



*Bild 1: Der Große Konzertsaal der Elbphilharmonie bietet Platz für 2.100 Besucher – und jeder Platz wird einzeln mit Zuluft versorgt.*

# Spitzen-Klima für Top-Konzerterlebnisse

## Optimale Luftfeuchte für den Großen Konzertsaal der Elbphilharmonie

### 1. Einleitung

Nach einer Bauzeit von rund zehn Jahren und Gesamtinvestitionen von mehr als 800 Millionen Euro ist im Januar 2017 die Elbphilharmonie Hamburg offiziell eröffnet worden. Als ein neues Wahrzeichen der Hansestadt vereint das 110 Meter hohe, mit 1.100 Doppelglaselementen ausgestattete, spektakuläre Gebäude auf dem ehemaligen Kaiserspeicher A drei Konzertsäle, ein Hotel, 45 Luxuswohnungen, Gastronomie, eine öffentliche Plaza mit Panoramablick sowie ein Parkhaus. Im folgenden Beitrag geht es speziell um die Klimatisierung und Luftbefeuchtung des Großen Konzertsaals der Elbphilharmonie (siehe **Bild 1**).

Für die Elbphilharmonie (siehe **Bild 2**) wurde ein klares Ziel vorgegeben: Hier soll ein Konzerthaus entstehen,

das vom ersten Ton eines Orchesters an in der Weltspitze mitspielt. Im Mittelpunkt des riesigen Gesamtprojekts, in dem unter anderem mehr als 100 RLT-Geräte, über 1.900 Brandschutzklappen und 425 Einzelraumregelungen installiert wurden, steht der 25 m hohe Große Konzertsaal.

Der 12.500 t schwere Große Saal ist aus Gründen des Schallschutzes auf 362 Federpakete gelagert und dadurch vom restlichen Gebäude akustisch entkoppelt. Im Großen Saal befinden sich 2.100 Besucherplätze, die in mehreren Terrassen rund um die mittige Bühne angeordnet sind. Dadurch ist kein Zuhörer mehr als 30 m vom Dirigenten entfernt. Zur Verwirklichung eines perfekten Klangerlebnisses im Großen Saal haben das Schweizer Architekturbüro Herzog

& de Meuron Architekten und der Akustiker Yasuhisa Toyota speziell für die Elbphilharmonie eine einmalige Wand- und Deckenstruktur entwickelt: 10.000 individuell gefräste Gipsfaserplatten mit einer Gesamtfläche von 6.000 m<sup>2</sup> sind so angeordnet, dass sie gezielt den Schall in den riesigen Saal reflektieren und streuen. Ein spezieller Reflektor unter der Saaldecke dient als zentraler Beleuchtungskörper und sorgt zusätzlich dafür, dass der Klang auch auf der Bühne optimal verteilt wird.

## 2. Lüftungs- und Klimasysteme

Die Lüftungs- und Klimaanlage für den Großen Saal müssen zwei wesentliche Aufgaben erfüllen:

- Im gesamten Saal, besonders aber im Bühnen- und Orchesterbereich, sind ganzjährig enge Grenzwerte für Lufttemperaturen, Luftfeuchten, Luftqualität und Luftgeschwindigkeiten einzuhalten. Hier geht es darum, dass alle Luftparameter für die Stimmen der Sänger, für die Personen des Orchesters, für die oft extrem kostbaren Instrumente und auch für die Einrichtungen des Großen Saals (Holz, Gipsplatten) stets in einem optimalen Bereich liegen.
- Gleichzeitig soll auch für die Besucher für ein bestmögliches Konzerterlebnis eine optimale thermische Behaglichkeit und Luftqualität sichergestellt werden.

Die planerische Realisierung dieser Forderungen wurde den Fachingenieuren der m+p Gruppe übertragen. Nach sehr aufwändigen Voruntersuchungen und Labormessungen zur Akustik, Lüftung und Klimatisierung sowie zur Raumluftströmung des Großen Saals entschieden sich die Betreiber der Elbphilharmonie für folgende Lösungen:

Zur Sicherstellung eines bestmöglichen thermischen Mikroklimas und einer guten Luftqualität für jeden Besucher befindet sich unter jedem der 2.100 Sitze im Großen Saal ein kombinierter Quell-/Dralldurchlass (siehe Bild 3). Aus jedem dieser Durchlässe wird die Zuluft so eingeblasen, dass sich bei den Besuchern keinerlei Zegerscheinungen einstellen können. Der Bereich der Bühne wird mit Quellluft klimatisiert, die aus den hinteren Bühnenbereichen impulsarm zur Bühne hin ausgeblasen wird.

Für diese Aufgaben wird in zwei identischen zentralen Klimageräten ein Nenn-Außenluftvolumenstrom von je 65.000 m<sup>3</sup>/h ganzjährig so konditioniert, dass die Zuluft stets mit einer Solltemperatur von etwa 20 bis 21 °C und einer relativen Soll-Luftfeuchte von rund 40 - 50 % in den Großen Saal einströmt. Diese Zuluftbedingungen gelten sowohl für die Quelllüftung (Bühne) als auch für die Quelllüftung/Dralllüftung (Besucherbereiche). Aufgrund der thermischen Lasten im Konzertbetrieb hat die im oberen Bereich des Saales entnommene Abluft eine



Bild 2: Seit der Eröffnung im Januar 2017 zählt die Elbphilharmonie zu den weltweit führenden Konzerthäusern.

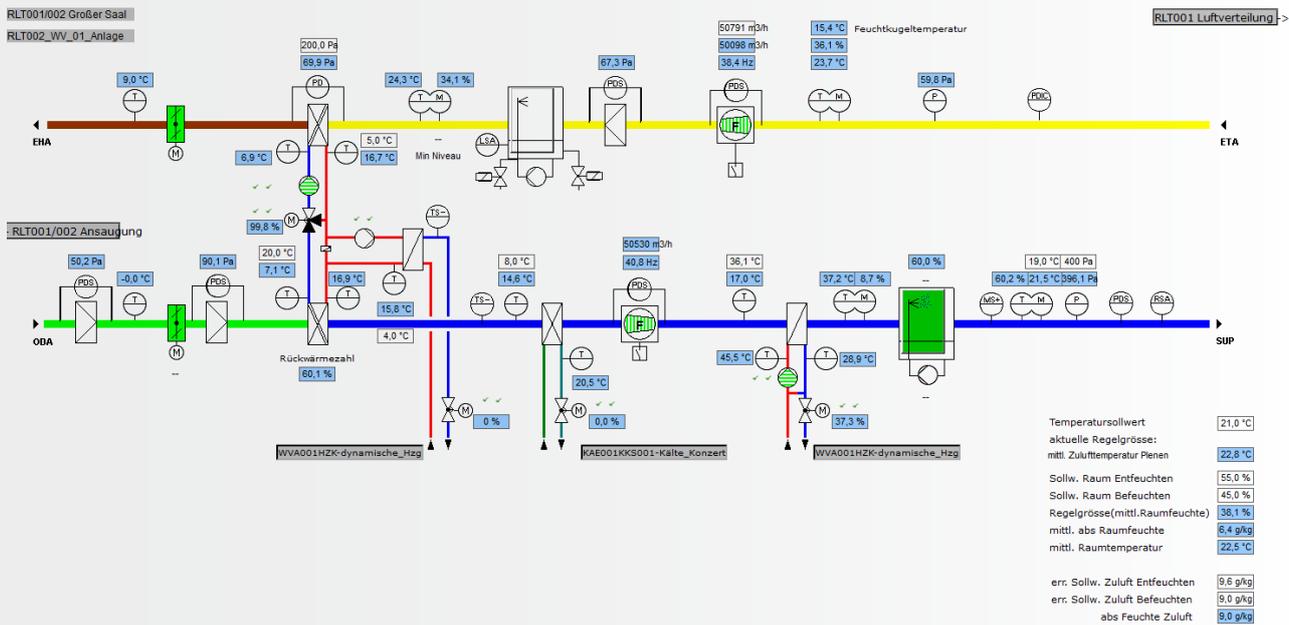


Bild 3: Jeder einzelne der 2.100 Sitzplätze wird während eines Konzerts über einen kombinierten Drall-/Quelldurchlass mit zugfrei eingebrachter Zuluft versorgt. (Quelle: m+p)

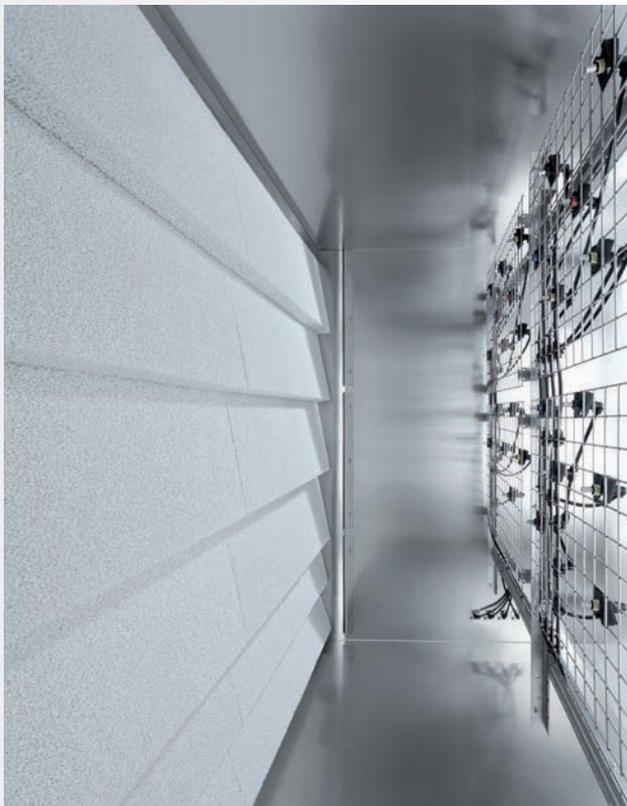
Temperatur von etwa 25 bis 27 °C (Winter/Sommer). Für den Konzert-Probetrieb ohne Besucher kann die RLT-Anlage auf einen Teillastzustand eingestellt werden, bei dem dann nur der Bühnenbereich und das Parkett mit Zuluft versorgt werden.

Im Rahmen von drei Probekonzerten vor der offiziellen Eröffnung hat m+p die umfangreichen Messverfahren für die Sachverständigenabnahme durchgeführt. Dabei wurden aus den Ergebnissen auch Optimierungen und Anpassungen in den Betriebsweisen der Klimaanlage erarbeitet, die ebenfalls zur letztlich erfolgreichen Abnahme der hohen Ansprüche an die Behaglichkeit, die Luftqualität und die Luftfeuchte geführt haben.

Alle RLT-Anlagen in den Konzertbereichen müssen unhörbar arbeiten. Dazu wurde neben aufwändigen Schalldämmmaßnahmen in den Klimageräten und an



**Bild 4:** Betriebszustände eines RLT-Geräts zur Zuluftkonditionierung im Winterbetrieb. Die angesaugte Außenluft wird im Kreislaufverbundsystem vorgewärmt und mit dem Nacherhitzer auf die erforderliche Befeuchtereintrittstemperatur erhitzt. Die Sollwerte für Temperatur und Feuchte werden aus einer Enthalpieregulierung bestimmt. Im Condair-Hybrid-Luftbefeuchter wird die Zuluft dann auf die erforderliche absolute Feuchte befeuchtet. (Quelle: m+p)



**Bild 5:** Innenansicht eines Hybrid-Luftbefeuchters Condair DL.

den Luftdurchlässen auch alle Luftleitungen extrem stark geräuschgedämmt (Doppelschale mit innenliegender Dämmmasse). Gesteuert werden die Anlagen über Fühler für Temperaturen, Feuchten und Luftqualität, die an verschiedenen Stellen im Großen Saal positioniert und auf ein umfangreiches Gebäudeautomationssystem aufgeschaltet sind.

## 2.1 Die Luftkonditionierung

Zur Aufbereitung der Außenluft zur Zuluft kommen in den RLT-Geräten unter anderem folgende Komponenten zum Einsatz:

- hochwertige zweistufige Filterung der Außenluft
- ein mehrfachfunktionales Kreislaufverbundsystem (KVS)
- Nacherhitzer / Kühler
- Hybrid-Luftbefeuchter
- indirekte Verdunstungskühlung auf der Abluftseite
- frequenzgeregelte Radialventilatoren mit Flachriemenantrieb

**Bild 4** zeigt beispielhaft den Betriebszustand eines RLT-Geräts im Winterbetrieb. Die angesaugte kalte Außenluft (0 °C) wird im RLT-Gerät zunächst im KVS vorewärmt und dann auf eine Temperatur von etwa 37 °C nacherwärmt. Bei dieser Erwärmung sinkt aber die relative Feuchte

der Luft auf unzulässig niedrige Werte unter 10% und muss in den Hybrid-Luftbefeuchtern Condair Dual auf etwa 60 % relative Feuchte um etwa 6,3 g Wasser pro kg Luft befeuchtet werden. Bei einem Nenn-Außenluftvolumenstrom von etwa 78.000 kg/h pro RLT-Gerät bei Konzerten ergibt sich dadurch eine Befeuchtungsleistung von etwa 490 kg Wasser pro Stunde. Die Erwärmung der Außenluft mit einer Leistung von mehr als 1 MW pro RLT-Gerät erfolgt im mehrfachfunktionalen Kreislaufverbundsystem und im Nacherhitzer teils aus der Wärme der Abluft (Erwärmung auf rund 25 °C) und überwiegend mit Fernwärme.

Im Sommerbetrieb bei warmen Außentemperaturen erfolgt die Kühlung und gegebenenfalls auch die Entfeuchtung der Außenluft auf zweifache Weise: Erstens wird die Abluft aus dem Großen Saal (27 °C) in einer indirekten Verdunstungskühlung vorgekühlt und sinkt dadurch auf eine Temperatur von etwa 20 °C. Dies entspricht bei Nennluftbetrieb einer Kühlleistung von etwa 550 kW. Zweitens wird die Luft im Kühler des RLT-Geräts auf die aus der Enthalpieregulierung berechneten Temperatur heruntergekühlt, die für die notwendige Entfeuchtung erforderlich ist (Maximalkälteleistung 480 kW). Schließlich wird die Luft im Nacherhitzer auf die erforderliche Zulufttemperatur erhitzt. Die Kälteleistung kommt aus zwei wassergekühlten Kältemaschinen (Kühlung mit Elbwasser oder aus Brunnenwasser aus zwei Grundwasserbrunnen).

## 2.2 Die Hybrid-Luftbefeuchter Condair Dual

Insgesamt werden im Projekt Elbphilharmonie acht Hybrid-Luftbefeuchter Condair Dual (siehe **Bild 5**) eingesetzt. Die Geräte arbeiten, wie beschrieben, sowohl zur Luftbefeuchtung für den Großen Saal als auch in den RLT-Anlagen für den Kleinen Saal und die zugehörigen Foyers, die Proberäume und die Bereiche Backstage/Verwaltung und haben Nenn-Befeuchtungsleistungen von 90 bis 550 kg Wasser pro Stunde. Zur Erzeugung des hygienisch einwandfreien Befeuchtungswassers bei minimiertem Energiebedarf wird unter anderem eine frequenzgesteuerte Umkehrosmoseanlage mit Konstantdruckregelung Condair AT2 mit einer Leistung von 1.250 Litern Wasser pro Stunde betrieben.

Durch die Kombination der Befeuchtungsmethoden Zerstäuben und Verdunsten sind die Dual Hybrid-Luftbefeuchter in der Lage, kostengünstig zu arbeiten und durch das „Hygiene-Plus-Konzept“ das Vermehren von Keimen präventiv und wirksam zu unterbinden. Die optimierten Molekular-Zerstäuberdüsen besprühen die Verdunstungskeramik komplett ohne Blindflächen. Dadurch ergibt sich eine höchstmögliche Ausnutzung des Befeuchtungswassers und eine hohe Effizienz der Befeuchtung. Hinter den Luftbefeuchtern liegt aerosolfreie und hygienisch befeuchtete Atemluft vor.

Mit einer Bautiefe von nur 600 mm (Minimallänge) sind die Dual Hybrid-Luftbefeuchter deutlich kompakter als Hochdruck-Luftbefeuchter, wodurch das RLT-Gerät kürzer gebaut werden kann.



DIPL.-ING. (FH) SEBASTIAN STRUTZ

2002	Gas- und Wasserinstallateur
2002 – 2003	Fachoberschule Itzehoe
2003 – 2007	Studium der TGA an der Hochschule Bremerhaven
2007 – 2008	Projekt-/Vertriebsingenieur Klima-/Lüftungstechnik Handelsschiffbau bei einem internationalen Schiffsausrüster in Hamburg
Seit 2008	Vertriebsingenieur Luftbefeuchtung und Verdunstungskühlung bei der Condair GmbH in Laatzen
<b>Kontakt</b>	Condair GmbH Regionalcenter Nord Lüneburger Straße 4 30880 Laatzen-Rethen Tel.: +49 4121 579 88 00 E-Mail: sebastian.strutz@condair.com