

BESONDERHEITEN DER RAUMLUFTTECHNISCHEN ANLAGE DES PLENARSAALS IM UMGEBAUTEN REICHSTAG BERLIN

Dr.-Ing. Karl-Josef Albers

Heinrich Nickel GmbH
Siegstraße 28-34, 57518 Betzdorf

Kurzfassung

Die Klimatisierung des Plenarsaals im umgebauten Reichstag in Berlin, erfolgt mit Quelllüftung über den Teppichboden bzw. über Stufenauslässe. Dieses System hat sich u. a. in den Plenarsälen im Wasserwerk und im Neubau des Bundestages in Bonn bewährt und ist mittlerweile allgemein bekannt. Wenn man aber trotzdem diese Plenarsaalanlage als technisch besonders anspruchsvoll und innovativ bezeichnen kann, so liegt dieses an der besonderen Zu- und Abluftführung.

Die sehr geringen Systemdämpfungen in Verbindung mit den hohen Anforderungen an die Akustik des Plenarsaals führten zu besonderen Konstruktionen des Zu- und Abluftschalldämpfers sowie zu einem speziellen Abluftventilator. Weiterhin zeichnet die Plenarsaalanlage geringe Strömungsgeschwindigkeiten und damit verbunden sehr geringe Druckverluste in der Zu- und Abluft aus. Diese geringen Druckverluste werden durch Druckschwankungen infolge wechselnder Winddrücke am Portikus und sich ändernder Auftriebskräfte in den historischen Schächten sowie im Technikonus überlagert. Damit diese Störeinflüsse zu keinen negativen Auswirkungen auf den Anlagenbetrieb führen, waren besondere Ausführungen der Zuluftventilatoren sowie der Regelung erforderlich.

Stichworte: Resonatorschalldämpfer, Schallnebenwege, Breitschaufelventilator, Ventilatorparallelbetrieb, Stabilisator

[Veröffentlicht im Tagungsbericht über die Kälte-Klima-Tagung 1999 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins, Berlin 17.-19.11.1999, Band IV S. 22-30]

1 Einleitung

Der Plenarsaal, der im Bild 1 zu sehen ist, ist der zentrale Raum im Reichstag.



Bild 1: Ansicht des Plenarsaals

Er hat eine Grundfläche von rund 1.200 m² und ein Volumen von ca. 25.000 m³. Dem Betrachter dieses Bildes fällt sofort auf, daß die Sitzanordnung nicht mehr wie im Bundestag in Bonn rund ist. Die Sitze des Präsidiums, der Regierungsbank sowie der Bundesratvertreter sind abweichend von der runden Anordnung der Abgeordnetensitze elliptisch angeordnet. Die Raumlufttechnik für den Plenarsaal wird dem Betrachter aber auf dem ersten Blick verborgen bleiben. Die Klimatisierung des Plenarsaals im umgebauten Reichstag in Berlin, erfolgt mit Quelllüftung über den Teppichboden bzw. auf den Besuchertribünen teilweise über Stufenauslässe. Dieses System hat sich bereits in den Plenarsälen im Wasserwerk und im Neubau des Bundestages in Bonn bewährt. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Bauten, gestaltete sich aber im Reichstag die Anlagentechnik

auf Grund der besonderen Zu- und Ablufführung als besonders anspruchsvoll.

2 Beschreibung der Plenarsaalanlage

Die Zu- und Ablufführung ist aus dem Anlagenschema in Bild 2 erkennbar, das

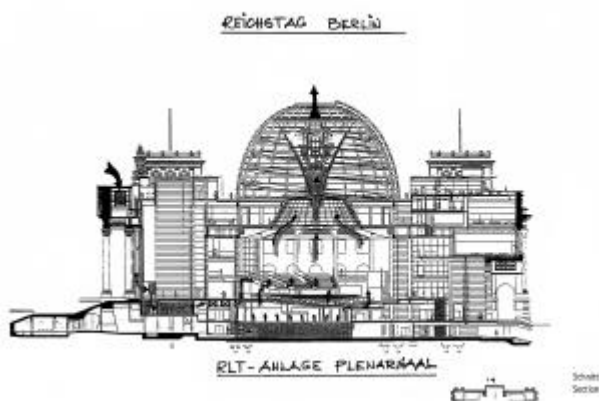


Bild 2: Schema der RLT-Anlage Plenarsaal

zur besseren Orientierung in einem Architekturschnitt eingezeichnet ist. Die Außenluft wird über zwei Öffnungen auf dem Portikus an der Westseite angesaugt. Dort wird sie in einem ersten Erwärmer und Kühler vorkonditioniert. Die Zuluft wird dann über zwei historische Schächte links und rechts vom Eingangsportal zur Zentrale im Plenargeschoß geführt. Hier drücken vier Axialventilatoren, die parallel angeordnet sind, die konditionierte Zuluft

in einen Druckraum unterhalb des Plenarsaals. Von dort strömt sie in den eigentlichen Doppelboden unterhalb der Bestuhlung. Ein Teil der Zuluft wird von

Schubventilatoren zu den Besuchertribünen gefördert. Die Abluftanlage befindet sich im Inneren des sog. Technikonus in der Kuppel. Dieser ragt mit seiner Spitze in den Plenarsaal. In der Spitze ist ringförmig ein Luftgitter integriert, über das die Abluft abgeführt wird. In Bild 1 ist dieses Gitter gut zu erkennen. Der Abluftventilator, ein sog. Breitschaufelventilator, der verschiedentlich auch als Ohrenschaufelventilator bezeichnet wird, bläst die Fortluft nach oben in die Umgebung aus.

Der Plenarsaal wird mit maximal 67.000 m³/h belüftet. Auf Grund der sehr großen Querschnitte, die für die Luftführung zur Verfügung stehen, und den damit verbundenen sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten, beträgt die Gesamtdruckerhöhung der Zuluftanlage nur 150 Pa und die der Abluftanlage 170 Pa. Dieses ist auch der Hauptgrund, warum hier Axialventilatoren zum Einsatz gekommen sind.

3 Lösung der akustischen Probleme in der Abluftanlage

Das Hauptproblem, das bei der Abluftanlage zu lösen war, war akustischer Natur. Die Vorgabe vom Raumakustiker lautete, daß der Schalldruckpegel, der durch alle haustechnischen Anlagen im Plenarsaal verursacht wird, einen A-bewerteten Gesamtpegel von 30 dB(A) nicht überschreiten darf. Die akustischen Berechnungen haben ergeben, daß dann der Schalldruckpegel, der nur durch die Abluftanlage verursacht wird, maximal 27 dB(A) betragen darf. Wie man aus dem Schema in Bild 2 erahnen kann, ist die Systemdämpfung, womit die Dämpfung von Anlagenbauteilen gemeint ist, sehr gering. Weiterhin ist der Platz, der für Schalldämpfer zur Verfügung steht, äußerst begrenzt. Bei der Ausführungsplanung saß man quasi in einer Falle, da an allen Stellen gleichzeitig optimiert werden mußte und man anschließend nur hoffen konnte, daß das Gesamtergebn ausreichend sein würde.

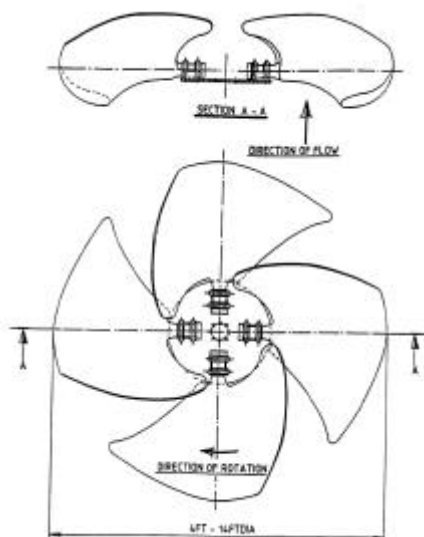


Bild 3: Konstruktion des geräuschoptimierten Abluftventilators [1]

Es wurde dabei sehr schnell deutlich, daß mit üblichen Ventilatoren sowie Schalldämpfern das Ziel bei weitem nicht erreicht werden konnte.

Der akustischer Berater dieses Bauvorhabens machte auf einen geräuschoptimierten Ventilator typ aufmerksam, den er vor wenigen Jahren bei der akustischen Abnahme von Kraftwerkskühltürmen kennengelernt hat. Dieser ist im Bild 3 dargestellt. Auffällig ist die Ausführung der Ventilatorflügel als Breitschaufeln. Durch die Form der Breitschaufel in Verbindung mit der Gestaltung der Hinterkante wird eine deutliche Reduzierung des Schalleistungspiegels des Ventilators erreicht. Der Schallei-



Bild 4: Geräuschoptimierter Abluftventilator im Technikonus

stungspegel liegt gemäß [1] bei gleichem Volumenstrom und gleicher Druckerhöhung ca. 12 dB unter dem eines konventionellen Ventilators! Erreicht wird dieses akustisch phantastische Ergebnis zu Lasten eines schlechten hydraulischen Wirkungsgrades, der hier nur bei 66 % liegt. Die Zuluftventilatoren haben zum Vergleich einen hydraulischen Wirkungsgrad von 77 %. Im Bild 4 ist der Breitschaufelventilator im eingebauten Zustand im Inneren des Technikonus zu sehen.

Trotz dieses sehr leisen Ventilators war immer noch ein Spezialschalldämpfer erforderlich, um das Endergebnis, nämlich ein nur von der Abluftanlage im Plenarsaal verursachter Schalldruckpegel von 27 dB(A) gerade zu erreichen. Im Bild 5 ist dieser Spezialschalldämpfer zu sehen, wie er im Frühjahr 1998 gerade



Bild 5: Abluftschalldämpfer in der Kuppel

in den Technikonus gehoben wird. Die technischen Daten des Schalldämpfers sind in der Tabelle 1 aufgelistet. Dieser Schalldämpfer nutzt den Raum, der zur Verfügung stand, zu 100 % aus und ist an der Grenze des technisch Machbaren. Um die extrem hohen Einfügungsdämpfungen bei 63 und 125 Hz zu realisieren, wurde der obere Teil aus speziellen Resonatorkulissen gebildet. Daß dieses alleine nicht ausreichte, kann mit Hilfe des

Diagramms in Bild 6 erläutert werden. In diesem Diagramm sind Richtwerte für das mit einem Kulissenschalldämpfer maximal erreichbare Einfügungsdämpfungsmaß [2] aufgetragen, und zwar abhängig davon, ob der Schalldämpfer in einem Blech- oder Mauerkanal eingebaut ist. Der Grund warum die Einfügungsdämpfung eines Schalldämpfers im eingebauten Zustand (und nicht im Prüfstand) begrenzt ist, sind unvermeidbare Schallnebenwege sowie gelegentlich auch Schalleinstrahlung in die Luftleitung. Betrachtet man die Grenzwerte für einen Blechkanal bei 63 und bei 125 Hz, so sind sie mit 10 bzw. 25 Hz deutlich unter den Werten des Abluftschalldämpfers, die gemäß Tabelle 1 bei 63 Hz 15 dB und bei 125 Hz 31 dB betragen. Um diese Werte zu realisieren, waren

Tabelle 1: Technische Daten des Abluftschalldämpfers in der Kuppel

Volumenstrom:	67.000 m ³ /h	Resonatorkulissen:	900 mm lang, akustisch entkoppelt
Gesamtlänge:	3,0 m	Absorberkulissen:	1.950 mm lang plus Anströmkalotten
Gesamtbreite/-tiefe:	3,29 m	Kulissendicke:	300 mm
Druckverlust:	22 Pa	Kulissenspalt:	120 mm
Gewicht:	4,55 t		7 Mittel- plus 2 Randkulissen

Einfügungsdämpfung:

f _{okt}	in Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
D _E	in dB	15	31	46	50	50	40	28	21

zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Solche zusätzliche Maßnahmen sind gemäß dem neuen Entwurf der VDI 2081 [3]:

- Minderung der Körperschallängsleitung durch Entdröhnen der Luftleitungswände und Einfügen von elastischen Zwischenstücken
- Minderung der Luftschallaus- und einstrahlung durch schalldämmende Um-mantelung der Schalldämpfer und (zum Teil) der angeschlossenen Luftlei-tungen
- Anordnung von räumlich getrennten Teilschalldämpfern

Während die letzte Maßnahme, nämlich Anordnung von räumlich getrennten

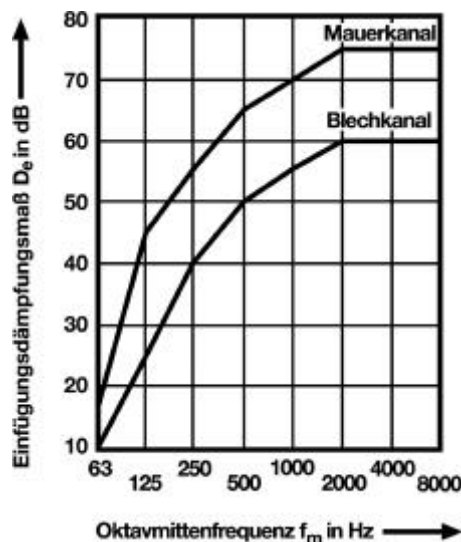
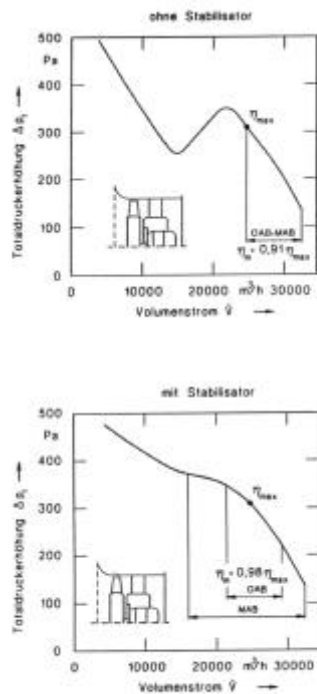


Bild 6: Grenzwerte nach Esche

Teilschalldämpfern, wegen des zu geringen Raumes nicht in Frage kam, wurden die ersten beiden Maßnahmen umgesetzt. So wurde die erste Schalldämpferstufe mit den Resonatorkulissen durch den Einbau von elastischen Zwischenstücken von der zweiten Stufe mit den Absorptionskulissen akustisch entkoppelt. Gleichzeitig wurde das Schalldämpfergehäuse mit einem zusätzlichen Doppelmantel zur Erhöhung der Schalldämmung ausgestattet, mit dem auch das Gehäuse entdröhnt wurde.

Gott sei Dank wurde mit der Kombination des vorgestellten schalloptimierten Ventilators und des Spezialschalldämpfers rechnerisch ein Schalldruckpegel im Plenarsaal von 26,5 dB(A) erreicht. Da in der Berechnung, was bei Fällen ohne eine nachträgliche Korrekturmöglichkeit besonders wichtig ist, sowohl beim Ventilator als auch beim Schalldämpfer die Herstellertoleranzen berücksichtigt wurden,

düse angeordnet. In Abweichung zu diesem Bild haben jedoch die Zuluftventilatoren einen Laufraddurchmesser von 1000 mm. Die an den Schaufelspitzen sich ablösende, rückwärts strömende Luft wird über diesen Außenkanal saugseitig wieder der Hauptströmung zugeführt. Dadurch erhält die Hauptströmung



Vergleich der Kennlinien und mittleren Wirkungsgrade bei Anwendung des Stabilisators.

Bild 9: Ventilator Kennlinie mit und ohne Stabilisator [4]

eine radiale Komponente, die zu einer diagonalen Durchströmung der Axialschaufeln führt. Die Auswirkung dieser diagonalen Durchströmung der Axialschaufeln auf die Ventilator Kennlinie ist in Bild 9 an einem Beispiel zu erkennen. Dieses Bild ist ebenfalls [4] entnommen. Im oberen Teil ist die instabile Kennlinie eines Axialventilators zu sehen. Darunter ist die Kennlinie gezeichnet, wie sie sich durch den Einbau des Stabilisators ergibt. Diese Kennlinie weist keine Sattelpunkte mehr auf, so daß beim Parallelbetrieb der Ventilatoren die Addition der Einzelkennlinie zu einer Gesamtkennlinie im Gegensatz zu Bild 7 eindeutig und ohne Sattelpunkte ist. Dadurch kann es nicht mehr zu dem oben beschriebenen Pendeln zwischen mehreren möglichen Betriebspunkten kommen.

Durch den Einbau des Iwanow-Stabilisators wird also der Axialventilator für den Parallelbetrieb tauglich. Im vorliegenden Fall wäre dieser Stabilisator auch beim Betrieb nur eines Ventilators erforderlich.

Dieses liegt an dem sehr niedrigen Anlagendruck, der auf Grund der äußerst niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten nur 150 Pa beträgt. Dieser wird durch Druckschwankungen infolge wechselnder Winddrücke am Portikus sowie sich ändernder Auftriebskräfte in den historischen Schächten überlagert. Die Druckschwankungen können bei einem starken Wind aus östlichen Richtungen bis zu 70 Pa betragen. Dieses hat eine erhebliche Änderung der Anlagenkennlinie zur Folge, die ohne Stabilisator in den instabilen Bereich der Ventilator-kennlinie gelangen würde.

Ein weiterer Punkt der noch zu beachten ist, ist die Anordnung der Ventilatoren innerhalb des Anlagensystems. Die vier Ventilatoren blasen, wie in Bild 10 zu sehen, in eine gemeinsame Druckkammer aus und beeinflussen sich dadurch gegenseitig. Um die Anlagen energetisch optimal zu betreiben, werden die Ventilatoren nicht nur über die Drehzahl geregelt. Je nach Anforderung werden einzelne Ventilatoren zu- bzw. weggeschaltet. Normalerweise bedeutet das Zu- oder Wegschalten eines Ventilators, daß alle Ventilatoren, die im Moment in Betrieb sind, abgeschaltet werden müssen. Anschließend werden die Luftklappen der Ventilatoren, die ausgeschaltet bleiben, geschlossen, bevor dann die benötigten Ventilatoren wieder eingeschaltet werden. Der Stabilisator ermög-

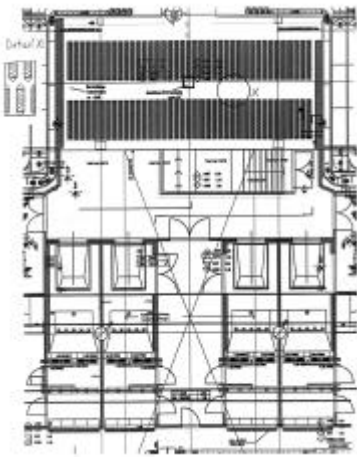


Bild 10: Grundriß der Zuluftzentrale Plenarsaal

licht es dagegen, daß einzelne Ventilatoren im laufenden Betrieb zu- bzw. weggeschaltet werden können.

Zur Regelung der Ventilatoren ist zu sagen, daß diese wegen der oben genannten beachtlichen Druckschwankungen nicht, wie häufig üblich, über Kanaldrücke geregelt werden können. Auch könnten starke Windböen bei einer Regelung über Kanaldrücke wegen der damit verbundenen großen Trägheit zum Schwingen der Ventilatoren führen. Daher werden die Ventilatoren über die Messung des Volumensstromes in der Ventilatoreinlaufdüse geregelt.

5 Ausbildung des Zuluftschalldämpfers

Bei der Schalldämpfung in der Zuluftanlage ist ein Detail des Zuluftschalldämpfers interessant. Wie beim Abluftschalldämpfer müssen auch beim Zuluftschalldämpfer sehr hohe Einfügungsdämpfungen erreicht werden, nur daß hier mehr Platz für den Aufbau des Schalldämpfers zur Verfügung stand. Dadurch konnte der Zuluftschalldämpfer aus zwei Kulissenreihen aufgebaut werden, die mit Abstand und versetzten Kulissen, wie im Detail des Bildes 10 dargestellt, angeordnet sind. Die versetzten Kulissen behindern das sog. Durchstrahlen bei hohen Frequenzen. Bei hohen Frequenzen ist die Wellenlänge kleiner als die Spaltbreite, wodurch die Welle ungehindert den Schalldämpferspalt passieren, sprich durchstrahlen kann. Sie wird dann nur noch wenig vom absorbierenden Rand beeinflußt. Durch die versetzte Anordnung der Kulissen wird dieses Durchstrahlen behindert. Die zusätzliche Einfügungsdämpfung, die durch die versetzte Anordnung erreicht wird, wird demnach mit steigender Frequenz des Geräusches größer. Bei 8000 Hz wird hier eine zusätzliche Einfügungsdämpfung von 8 dB erzielt.

6 Zusammenfassung

Die Klimatisierung des Plenarsaals im umgebauten Reichstag in Berlin, erfolgt mit Quelllüftung über den Teppichboden bzw. über Stufenauslässe. Dieses System hat sich bereits vielfach bewährt und ist mittlerweile allgemein bekannt. Es ist heute als nicht besonders kompliziert einzustufen. Ganz im Gegenteil zu dieser allgemeinen Bewertung des Lüftungssystems stellte die Anlagentechnik eine besondere Herausforderung dar. Dieses liegt an der besonderen Zu- und Ablufführung im Reichstag.

Zur Einhaltung der akustischen Vorgaben für die Abluftanlage war der Einbau eines extrem geräuscharmen Ventilators sowie die Realisierung eines Spezialschalldämpfers erforderlich, der an der Grenze des technisch Machbaren liegt.

Bei der Zuluftanlage war der Einbau von Axialventilatoren mit Stabilisatoren für einen störungsfreien Anlagenbetrieb unerlässlich. Damit kurzzeitige Druckschwankungen die Ventilatoren nicht zu Schwingungen anregen, werden die Ventilatoren über den Volumenstrom, der in der Einlaufdüse gemessen wird, geregelt. Durch die Ausbildung des Zuluftschalldämpfers in zwei Kulissenreihen mit versetzter Anordnung, konnte die Einfügungsdämpfung bei hohen Frequenzen erhöht werden.

7 Literatur

- [1] Spek v. d., I. H. F.; Reduction of Noise Generation by Cooling Fans; Technical Paper Number TP93-03, Cooling Tower Institut 1993
- [2] Esche, V.; Lüftungstechnische Anlagen und Schalldämpfer; Kapitel 6.7 in: Fasold, W.; Kraak, W.; Schirmer, W., Taschenbuch Akustik Teil 2; Berlin, Verlag Technik 1984
- [3] VDI 2081; Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen; Schlußmanuskript 6/99 zum neuen Richtlinienentwurf
- [4] Schlender, F.; Klingenberg, G.; Ventilatoren im Einsatz; Düsseldorf, VDI-Springer Verlag 1996
- [5] Klingenberg, G.; Libau, G.; Axialventilatoren für Klimablöcke in Anlagen der Reinraumtechnik; Luft- und Kältetechnik 26(1990)1, S. 10-14