

# Veränderbare Raumakustik im Stadttheater Kempten



Innenraum nach der Generalsanierung



Gebäude mit neuem Foyer-Anbau (rechts)

Das Stadttheater Kempten wurde im Oktober 2007 nach achtzehnmonatiger Sanierungs- und Umbauphase fertiggestellt und feierlich unter großer Anteilnahme der gesamten Bürgerschaft Kemptens eröffnet. Das geschichtsträchtige Theater heißt jetzt THEATERINKEMPTEN und es wurde

nicht nur das Theater selbst erneuert, sondern auch noch ein moderner Anbau mit Foyer, eine Theater-Bar und eine kleine zweite Spielstätte geschaffen.



Foyer-Anbau und Innenansicht des Foyers

1392 wurde das Haus zum ersten Mal als Salzstadel an der Iller urkundlich erwähnt und bereits mit Beginn des 16. Jahrhunderts wurde im oberen Geschoss Theater gespielt. Es gab eine ‚Komödiantengesellschaft‘ in der Stadt, die einen ständigen Drahtseilakt zwischen vom Volk geliebten derben Späßen und ‚züchtigen‘ Aufführungen im Einverständnis mit der Kirche zu bewerkstelligen hatte. Aber der Volksgeschmack hat sich doch immer wieder durchgesetzt ...

Das Haus wurde später zum „Komödien-Haus“ und 1754 bereits das erste Mal renoviert. Trotz seiner Bestimmung zum Theater wurde es unter Napoleons Besatzung erst mal zum Heerlager umfunktioniert, aber auch zu dieser Zeit ließ man sich nicht davon abhalten, darin Theater zu spielen. 1801 wurde eine Theatergesellschaft gegründet, die sich vorrangig um die Belange des Hauses kümmerte. In den Jahren 1812/13 wurden Logen eingebaut und im Jahre 1827 wurde es dann noch einmal generell umgestaltet, seit dem ist es ein typisches Rangtheater mit zwei Balkonen.

1828 pachtete Franz Sales Lochbihler aus Wertach das Theater, ließ es erneut umbauen und malte einen prachtvollen Vorhang für die Bühne des Hauses. Abgebildet ist Apollo im Kreis der neun Musen. Das Gerücht ging um, dass einige der schönsten Töchter der Stadt hier freizügig Modell gestanden hatten und es wurde zum angenehmen Zeitvertreib für Theaterbesucher, zu rätseln welche der Schönen das denn nun gewesen sind.

Der Lochbihler-Vorhang ist auch heute noch, oder heute wieder, in voller Pracht zu bewundern. Er wurde aufwendig restauriert und um ihn funktionsfähig zu integrieren, mussten sogar einige Kompromisse in der Bühnentechnik eingegangen werden.

## Sanierung

Mit Beginn der Planungsphase für eine generelle Sanierung und Erneuerung des Theaters wurde die ‚Theater Kempten gGmbH‘ gegründet, die den gesamten Umbau organisiert hat. Diese GmbH ist auch zukünftig für die Organisation des Spielbetriebes verantwortlich und löst damit die Kemptener ‚Theatergemeinde‘ ab, die sich seit 1949 um diese Aufgaben kümmerte. Wichtig zu erwähnen ist hier auch die unermüdliche Arbeit des Kemptener ‚Zugabe‘-Vereins. Über eine Million Euro wurden als private Spenden für die Sanierung gesammelt.

Das Haus erstrahlt wieder in alter Schönheit, die Kosten für die umfangreichen Arbeiten beliefen sich insgesamt auf ungefähr 8,25 Millionen Euro. Federführender Architekt war Michael Molitor aus Kempten, der sich sehr für das Projekt engagiert hat. Aus einem überalterten Stadttheater mit viel Geschichte und Tradition wurde eine vielseitige Spielstätte mit modernem Bühnenhaus und allen technischen Raffinessen, auf die heutzutage kein Haus mehr verzichten möchte.



Innenraum mit höhergesetzten Balkonen und Technikzentrale hinter dem oberen Rang

Die generelle Struktur des Theatersaals wurde auf den ersten Blick nicht angetastet, da der Saal unter Denkmalschutz steht. Der erste Eindruck der ‚Unversehrtheit‘ täuscht aber, beide Balkone wurden komplett herausgenommen und mit mehr Deckenhöhe und größerem Öffnungswinkel wieder neu eingesetzt, Wandflächen wurden geändert. Die Raumakustik wurde dabei sehr aufwendig optimiert und soll auch Schwerpunkt dieses Artikels sein.

Die raumakustische Planung wurde an das Münchner Büro Müller BBM vergeben. Müller BBM ist eines der bedeutendsten Planungsbüros für Akustik weltweit und kann viele bedeutende Gebäude und Installationen zu seinen Referenzen zählen.

Die Planungen für den Theatersaal in Kempten begannen bereits im Jahre 2002, als Projektleiter zeichnete Michael Prüfer verantwortlich.

### **Raumakustik**

Die vor der Sanierung durchgeführten raumakustischen Messungen bestätigten den bis dahin als wenig vorteilhaft empfundenen Klangeindruck für klassische Musik. Die Nachhallzeit lag im Zuschauerraum bei ca. 1 Sekunde, also ein Raum mit relativ geringer Nachhallzeit aber guter Sprachverständlichkeit. Für Sprechtheater gute Bedingungen aber für klassische Musik nicht befriedigend. Gerade für klassische Musik sollten die akustischen Bedingungen aber nachhaltig verbessert werden. Hier ist eine längere Nachhallzeit gewünscht, um eine gute Durchmischung und eine gute Räumlichkeit des Klangbildes zu erzielen und Nachhallzeiten von 1,5 bis 1,8 Sekunden sind optimal.

Aber auch die bestehende Saalgeometrie selbst wies raumakustische Defizite auf: so bewirkte die ausgeprägte Rangüberdeckung im Parkett und die geringe Öffnungshöhe im Balkon, dass eine Vielzahl von Zuhörerplätzen akustisch unterversorgt waren. Die relativ kleine Bühnenöffnung und fehlende Reflexionsflächen im Bühnenhaus führten darüber hinaus zu einer unvorteilhaften geringen akustischen Kopplung zwischen Bühne und Zuschauerraum.

Bei der Sanierung wurde alle überflüssigen und raumakustisch nachteiligen Absorptionsflächen, wie textile Wandbekleidungen und Teppichböden, entfernt und wurden zum großen Teil durch schallreflektierende Oberflächen, wie Gipskarton und Parkett, ersetzt. Soweit der Denkmalschutz es zuließ, wurden neu zu gestaltenden Oberflächen im Saal unter akustischen Gesichtspunkten optimiert, wie z. B. die Wandverkleidungen im Parkettbereich, die zur Stützung der für den Räumlichkeitseindruck wichtigen Seitenwandreflexionen als sägezahnförmige, leicht gekrümmte Reflexionsflächen ausgebildet wurden. Zu den raumakustisch wirksamen Maßnahmen zählten auch die Vergrößerung der Bühnenöffnung, die Vergrößerung der Ranghöhe und der Öffnungshöhe im Balkon. Auch die neue Bestuhlung wurde unter akustischen Gesichtspunkten ausgewählt und optimiert.



Blick auf die Bühne während der Einstellarbeiten

Im Bühnenhaus wurde die Akustik für Konzertveranstaltungen durch den Einbau einer variabel an verschiedene Orchestergrößen anpassbaren Orchestermuschel deutlich verbessert. Sie wird bei klassischen Konzerten im Bühnenhaus aufgebaut und fördert durch Schalllenkung an den Oberflächen der einzelnen Elemente das gegenseitige Hören der Musiker untereinander sowie die Schallübertragung des Orchesterklangs in den Zuschauerraum.



mobile Orchestermuschel

### **Veränderbare Raumakustik**

Da der Saal den verschiedensten Veranstaltungsarten zur Verfügung stehen soll, ist es eine sehr problematische Entscheidung, in welche Richtung die Raumakustik optimiert wird. Hohe Sprachverständlichkeit und kurze Nachhallzeiten sind optimal für Sprechtheater, klassische Musik und andere konzertante Aufführungen verlangen dagegen höhere Nachhallzeiten, um den gewünschten akustischen Eindruck zu erzielen.

Nur durch einen bestimmten Grad an Variabilität in der Raumakustik können gute Verhältnisse für die verschiedensten Aufführungsarten geschaffen werden. In Mehrspartenhäusern, in denen Theater, Schauspiel, Oper und Klassik-Konzerte ständig wechseln, kann man sich kaum auf eine allgemeingültige ‚gute‘ Akustik festlegen.

Außerdem ist oft in kleineren Räumen eine gewünschte längere Nachhallzeit praktisch nicht erreichbar, denn Nachhallzeit ist auch direkt von der physikalischen Raumgröße abhängig. Ist diese Raumgröße nicht vorhanden, muss man auf längere Nachhallzeiten verzichten oder man muss zu anderen Mitteln greifen.

Die Ausstattung eines Theatersaals mit einer elektroakustischen Anlage zur Unterstützung der Raumakustik stellt deshalb oft einen wesentlichen Schritt bei der Verbesserung der Raumakustik dar.

Dieses Konzept wurde in Kempten bereits in einer sehr frühen Planungsphase verfolgt, denn bereits zu Beginn der akustischen Planung musste festgestellt werden, dass mit den beschriebenen Innenausbaumaßnahmen allein nur eine graduelle Wirkung erzielt wird, nicht aber die gewünschte deutliche Anhebung der Nachhallzeit. Um mit baulichen Maßnahmen zu diesem Ziel zu kommen, wäre eine komplette Saalumgestaltung, und insbesondere ein erhebliches Vergrößern des Raumvolumens erforderlich gewesen, was sowohl aus Gründen des Denkmalschutzes als auch aus Kostengründen von vornherein nicht in Frage kam. Das Konzept der elektroakustischen Raumbeeinflussung ermöglicht deutliche Veränderungen der raumakustischen Situation, ohne dass aufwendige bauliche Maßnahmen bzw. erhebliche Eingriffe in die Raumgestaltung notwendig werden.

Nachdem der Projektfortschritt in die Phase der Realisierung gekommen war, wurde mit den Verantwortlichen in Kempten nach einem passenden System Ausschau gehalten. Nach verschiedenen Besichtigungsterminen kam es zu einer Systemvorführung im Staatstheater Darmstadt. Das dort installierte komplexe System mit zwei verschiedenen digitalen Matrizen zur Veränderung der Raumakustik und zur Effektbeschallung überzeugte sowohl die Verantwortlichen des Hauses als auch das Planungsbüros.

Es handelt sich hier um eine Komplettlösung aus dem Hause MediasPro Medientechnik GmbH und basiert auf einem digitalen Signalbearbeitungssystem mit speziellen raumakustischen Algorithmen, einer Vielzahl von Ein- und Ausgangsmodulen und der entsprechenden aufwendigen Programmierung. Einmal in den Raum integriert, ist es auch messtechnisch nicht mehr von ‚normaler‘ Raumakustik zu unterscheiden. Auf Grund seiner Komplexität handelt es sich deshalb auch nicht um ein Produkt ABC vom Hersteller XYZ sondern wird nur als Komplettlösung inklusive Programmierung und ‚schlüsselfertiger‘ Übergabe angeboten.

In diesem System werden über Mikrofone Diffus- und Direktschall im Raum aufgenommen und im digitalen Prozessor verarbeitet. Danach wird über eine Vielzahl von möglichst versteckt installierten Lautsprechern zusätzliche Energie in den Raum abgegeben. Natürlich ist nicht nur die Nachhallzeit für eine gute Raumakustik relevant, sondern eine Vielzahl von Parametern, die über die DSP-Programmierung und die gezielte Verwendung spezieller Algorithmen beeinflussbar sind, wie Klarheitsmaß, Seitenschallgrad, Schwerpunktszeit usw.

Generell für die Raumakustik von Konzertsälen sind Reflexionen an Seitenwänden oder Balkonverblendungen von entscheidender Bedeutung. Man bezeichnet diese Energieanteile als laterale Energie, wobei auch Zusammensetzung und zeitliche Abfolge dieser Reflexionen ausschlaggebend für die klangliche Qualität eines Konzertsaals sind. Glatte großflächige Seitenflächen erzeugen starke einzelne Reflexionen, die schnell als störend wahrgenommen werden können. Feingliedrige diffus reflektierende Wandflächen hingegen erzeugen eine gleichmäßige und ‚aufgefächerte‘ Schallausbreitung. Das ist der Grund, warum sich Akustiker oft mit den heute bei Architekten so beliebten großen glatten Flächen nicht recht anfreunden können. Die großen Konzertsäle des 19ten Jahrhunderts sind immer auch durch detailreich gestaltete Oberflächen gekennzeichnet. Das hatte nicht nur Gründe im Geschmack der Zeit sondern ist auch eine Voraussetzung für gute Akustik im Saal. Heute dagegen muss ein Veranstaltungsraum großzügig und ‚modern‘ gestaltet sein, außerdem muss er auch für eine Vielzahl der verschiedensten Veranstaltungen zu benutzen sein. Aber hier beißt sich die Katze in den Schwanz: Eine gute Akustik für Sprachveranstaltungen ist beinahe unverträglich mit einer guten Akustik für klassische Konzerte. Man muss sich bewusst sein, dass in einem guten Konzertsaal nur 5% der akustischen Information direkt von der Bühne kommen, der Rest ist Raumakustik. Für Sprachverständlichkeit ist das in der Regel aber eine recht schlechte Voraussetzung.

Mehrzwecksäle müssen also nach dem kleinsten gemeinsamen Nenner gebaut werden, und das ist Sprachwiedergabe mit kurzer Nachhallzeit sowie einzelnen klar strukturierten Seiten- und Deckenrückwürfen zur Sprachunterstützung innerhalb der ersten 50 Millisekunden. Für Lautsprecherverstärkung sind aber auch diese Seiten- und Deckenreflexionen schädlich, da sie Kammfiltereffekte hervorrufen können, die jeden Beschaller in große Bedrängnis bringen können. Als Ergebnis wird dann oft der völlig ‚trockene‘ Raum gestaltet. Durch die sich in ihrer Charakteristik entgegenstehenden raumakustischen Anforderungen kann man keinen wirklichen Kompromiss finden.

Die einzig praktikable Lösung sind Säle, die eine Veränderung der Raumakustik je nach Bedarf zulassen. Hier gab es schon im 19-ten Jahrhundert erste Versuche und auch brauchbare Ergebnisse, um mit drehbaren Wänden, angekoppelten zusätzlichen Hallräumen und verschiebbaren schweren Vorhängen die Akustik bei Bedarf ändern zu können. Das Problem ist die schlechte Vorhersagbarkeit der Qualität und oft haben die hohen Kosten den Rotstift provoziert.

Eine leichter finanzierbare Lösung kam erst mit der Entwicklung der Elektroakustik. Erste Versuche gab es bereits in der Philadelphia Academy of Music im Jahre 1930 mit einer Nutzung der Beschallungsanlage zur Nachhallverlängerung. In den 50er Jahren waren die Philips Laboratories dann sehr aktiv und haben verschiedene Lösungsansätze entwickelt. In der Mailänder Scala wurde zum Beispiel 1955 ein variables Raumakustiksystem auf der Basis rotierender Endlosbandschleifen installiert, das über viele Jahre funktionierte.

In den 80er Jahren gab es einen neuen Durchbruch mit dem MCR (Multiple Channel Amplification of Reverberation), ebenfalls ein Philips System. Eine große Anzahl von installierten Mikrofonen wurde über analogen Verstärkerstufen den zahlreichen Lautsprechern im Raum zugeführt. Bringt man die einzelnen Mikrofon-Lautsprecher Kreise in den Bereich kurz vor Rückkopplung wird die akustische Energie und damit zwangsläufig auch der Nachhall erhöht. Leider war die Systemstabilität der analogen Bauelemente nicht gut genug, um ein System über lange Zeiträume problemlos betreiben zu können. Bis zur Serienreife der Digitaltechnik mussten noch ein paar Jahre vergehen, dann wurden stabilere Lösungen möglich. Digitale Signalverarbeitung verändert sich nicht über die Zeit und Audiotechnik mit einer hohen Systemstabilität ist die Voraussetzung für derartige Lösungen. Ein einmal programmiertes System muss auch nach Jahren zuverlässig arbeiten, ohne dass der Intendant vor jedem Konzert Alpträume hat, dass sich die Raumakustik plötzlich selbständig machen könnte.

Ein wesentlicher Aspekt für die Akzeptanz solcher Systeme auch unter Fachleuten ist natürlich die Authentizität des Klangbildes. Der gehörte Klang muss natürlich klingen und muss zum optischen Eindruck des Raumes passen; übertriebene „Nachhallverlängerung“ mag zwar im ersten Moment beeindruckend wirken, wird aber schnell als unnatürlich und nicht zum Raum passend abgelehnt.

Warum hört man so wenig davon? Oft ist es eher ratsam, die Installation eines solchen Systems nicht ‚an die große Glocke‘ zu hängen. Musiker fühlen sich unwohl, wenn ihr ‚guter Ton‘ am Ende doch von ‚Elektronik‘ abhängt und auch das Publikum sollte nicht zum ‚Anlagen-Inspektor‘ werden. Ähnlich wie auf dem Lochbihler-Vorhang in Kempten allabendlich die Schönen der Stadt gesucht wurden, würde das technikinteressierte Publikum von heute überall nach versteckten Lautsprechern suchen. Und nach dem Konzertbesuch bei Bier oder Wein ist eine Diskussion über das Für und Wider von Elektronik auch nicht sehr hilfreich. Um den Zauber eines klassischen Konzertes zu wahren ist es sicher besser, die technischen Zutaten so wenig wie möglich offenzulegen.

### **Installation und Ergebnisse**

Der Installationsauftrag für die veränderbare Raumakustik in Kempten wurde nach abgeschlossener Planung an die Chemnitzer AV-Firma Sigma & TBL Kommunikationstechnik GmbH vergeben. Projektleiter war Bernd Nowak. Von Seiten des Hauses hatte Theatermeister Josef Faller die technische Betreuung des Projektes in den Händen. Programmiert wurde das System vom Autor dieses Berichts in enger Zusammenarbeit mit Herrn Faller vom Stadttheater, Herrn Prüfer von Müller BBM und Herrn Nowak von Sigma & TBL.

Im Theatersaal in Kempten nehmen 20 installierte Mikrofone das Raumsignal auf und führen es dem digitalen Prozessor zu. Durch die hohe Anzahl der Mikrofone ist eine gute Durchmischung und eine

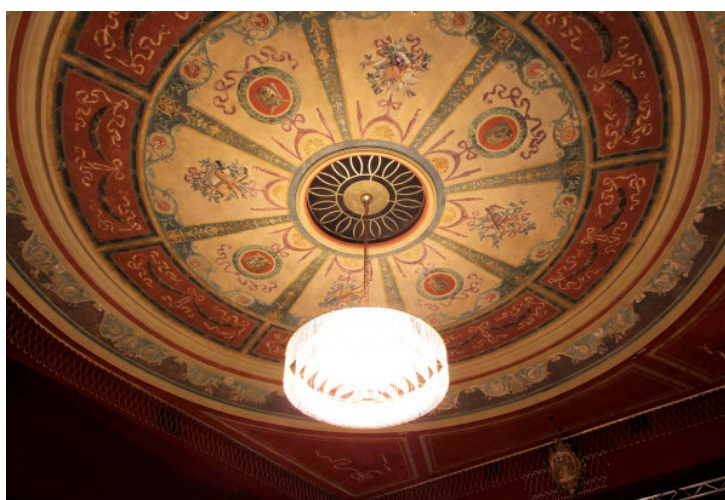
gleichmäßige Integration in die komplexen Raumstrukturen gewährleistet. Bei zu wenig Mikrofonen wäre es möglich, dass bestimmte Bereiche überbetont werden und es können sich unnatürliche Effekte einstellen.



kaum sichtbare Mikrofone in der Balkon-Brüstung

Sechzehn der installierten Mikrofone vom Typ Audio-Technica U853A befinden sich im Zuschauerraum und sind gleichmäßig über die Balkonvorderseiten und die Decke verteilt, um das Diffus-Signal im Raum aufzunehmen. Weitere vier Mikrofone vom Typ Neumann KM 143 sind im Bereich der Vorderbühne installiert, um das Bühnensignal direkt aufzunehmen.

Die Anordnung der für das System erforderlichen zahlreichen Lautsprecher (insgesamt wurden ca. 70 Lautsprecher installiert) konnte so mit dem Architekturbüro Molitor abgestimmt werden, dass sie mehr oder weniger „unsichtbar“ hinter schalltransparenten Verkleidungen im Saal verborgen bleiben. Die Lautsprecherpositionen wurden von Müller BBM sorgfältig geplant und sind für einen Nichteingeweihten kaum auszumachen. Vier Hauptlautsprecher des Typs Stage Accompany F7 befinden sich im Deckenbereich hinter einer Rosette rund um die Kronleuchter-Aufhängung und sind durch das darunterliegende Lochblech völlig unsichtbar (siehe Foto).



4 Lautsprecher versteckt hinter der Kronleuchter-Aufhängung

Weitere sechs Stage Accompany F7 und zwei Stage Accompany F5 sind im umlaufenden Deckenabsatz im oberen Teil der Decke in Wandausbrüche eingesetzt und ebenfalls durch Lochblech abgedeckt. Diese zwölf Lautsprecher sorgen für die Hauptenergiezufuhr des Raumakustiksystems.

Um aber auch in den Balkonbereichen und unter dem Rang eine ausreichende Versorgung mit Nachhallenergie zu erreichen, sind rund um den ersten Rang und rund um den Parkettbereich eine große Anzahl von einzelnen Lautsprechern des Typs Stage Accompany F1 und Stage Accompany F5 hinter umlaufendem Lochblech installiert. Im zweiten Rang gibt es auf jeder Seite drei weitere Einbaupositionen für Stage Accompany F5 Lautsprecher. All diese kleineren Lautsprecher sind über Frequenzgang und Verzögerungszeiten genau an die Hauptssysteme angepasst, um nicht als individuelle Schallquellen wahrgenommen zu werden. Durch die hohe Anzahl von Einzellautsprechern ist eine sehr gleichmäßige und durchgehende Versorgung in allen Bereichen möglich.



umlaufendes Lochblech mit versteckten Lautsprechern

Der Pegel der einzelnen Lautsprecher, mit Ausnahme der Hauptlautsprecher in der Decke, ist gering und nur im Zusammenspiel aller Lautsprecher ergibt sich der gewünschte Effekt. Wichtig ist zu bemerken, dass die zusätzliche Nachhallenergie trotz komplizierter Digitaltechnik nur aus den aufgenommenen Mikrofonsignalen gewonnen wird: die Nachhallenergie entsteht im Rückkopplungskreis der einzelnen Mikrofone und der Verzicht auf künstliche ‚Verhallung‘ ist der Grund für den sehr natürlichen Eindruck. Durch den Rückkopplungskreis wird ersichtlich, dass auch die Systemlaufzeiten im Prozessor ein kritischer Parameter ist. Die Akustik im Raum ist subjektiv und objektiv durch Messungen nicht mehr von ‚natürlicher‘ Raumakustik zu unterscheiden.

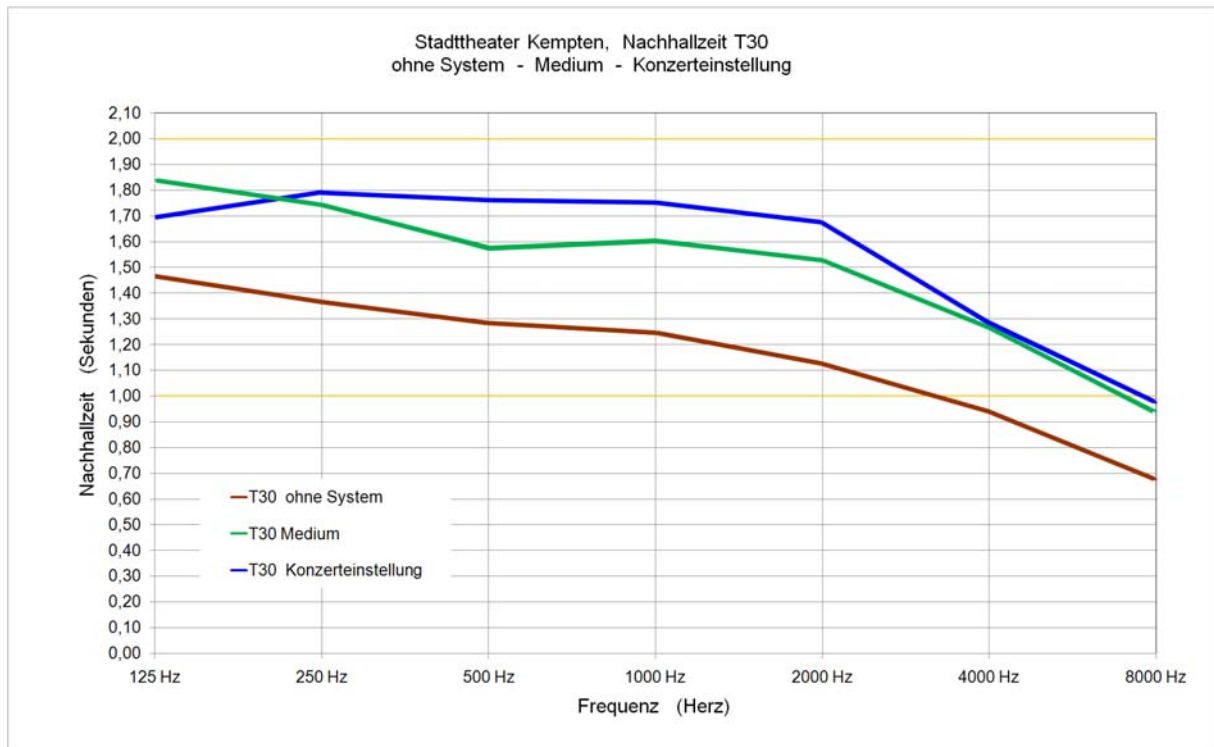
Die MediasPro-Systemtechnik und alle Yamaha-Leistungsverstärker sind in einem Nebenraum der Regie mit eigener Umluft-Klimatisierung untergebracht.

Die einzelnen Einstellungen des Systems werden per Maus-Klick von einem kleinen Apple Notebook-Computer aufgerufen. Über Wireless-LAN greift er auf die digitale Matrix zu und aktiviert die jeweils gewünschte Einstellung. Sieben verschiedene Presets decken den gesamten Bereich von Sprachunterstützung über Einstellungen für Kammermusik, Oper, klassische Konzerte bis hin zu einer langen Effekteinstellung für dramaturgische Zwecke ab. In der Einstellung für klassische Konzerte mit eingebauter Orchestermuschel ergibt sich eine mittlere Nachhallzeit von 1,75 Sekunden.

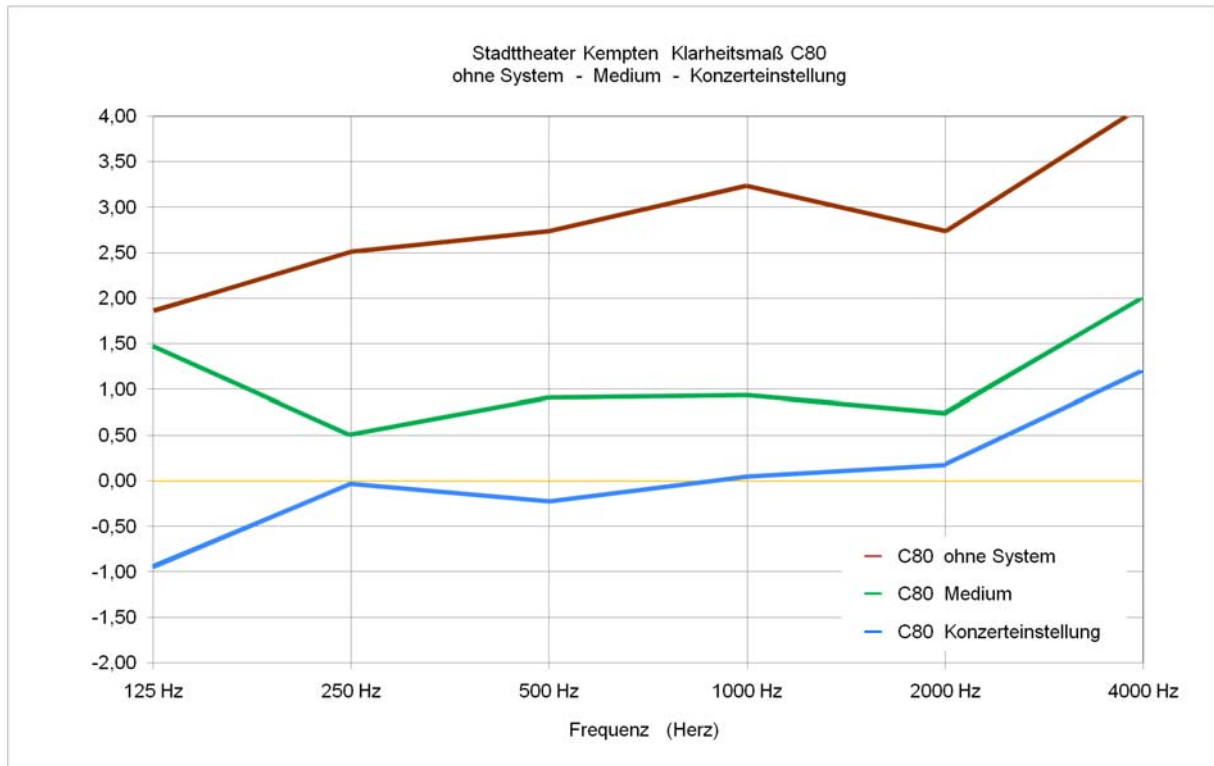
Nach Fertigstellung des Systems wurden alle Einstellungen im Saal gemessen und dokumentiert. Um repräsentative Werte für den gesamten Raum zu erhalten, wurden an 14 verschiedenen Positionen, von der 2. Reihe im Parkett bis zur vorletzten Reihe im zweiten Rang, Einzelmessungen durchgeführt. Entscheidend für den subjektiven Eindruck ist nicht nur die Nachhallzeit sondern eine Reihe weiterer raumakustischer Parameter. Die ersten 80 Millisekunden im Abklingverhalten haben dabei eine besondere Bedeutung, wobei das Verhältnis der Energieanteile der ersten 80 Millisekunden zum Energieanteil der Zeit nach den ersten 80 Millisekunden als Parameter C80 angegeben wird. Weiterhin wird das Nachhallverhalten in verschiedenen Abklingbereichen untersucht und sollte hier möglichst geradlinig und gleichmäßig sein.

Übliche Nachhallzeiten in verschiedenen Räumen:

Aufnahme- und Regieräume:	0.3 sec - 0.5 sec
Sprache:	0.6 sec - 1.3 sec (je nach Raumgröße)
Oper, Operette:	1.3 sec - 1.5 sec
Kammermusik:	1.4 sec - 1.6 sec
Symphonische Musik:	1.7 sec – 2.2 sec



Nachhallzeitmessung im leeren Saal ohne System (braun),  
für die Einstellung Medium für Kammermusik (grün) und für  
Konzerteinstellung mit Orchestermuschel (blau),  
Mittelwerte, gemessen an 14 verschiedenen Punkten im Parkett und in beiden Rängen



Messergebnis Klarheitsmaß C80 im leeren Saal ohne System (braun),  
für die Einstellung Medium für Kammermusik (grün) und für  
Konzerteinstellung mit Orchestermuschel (blau),  
Mittelwerte, gemessen an 14 verschiedenen Punkten im Parkett und in beiden Rängen