Die Raumakustik im historisch neu gestalteten Zuschauersaal des Stadttheaters Görlitz

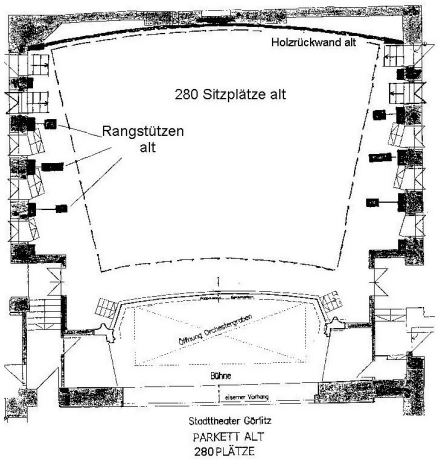
Reinhard Löwe, *ibL Ingenieurbüro Löwe Dresden, e-mail: ibl-dd@t-online.de*
Reinhard O. Neubauer, *Ing.-Büro Neubauer VDI, Ingolstadt, e-mail: info@ib-neubauer.com*

1 Einleitung

Die umfangreiche Sanierung des historischen Musik- und jetzigen Stadttheaters zu Görlitz (östlichste Stadt Sachsens und Deutschlands) erlangte mit der vollständigen Erneuerung des Zuschauersaales ihren Höhepunkt. Dafür wurde die Wiederherstellung des Saales in der klassizistischen Fassung von 1873, jedoch mit modernster technischer Ausrüstung, beschlossen. Die architektonische und bautechnische Entwicklungsgeschichte des Zuschauersaales (obwohl kleiner) ähnelt sehr der Semper Oper in Dresden.

2 Kurzhistorie des Theaters

Das Theater wurde vom Görlitzer Maurermeister Kießler 1851 ursprünglich errichtetet und 1873 neu in der heute einzigen durchgängig belegbaren Fassung ausgemalt. 1882 wurde das Theater durch Anbauten wesentlich vergrößert. Neben der Erweiterung um Eingangshalle, Foyer und Balkon werden 1911 der gesamte klassizistische Schmuck übergipst und mit dünnen Brettern überbaut (Bühnenportal, Proszenium, Rangbrüstungen). Der seitlichen und rückwärtigen Erweiterung der Parkettebene im Jahre 1926 folgten nur noch minimale Erhaltungsmaßnahmen. 1992 begann der neuste Theater-Umbau und am 7.9.02 eröffnet das Zuschauerhaus wieder.

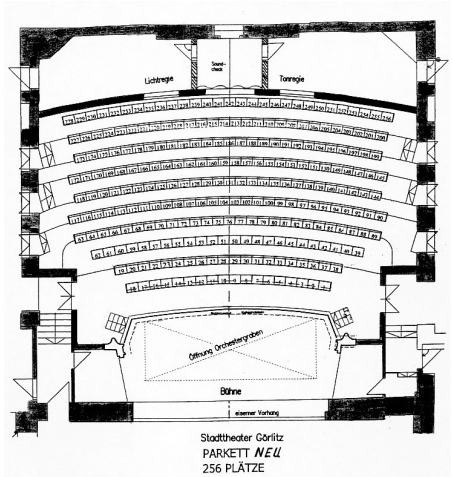


Technische Details:

V ≈ 2730 m³
S_{Platz} ≈ 469 m²
$S_{Bühne}$ ≈ 45 m²
H ≈ 10 m
B/L ≈ 17 m / 17 m
N = 670 Sitzplätze
30 Musiker

Raumvolumen pro Person: 3,9 m³/ Pers.

Abb. 1 Grundriss Saal vor dem Umbau



Technische Details:

V ≈ 2600 m³
S_{Platz} ≈ 353 m²
$S_{Bühne}$ ≈ 45 m²
H ≈ 10 m
B/L ≈ 17 m/ 14 m
N = 504 Sitzplätze
30 Musiker

Raumvolumen pro Person: 4,9 m³/ Pers.

Abb. 2 Grundriss Saal nach dem Umbau

3 Raumakustische Situation vor dem Umbau

Kurz vor dem Umbau wurde die Nachhallzeit T_{30} aus der Impulsantwort im unbesetzten Zuschauersaal messtechnisch ermittelt.

Die folgende Tabelle zeigt die bei geschlossenem Orchestergraben und geöffnetem Bühnenvorhang gemessenen Nachhallzeiten als Oktavspektrum:

Tabelle 1 Nachhallzeiten im Oktavspektrum vor dem Umbau

f [Hz]	125	250	500	1k	2k	4k
T_{30} [s]	1,07	1,47	1,06	1,07	1,07	0,90

Der subjektiv bewertete Eindruck der raumakustischen Verhältnisse im ursprünglichen Saal wurde durch Befragen von Zuschauern, Orchester u.a. ermittelt und kann zusammenfassend wie folgt wiedergegeben werden:

1. Im Allgemeinen wurde dem Saal eine gute Sprach- und Musikverständlichkeit bescheinigt. Im Parkett sollen jedoch hohe Schallpegelunterschiede und im hinteren Teil eine Art „mulmiges“ Geräuschspektrum gehört werden;
2. Die Solisten sollen sich schwer gegenüber dem Orchester durchsetzten können;
3. Das Orchester und der Dirigent sollen die Sänger auf der Bühne zu wenig hören können.

4 Raumakustische Zielsetzung

Die im Bestand als gut bewertete Raumakustik sollte nicht durch den Umbau verschlechtert werden. Die Deutlichkeit bei Sprach- und die Durchsichtigkeit bei Musikdarbietungen, insbesondere im Parkett hinten, sollte verbessert werden. Nachstehende Schwerpunkte der raumakustischen Planung wurden angestrebt:

- Nachhallzeit $T_{Soll} \approx 1{,}0$ bis 1,3 s (nach [1])
- Spezifisches Raumvolumen $V/N \geq 4{,}5$ m³/ Person (nach [2])
- Deutlichkeitsmaß $C_{50} \approx 0$ bis 4 dB (nach [3])
- Klarheitsmaß $C_{80} \approx (4 \pm 2)$ dB (nach [3])
- Optimierung der Schallverteilung im Zuschauerraum, insbesondere im Parkett, geringe Pegelabnahme nach hinten
- Bühne-Orchester-Balance für Sänger / Schauspieler verbessern
- Erhöhung der Deutlichkeit (Sprache) und der Klarheit (Musik)
- Gewährleistung einer variablen Nutzung (sowohl Schauspiel als auch klassische und moderne Musik)

5 Raumakustik-Planung

Aufgrund der vorgegebenen Primärstruktur des Saales, der strengen Anforderungen durch das Amts für Denkmalpflege bezüglich der Oberflächenmaterialien u.a., war die raumakustische Neuplanung eng mit der architektonischen Planung abzustimmen. Die zunächst vereinfacht rechnerisch ermittelte Nachhallzeit betrug ca. 1,2 s.
Ergänzend wurden mittels Schallstrahlenverfolgungsgeometrie und Schallabsorptionsgradvergleiche substituierter Flächen nachstehende raumakustische Kriterien berücksichtigt:

- Neigungen der Bühnenportalflächen, und der Bühnenplafondflächen für ausgeprägte Anfangsreflexionen von der Bühne;
- Flächenausdehnungen und Flächenbezugsmasse der bühnenahen Reflektoren?;
- Neigungen der Rangunterseiten, der Rangbrüstungsflächen und der Saalrückwandflächen zur Verhinderung von störenden Schallrückwürfen zur Bühne und zur Erhöhung der Diffusität im Zuschauerraum;
- Minimierung des Einflusses von Voll- und geringer Besetzung.

In die Phase der Ausführungsplanung fiel die schwerwiegende Entscheidung der Bauleitung die historischen Holz-Ränge abreißen und völlig aus Stahlbeton nachbilden zu lassen. Damit wurden allerdings die Rangstützen im Parkett überflüssig und es wurde eine geringere Neigung der Tragschale möglich.

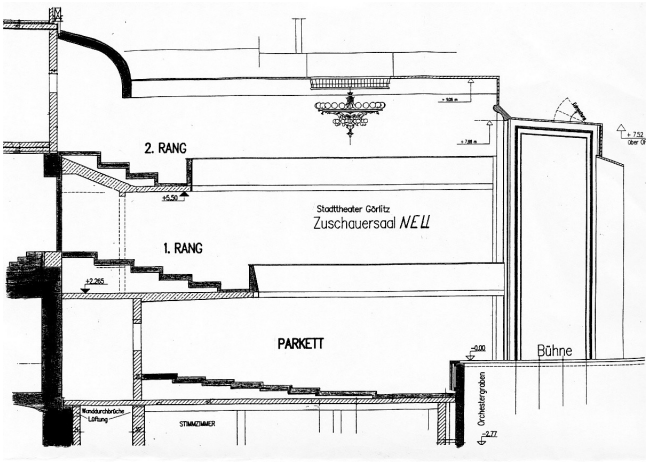


Abb. 3 Längsschnitt Zuschauerraum, nach Umbau

6 Raumakustisch relevante Umbau-Maßnahmen

Für den Umbau des Zuschauerraumes wurden nachfolgende, beispielhaft aufgeführte, raumakustische Veränderungen und Maßnahmen durchgeführt:

a) **Parkett – Rückwand:** 2,5 m näher zur Bühne gerückt, Krümmungsradius korrigiert

b) **Saal-Rückwände insgesamt:** Ziegel-/ Holzbau alt durch neue Stahlbetonwände ersetzt

c) **Rangtragschalen:** Holz-/ Stahlkonstruktion alt einschl. Rangstützen Parkettebene durch neue Stahlbetonscheiben ersetzt

d) **Rangbrüstungs-Frontflächen:** erneuert, Neigung optimiert, Flächengewicht vergrößert

e) **Tragschale 1**. **Rang:** Unterseite 5° zur Parkett-Rückwand zu geneigt

f) **Technik-Loge 1**. **Rang:** durch Zuschauer-Mittel-Loge ersetzt, mit anschl. kleinen Lichtspott – Räumen, neue Ton- und Lichtregie links bzw. rechts in der Parkett-Rückwand versenkt

g) **Soundcheck-Loge:** wurde neu in der Parkett-Rückwand mittig angeordnet (nur Vorhang)

h) **Bestuhlung:** dickere Polsterung, größerer Sitzreihenabstand

i) **Fußboden:** stufenlose Dielenbretter alt - Stufenparkett neu

j) **Sitzreihenüberhöhung:** im Parkett leicht und auf den Rängen teilweise vergrößert, leicht progressiv

k) **Deckenplafonds Vorbühne:** neu eingearbeitete Entrauchungsöffnung zu Beleuchtungszwecken halb zu öffnen, flächenbezogene Masse wesentlich erhöht

l) **Bühnenportal:** erhöht, vergrößert, Flächen und Gewicht vergrößert, Neigung optimiert

7 Messungen und Ergebnisse im neuen Saal

Die Messungen der raumakustischen Parameter wurden gemäß DIN EN ISO 3382-03/00 mit einem Echtzeitanalysator aus den Impulsantworten im unbesetzten Zuschauersaal durchgeführt. Dabei wurde zweikanalig (jeweils Reihenmitte und -außenplatz) insgesamt an 2 x 25 Zuhörerplätzen (verteilt auf Parkett, 1. und 2. Rang), d.h. insgesamt 50 Plätze, gemessen.

7.1 *Nachhallzeiten*

In der Abb. 4 sind die frequenzabhängig gemessenen Nachhallzeiten T_{30} vor bzw. nach dem Umbau, gemittelt über den Zuschauerraum bei geöffnetem Orchestergraben und geöffnetem Bühnenvorhang, grafisch dargestellt.

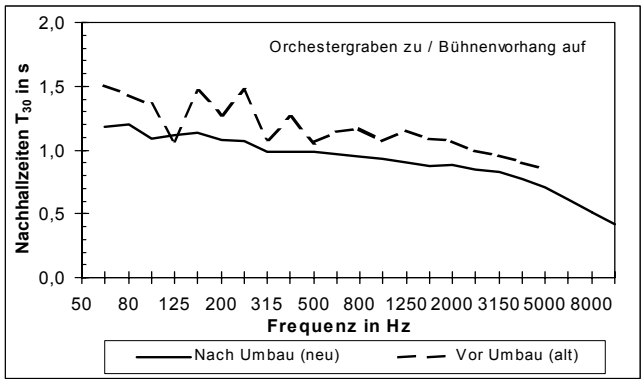


Abb. 4 Nachhallzeiten T_{30} vor und nach dem Umbau

Die mittlere Nachhallzeit T_{30} sowie die frühe Nachhallzeit EDT berechnen sich aus den Messergebnissen bei offenem Orchestergraben und geöffnetem Bühnenvorhang im mittleren Frequenzbereich (500 Hz und 1 kHz) zu:

$T_{30} = 0{,}95$ s EDT = 0,83 s

(Bass-Ratio nach [4]: BR = 1,14).

7.2 *Deutlichkeits- und Klarheitsmaß, Pegelabnahme*

Das Deutlichkeits- und Klarheitsmaß wurden für o.g. Randbedingungen für die Frequenzen von 500 Hz, 1 kHz und 2 kHz nach [4] gemittelt und betragen:

$C_{50}(3) = 1{,}5$ dB $C_{80}(3) = 5{,}1$ dB.

Die Pegelabnahme von der Bühne über die Sitzreihen hinweg in einer Höhe von 1,2 m über FFB betrug von der ersten zur letzten Sitzreihe (10 Sitzreihen, $\Delta l = 8$ m) in Parkett Mitte: $\Delta L = 2{,}6$ dB.

8 Schlussfolgerung und Ausblick

Obwohl die Nachhallzeiten kürzer als angestrebt ermittelt wurden, wird der subjektive Eindruck durchweg positiv beurteilt, was sich auch in den ermittelten Deutlichkeits- und Klarheitsmaßen widerspiegelt. Die geplanten und ausgeführten raumakustischen Maßnahmen haben trotz der baulichen Beschränkungen zu einer akustisch ausgezeichneten Spielstätte für Schauspiel und Musiktheater geführt. Die ermittelte, örtlich gleichmäßige und günstige zeitliche Schallfeldverteilung sorgen für einen durchgängig positiven subjektiven Eindruck bei allen Beteiligten von Theateraufführungen.

Nach Technikumbauten und Außenanlagen sollen im Rahmen der Gesamtsanierung des Theaters später auch die gesamte Bühne und der Orchestergraben-Innenausbau modernisiert werden.

Literatur

[1] Fasold. W., Sonntag. E., Winkler. H., Bauphysikalische Entwurfslehre, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1987

[2] Hartmann. G., Praktische Akustik, Bd. 2, R. Oldenburg Verlag, München, 1968

[3] Ahnert. W., Steffen. F., Beschallungstechnik, S. Hirzel Verlag, Stuttgart Leipzig, 1993

[4] Beranek. L.L., Concert and Opera Halls: How They Sound, Acoust. Soc. Am. 1996.