ich mich bei meinem Betreuer Hannes Raffaseder für seine Unterstützung bedanken.

Zuletzt, aber keinesfalls zu vergessen, meine Eltern für das engagierte Korrekturlesen der Arbeit und die unermüdlichen Aufmunterungen während des Semesters.

Literaturverzeichnis

- [AS93] AHNERT, W. ; STEFFEN, F.: *Beschallungstechnik - Grundlagen und Praxis*. Stuttgart, Leipzig : S. Hirzel Verlag, 1993
- [Bos] BOSCH SICHERHEITSSYSTEME: Praesideo Datenbroschüre.
- [Dic97] DICKREITER, Michael: *Handbuch der Tonstudioteknik*. Bd. 1 + 2. 6. München : K.G. Saur, 1997
- [DIN99] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG UND VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK EV: *Elektroakustische Notfallwarnsysteme Deutsche Fassung EN 60849:1998*. (Mai 1999)
- [Ham03] HAMBURGISCHES GESETZ- UND VERORDNUNGSBLATT: *Verordnung für den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten in Hamburg*. (15. August 2003)
- [Mat] MATSUHISHA ELECTRIC INDUSTRIAL CO.: *Ramsa WS-B200 Manual*
- [Peu71] PEUTZ, V.M.A.: *Articulation Loss of Consonants as a Criterion for Speech Transmission in a Room*. Bd. 19. JAES, 1971
- [P.W95] P.W. BARNETT, R.D. KNIGHT: *The Common Intelligibility Scale*. Bd. 17. Proc. I.O.A., 1995
- [Raf02] RAFFASEDER, Hannes: *Audiodesign*. München, Wien : Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2002
- [Tel] TELEX-EVI AUDIO 2000: ProMatrix System.
- [Ver05] VERBAND FÜR SICHERHEITSTECHNIK E.V. *Planungshandbuch für elektroakustische Notfallwarnsysteme*. Juli 2005
- [ZZ93] ZOLLER, M. ; ZWICKER, E.: *Elektroakustik*. 3.Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer, 1993

Internetquellenverzeichnis

<http://www.ada-acousticdesign.de>

<http://www.bosch-sicherheitssysteme.de>

<http://www.cch.de>

<http://www.gold-line.com>

<http://www.jblpro.com>

<http://www.promatrix.de>

<http://www.suedcom.net>

<http://www.wikipedia.org>

A Anhang

- [1] Raumplan der Halle, Draufsicht
- [2] Raumplan der Halle, Vergrößerung Abschnitt 1 + 2, Draufsicht
- [3] Raumplan Regie H-6, Draufsicht
- [4] Rackaufbau der Praesideo-Geräte
- [5] Blockschaltbild der Lautsprecherkreise



Abbildung 38: Raumplan der Halle, Draufsicht



Abbildung 39: Raumplan der Halle, Vergrößerung Abschnitt 1 + 2, Draufsicht



Abbildung 40: Raumplan Regie H-6, Draufsicht



Abbildung 41: Rackaufbau der Praesideo-Geräte

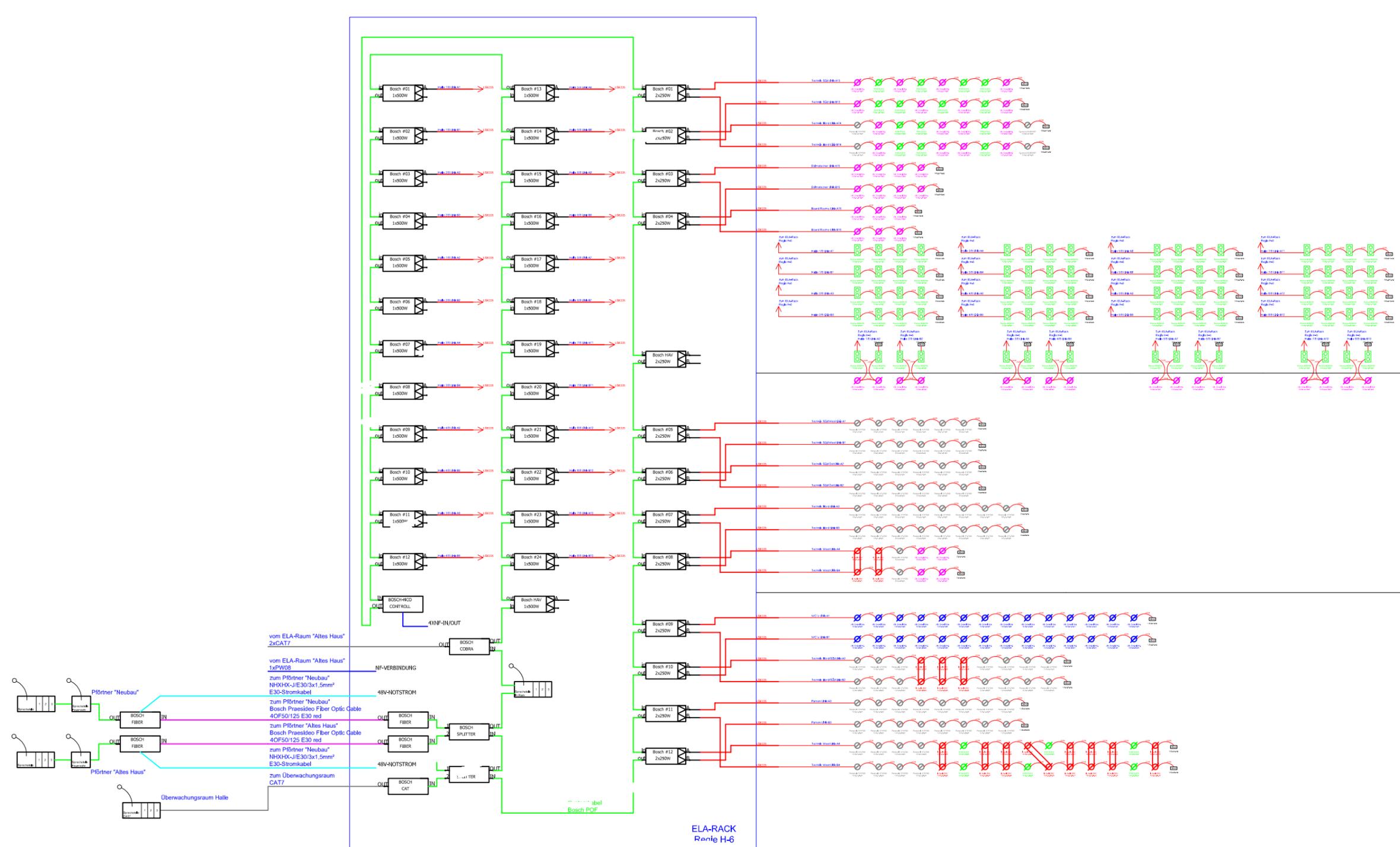


Abbildung 42: Blockschaltbild der Lautsprecherkreise

Abbildungsverzeichnis

1	CCH Luftbild; http://www.cch.de	9
2	CCH 2.Etage Draufsicht; http://www.cch.de	10
3	Neue Aussenansicht des CCHs; http://www.cch.de	11
4	Multifunktionale Halle ohne Bestuhlung; http://www.cch.de	11
5	Wandabsorptionsgrad; M.Zoller, E.Zwicker: Elektroakustik, Berlin, Heidelberg: Springer, 1993	14
6	Wandabsorptionsgrad; M.Zoller, E.Zwicker: Elektroakustik, Berlin, Heidelberg: Springer, 1993	15
7	Nachhall; www.wikipedia.org	16
8	optimale Nachhallzeiten; W.Ahnert, F.Steffen: Beschallungstechnik, Stuttgart, Leipzig: S.Hirzel Verlag, 1993	17
9	Common Intelligibility Scale; http://www.gold-line.com/pdf/articles/p measure TNO.pdf	23
10	Praesideo Netzwerkcontroller; http://www.bosch-sicherheitssysteme.de	34
11	Praesideo Audioerweiterung; http://www.bosch-sicherheitssysteme.de	35
12	Praesideo Endverstärker; http://www.bosch-sicherheitssysteme.de	36
13	Praesideo Sprechstelle; http://www.bosch-sicherheitssysteme.de	37
14	Praesideo Sprechstellentastatur; http://www.bosch-sicherheitssysteme.de	38
15	Praesideo Software; http://www.bosch-sicherheitssysteme.de	39
16	Beispiel für Praesideo; http://www.bosch-sicherheitssysteme.de	40
17	ProMatrix Manager; http://www.promatrix.de	43
18	ProMatrix Message Manager; http://www.promatrix.de	45
19	ProMatrix Endverstärker; http://www.promatrix.de	45
20	ProMatrix Sprechstelle; http://www.promatrix.de	46
21	ProMatrix Software; http://www.promatrix.de	47
22	ProMatrix Monitor Manager; http://www.promatrix.de	48
23	ProMatrix Netzteil; http://www.promatrix.de	49
24	ProMatrix Beispiel	50
25	Ramsa WS-B200; Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.	56
26	JBL Control 26CT; http://www.jblpro.com	57
27	Skizze Lautsprecherkreise	58
28	Skizze Linienüberwachung	59
29	EASE Simulation Schrägansicht; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	62
30	EASE Simulation Draufsicht; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	63

31	EASE Simulation Direktschallpegel 200Hz; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	63
32	EASE Simulation Direktschallpegel 500Hz; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	64
33	EASE Simulation Direktschallpegel 1000Hz; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	64
34	EASE Simulation Direktschallpegel 4000Hz; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	65
35	EASE Simulation Direktschallpegel 8000Hz; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	65
36	EASE Simulation Direktschallpegel 100-10000Hz; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	66
37	EASE Simulation Artikulationsverlust; Dipl.-Ing. Rüdiger Aue, Amptown Sound & Communication GmbH	67
38	Raumplan Halle; Thomas Hagedorn, Amptown Sound & Communication GmbH	74
39	Raumplan Hallenabschnitt; Thomas Hagedorn, Amptown Sound & Communication GmbH	75
40	Raumplan Regie H-6; Thomas Hagedorn, Amptown Sound & Communication GmbH	76
41	Rackaufbau der Praesideo-Geräte; Thomas Hagedorn, Amptown Sound & Communication GmbH	77
42	Blockschaltbild der Lautsprecherkreise; Thomas Hagedorn, Amptown Sound & Communication GmbH	78



LEGENDE:

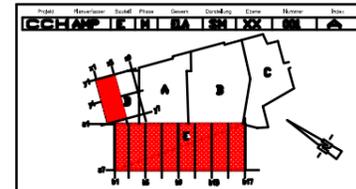
- Bosch-Netzgerät 1x 500W
- Bosch-Netzgerät 2x 250W
- Special Non-LS
- Bosch-Netzgerät Bereich 0-20
- Bosch-Netzgerät 50-150
- Bosch-Netzgerät 150-200
- Bosch-Netzgerät 200-300
- Bosch-Netzgerät 300-400
- Bosch-Netzgerät 400-500
- Bosch-Netzgerät 500-600
- Bosch-Netzgerät 600-700
- Bosch-Netzgerät 700-800
- Bosch-Netzgerät 800-900
- Bosch-Netzgerät 900-1000
- Bosch-Netzgerät 1000-1100
- Bosch-Netzgerät 1100-1200
- Bosch-Netzgerät 1200-1300
- Bosch-Netzgerät 1300-1400
- Bosch-Netzgerät 1400-1500
- Bosch-Netzgerät 1500-1600
- Bosch-Netzgerät 1600-1700
- Bosch-Netzgerät 1700-1800
- Bosch-Netzgerät 1800-1900
- Bosch-Netzgerät 1900-2000
- Bosch-Netzgerät 2000-2100
- Bosch-Netzgerät 2100-2200
- Bosch-Netzgerät 2200-2300
- Bosch-Netzgerät 2300-2400
- Bosch-Netzgerät 2400-2500
- Bosch-Netzgerät 2500-2600
- Bosch-Netzgerät 2600-2700
- Bosch-Netzgerät 2700-2800
- Bosch-Netzgerät 2800-2900
- Bosch-Netzgerät 2900-3000
- Bosch-Netzgerät 3000-3100
- Bosch-Netzgerät 3100-3200
- Bosch-Netzgerät 3200-3300
- Bosch-Netzgerät 3300-3400
- Bosch-Netzgerät 3400-3500
- Bosch-Netzgerät 3500-3600
- Bosch-Netzgerät 3600-3700
- Bosch-Netzgerät 3700-3800
- Bosch-Netzgerät 3800-3900
- Bosch-Netzgerät 3900-4000
- Bosch-Netzgerät 4000-4100
- Bosch-Netzgerät 4100-4200
- Bosch-Netzgerät 4200-4300
- Bosch-Netzgerät 4300-4400
- Bosch-Netzgerät 4400-4500
- Bosch-Netzgerät 4500-4600
- Bosch-Netzgerät 4600-4700
- Bosch-Netzgerät 4700-4800
- Bosch-Netzgerät 4800-4900
- Bosch-Netzgerät 4900-5000
- Bosch-Netzgerät 5000-5100
- Bosch-Netzgerät 5100-5200
- Bosch-Netzgerät 5200-5300
- Bosch-Netzgerät 5300-5400
- Bosch-Netzgerät 5400-5500
- Bosch-Netzgerät 5500-5600
- Bosch-Netzgerät 5600-5700
- Bosch-Netzgerät 5700-5800
- Bosch-Netzgerät 5800-5900
- Bosch-Netzgerät 5900-6000
- Bosch-Netzgerät 6000-6100
- Bosch-Netzgerät 6100-6200
- Bosch-Netzgerät 6200-6300
- Bosch-Netzgerät 6300-6400
- Bosch-Netzgerät 6400-6500
- Bosch-Netzgerät 6500-6600
- Bosch-Netzgerät 6600-6700
- Bosch-Netzgerät 6700-6800
- Bosch-Netzgerät 6800-6900
- Bosch-Netzgerät 6900-7000
- Bosch-Netzgerät 7000-7100
- Bosch-Netzgerät 7100-7200
- Bosch-Netzgerät 7200-7300
- Bosch-Netzgerät 7300-7400
- Bosch-Netzgerät 7400-7500
- Bosch-Netzgerät 7500-7600
- Bosch-Netzgerät 7600-7700
- Bosch-Netzgerät 7700-7800
- Bosch-Netzgerät 7800-7900
- Bosch-Netzgerät 7900-8000
- Bosch-Netzgerät 8000-8100
- Bosch-Netzgerät 8100-8200
- Bosch-Netzgerät 8200-8300
- Bosch-Netzgerät 8300-8400
- Bosch-Netzgerät 8400-8500
- Bosch-Netzgerät 8500-8600
- Bosch-Netzgerät 8600-8700
- Bosch-Netzgerät 8700-8800
- Bosch-Netzgerät 8800-8900
- Bosch-Netzgerät 8900-9000
- Bosch-Netzgerät 9000-9100
- Bosch-Netzgerät 9100-9200
- Bosch-Netzgerät 9200-9300
- Bosch-Netzgerät 9300-9400
- Bosch-Netzgerät 9400-9500
- Bosch-Netzgerät 9500-9600
- Bosch-Netzgerät 9600-9700
- Bosch-Netzgerät 9700-9800
- Bosch-Netzgerät 9800-9900
- Bosch-Netzgerät 9900-10000

1. Obergeschoss

Erdgeschoss

1. Untergeschoss

A	Montageplanung / L1-Überprüfung	04/2016	TH
B	Rechnungen		grün



Erweiterung CCH Hamburg

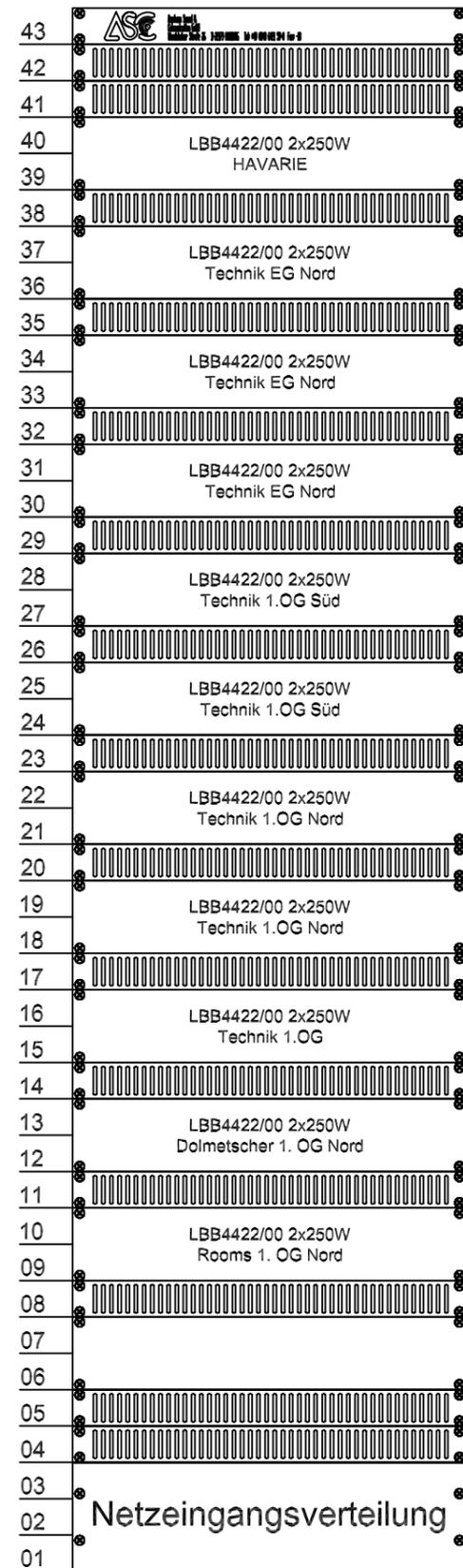
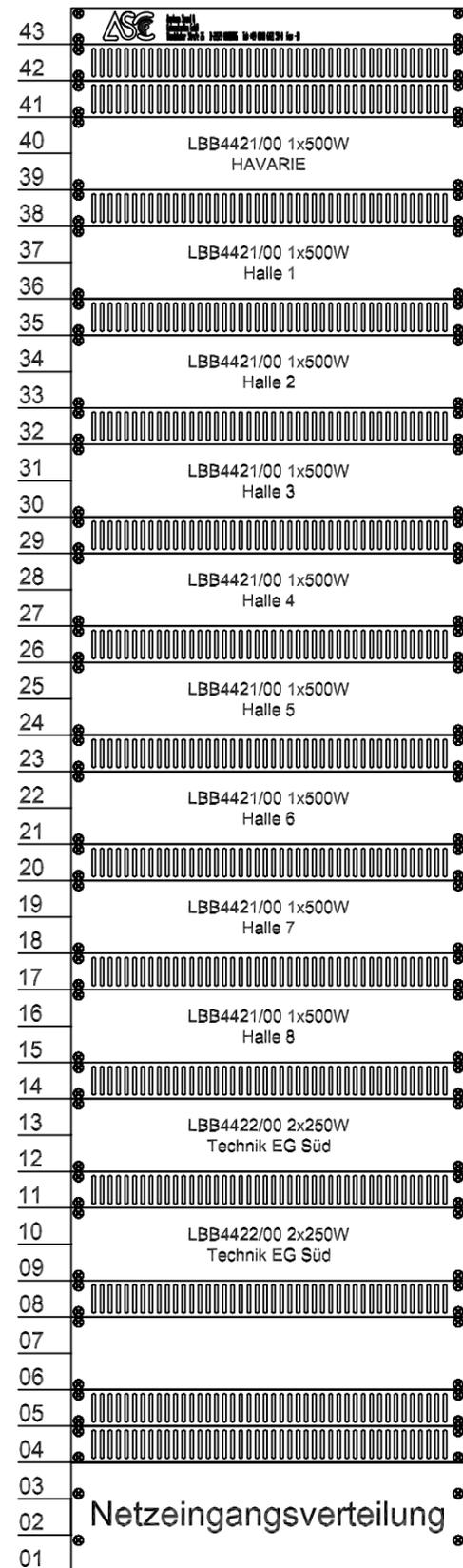
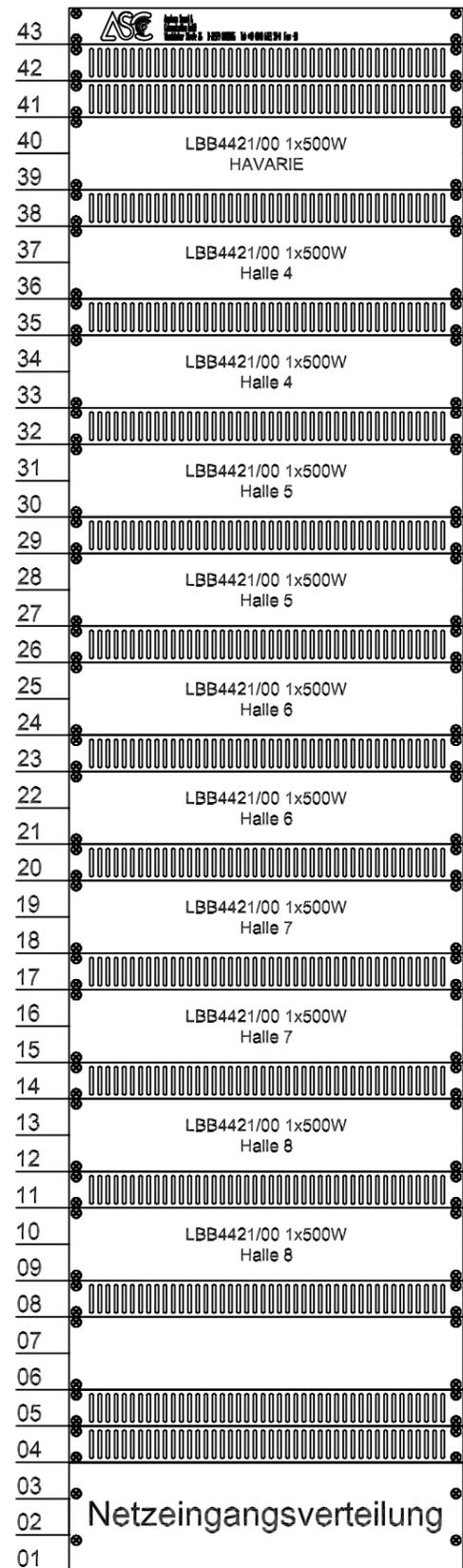
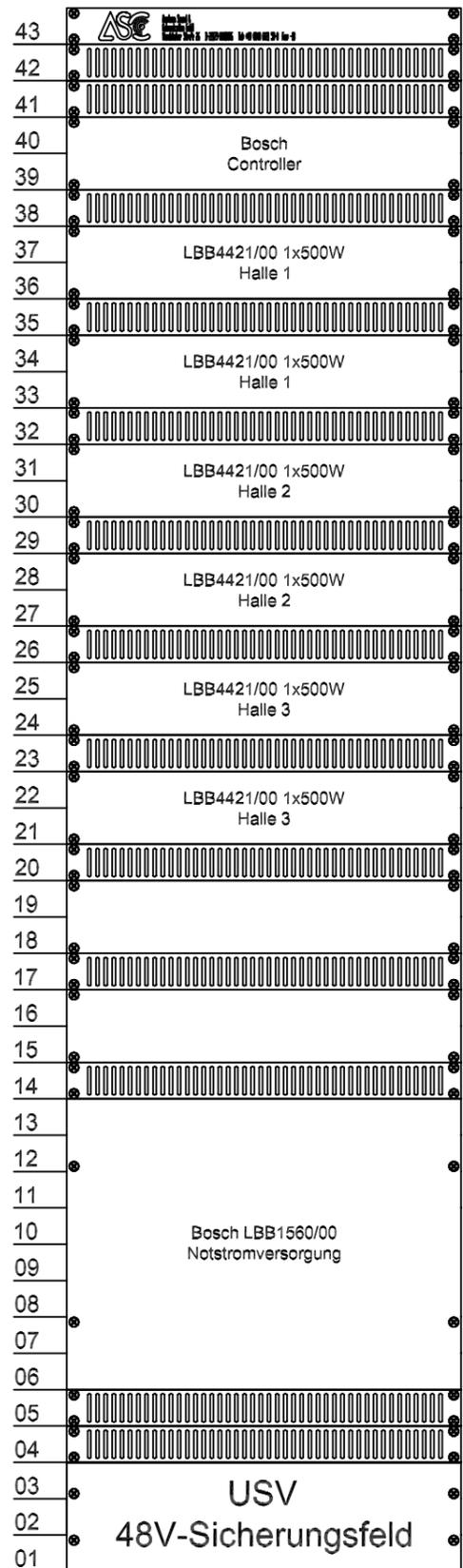
Hamburg Messe und Congress GmbH
 1. Untergeschoss
 Telefon: 0417/3062210 | Telefax: 0417/3062210

Architekt: ZÜBLIN

Planung: AMPTOWN SOUND & COMMUNICATION GMBH
 Wappenhofstraße 28 • 22779 Hamburg
 Fax: +49 (0)41042 159-10 | Fax: +49 (0)41042 159-18
 http://www.amptown-hc.com

Planung: KABELPLAN EVAC HALLE
NEUBAU Kabelpläne für EVAC Halle

Projekt	Revision	Stand	Phase	Datum	Blatt	Blatt	Blatt	Blatt
Ersteller	Plan-Datum	Parasit	Verfasser					



7					
6					
5					
4					
3					
2	Amps überarbeitet 500W	04.08.06	TH	04.08.06	TH
1					
Nr.	Änderungen		geänd. am	Name	gepr. am
Bauherr: Hamburg Messe und Congress GmbH St. Petersburger Straße 1 • 20355 Hamburg					
Bauvorhaben: Congress Centrum Hamburg Tiergartenstraße 2 • 20355 Hamburg - Audio- und Videoverteilung im Erdgeschoss					
Maßstab	Titel		Plan - Nr.		Datei :
	NEUBAU Rack EVAC-Rack Halle v02		Rack EVAC-Rack Halle v02.dwg		
Werksplanung AMPTOWN SOUND & COMMUNICATION GMBH Wandsecker Straße 28 • 22179 Hamburg fon: +49 (0)40-842 159 -0 • fax: +49 (0)40-842 159 -18 http://www.amptown-asc.com/			entw.	05.12.2005	T.H.
			gez.	05.12.2005	T.H.
			gepr.	05.12.2005	T.H.
Planersteller		Freigabe:			
Datum		Unterschrift		Datum	
		Unterschrift			

Kamera 18

Kamera 28

1OG.H.A2.04

1OG.H.A2.01

1OG.H.B2.04

1OG.H.B2.01

1OG.H.A5.04



1OG.H.A1.01

1OG.H.B1.01

1OG.H.A3.01

1OG.H.B3.01

1OG.H.A4.01



21

Anschlusspunkt
Raum-Mip

1OG.H.A1.02

1OG.H.B1.02

1OG.H.A3.02

1OG.H.B3.02

1OG.H.A4.02



1OG.H.A1.03

1OG.H.B1.03

1OG.H.A3.03

1OG.H.B3.03

1OG.H.A4.03



1OG.H.A1.04

1OG.H.B1.04

1OG.H.A3.04

1OG.H.B3.04

1OG.H.A4.04



1OG.H.A3.08

Reg1.1

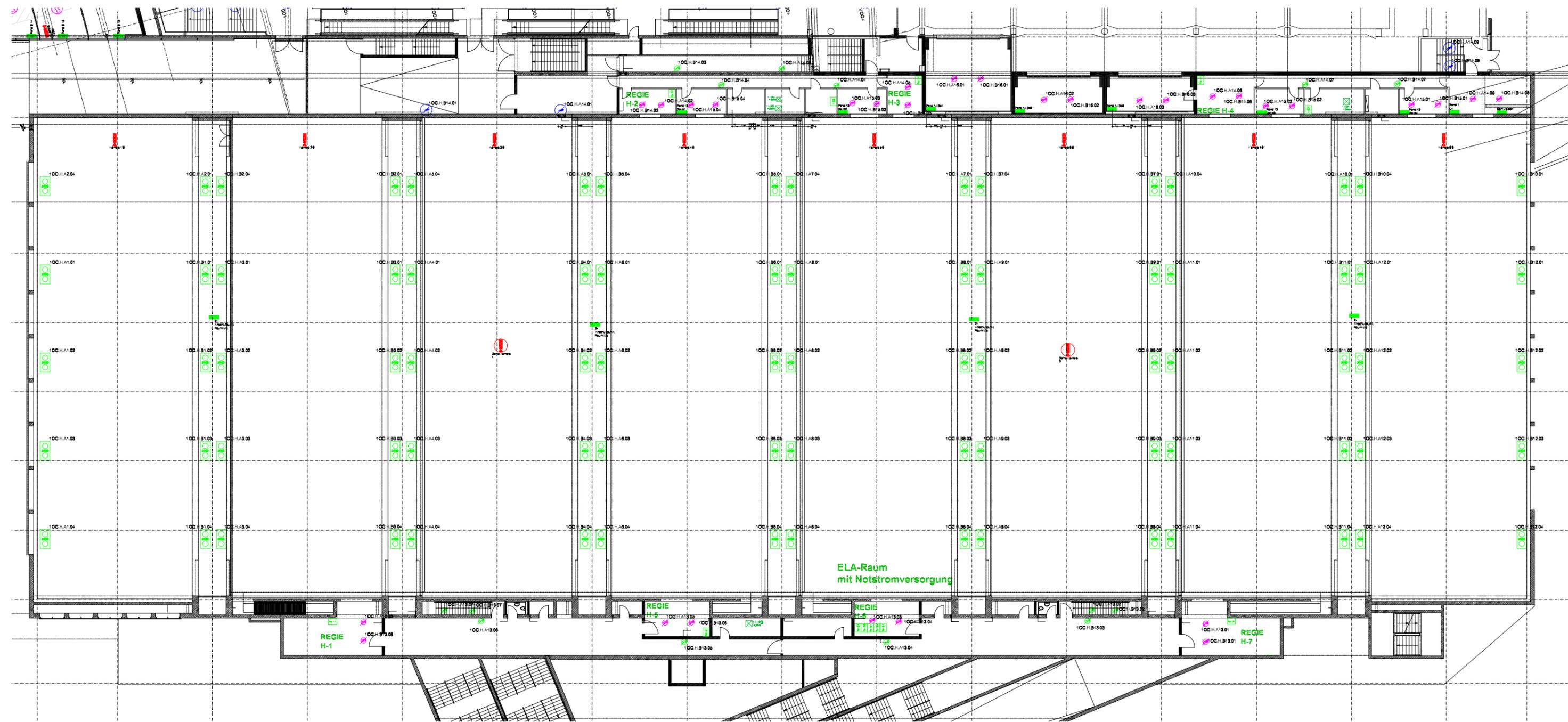
REGIE
H-1

1OG.H.B3.08



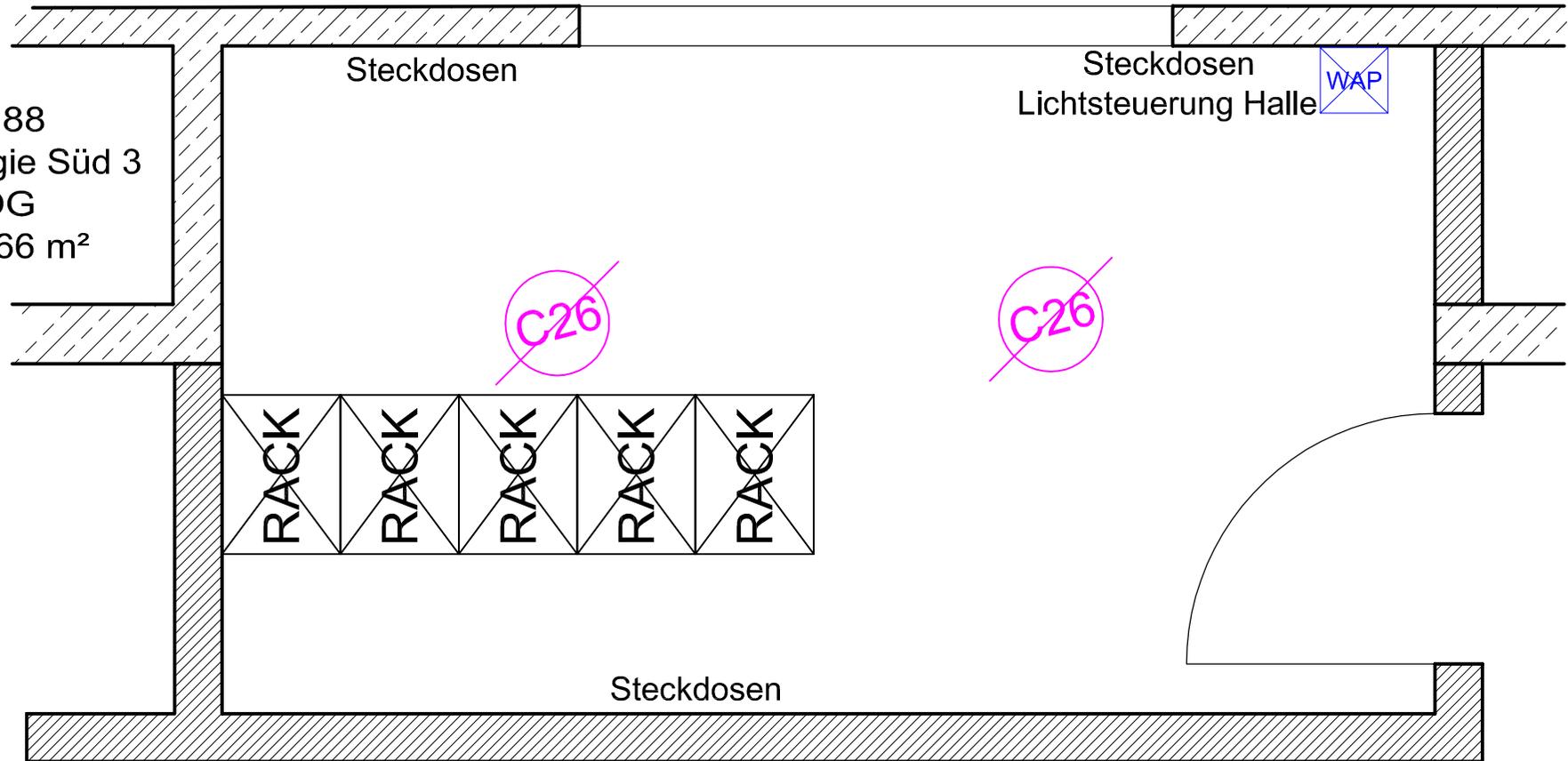
10





REGIE H-6

N1 88
Regie Süd 3
1.OG
20.66 m²



7						
6						
5						
4						
3						
2	x		x	x	x	
1						
Nr.	Änderungen		geänd. am	Name	gepr. am	Name
Bauherrn: Hamburg Messe und Congress GmbH St. Petersburger Straße 1 • 20355 Hamburg						
Bauvorhaben: Congress Centrum Hamburg Tiergärtenstraße 2 • 20355 Hamburg • Audio- und Videoverteilung im Erdgeschoss						
Maßstab	Titel NEUBAU Einrichtungsplan Regie H-6 v01				Plan - Nr.	
					Datei -	
					REinrichtungsplan Regie H-6 v01.dwg	
				Datum	Name	
Verklebplanung AMPTOWN SOUND & COMMUNICATION GMBH Wandsbeker Straße 26 • 22179 Hamburg fon: +49 (0)40-642 159 -0 • fax: +49 (0)40-642 159 -18 http://www.amptown-asc.com/	entw.	13.04.2006	T.H.			
	gez.	13.04.2006	T.H.			
	gepr.	13.04.2006	T.H.			
Planersteller	Datum		Freigeber	Unterschrift		