

Innenansicht des Großen Saals der Elbphilharmonie während der Montage. Bild: M. Commentz

## PRESSEMELDUNG

### **Eine Million Zellen und Zehn Tausend Paneele: Digitale Herstellung der akustischen Innenhaut der Elbphilharmonie**

- Die Elbphilharmonie, entworfen von den Architekten Herzog & de Meuron, wird im Januar 2017 eröffnet
- ONE TO ONE entwickelte die Algorithmen und Prozesse für die digitale Fertigung der 10.000 einzigartigen akustischen Gipsfaserpaneele des Großen Saals

**NEW YORK, 28. November 2016 - Das spektakuläre Konzerthausprojekt Elbphilharmonie in der Hafenmetropole Hamburg, wird am 11. Januar 2017 mit einem feierlichen Konzert eröffnet. Fast ein Jahrzehnt dauerte der 120.000 Quadratmeter große Bau an der Elbe, das drei Konzertsäle, ein Hotel, Apartments, Restaurants, ein Parkhaus und eine öffentliche Aussichtsplattform unter einem wellengeformten Dach vereint. Das Herzstück ist der von Herzog & de Meuron in Zusammenarbeit mit dem japanischen Akustiker Yasuhisa Toyota entwickelte Große Saal. Der Saal bietet 2.150 Personen platz und wurde mit einer**

**technologisch hochentwickelten, maßgeschneiderten akustischen Innenhaut ausgekleidet. Die freigeformte Wand-, Balustraden- und Deckengestaltung des Großen Saals besteht aus 10.000 einzigartigen Gipsfaserplatten die mit einem besonderen, schalldiffusierenden Muster überzogen wurden. Um diese Herausforderung zu bewältigen, hat Benjamin S. Koren, Geschäftsführer von ONE TO ONE, eine Reihe hochentwickelter Technologien angewendet, vom algorithmischen Design bis hin zu digitalen Fertigungstechniken.**

### **Die Firma ONE TO ONE**

Benjamin S. Koren gründete ONE TO ONE im Januar 2009. Die Firma spezialisiert sich auf geometrische Berechnungen, algorithmisches Design und digitale Fertigungsprozesse, mit Büros in New York and Frankfurt am Main. Koren erklärt, "die Idee der Firma bestand darin, Architekten, Ingenieuren und Künstlern dabei zu helfen, ihre Entwürfe mit mathematischer Genauigkeit und Präzision umzusetzen." Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine enge Zusammenarbeit mit den Designern unabdingbar. ONE TO ONE setzte bereits eine Reihe von herausragenden Arbeiten um, von Architekten wie Jean Nouvel, Zaha Hadid und Shigeru Ban sowie Künstlern wie Jeff Koons, Anish Kapoor und Pae White. Koren studierte an der Architectural Association in London. Sein Arbeitsalltag besteht darin Software-Programme und Algorithmen zu entwickeln um komplexe, geometrischen Probleme zu lösen. "Ich verstehe mich als Übersetzer", erklärt Koren, "ich nehme die Designidee, so komplex sie auch sein mag, abstrahiere, löse und vereinfache sie um sie in einfache Werkstatt- und Montagezeichnungen zu übersetzen." Bei der akustischen Innenhaut der Elbphilharmonie lässt sich die Komplexität dieses Prozesses quantitativ zusammenfassen: eine Million Zellen und zehntausend Paneele wurden von Koren und seinem Team digital erzeugt und anschließend gefertigt.

### **Eine Million Zellen: Algorithmisch definiertes, akustisches Oberflächenmuster**

Herzog & de Meuron beauftragte ONE TO ONE, um die digitalen Daten für das schalldiffusierende Oberflächenmuster des Großen Saals zu erzeugen. Die Schalldiffusion bedeutet in der Akustik die gleichmäßige Streuung von Schallenergie in einem Raum. Nicht diffundierende, sondern einfach reflektierende Flächen können zu einer Reihe unerwünschter, akustischer Phänomene führen, wie etwa Echos, schriller oder etwa zu dünner Klang, die meist durch Anwendung von Diffusoren behoben werden können. Ein vollkommen diffusiver Raum ist einer, bei dem akustische Eigenschaften, wie etwa der Nachhall, gleich sind, unabhängig vom Sitzplatz des Zuhörers. Diffusion in den besten Konzertsälen der Welt, wie zum Beispiel der 1870 in Wien erbaute Große Musikvereinssaal, ist Resultat der unebenen Oberflächen der prunkvollen neoklassizistischen Ornamentik des Interieurs. Die Ablehnung zur Ornamentik in der Architektur des 20. Jahrhunderts ist häufig auf Kosten der Akustik gegangen.

Schlechte Akustik eines Konzertsaals kann zwar durch Nachrüsten von Absorbern und Diffusoren behoben werden, führt jedoch oftmals zu einer gestalterischen Trennung zwischen dem architektonischen Entwurfsgedanken und der nachträglichen Änderungen. Bei der Elbphilharmonie hatten die Architekten die Absicht, die akustische Anforderung von Anfang an mit dem Design in Einklang zu bringen. Die Gestaltung des Diffusierungsmusters spiegelt das charakteristische Berg-und-Tal Motiv, wie es sich am besten im wellenförmigen Dach der Elbphilharmonie findet, wieder. Für Koren und sein Team bedeutete das, eine Million Zellen

mit einem Durchmesser von vier bis sechzehn Zentimetern digital zu erzeugen. Basierend auf den Anforderungen des Akustikers wurden die Zellen letztlich zufällig angeordneten und individuell geformt, je nach Lage im Konzertsaal. Diese wichtige Aufgabe, die mit herkömmlichen Methoden unmöglich zu erreichen wäre, wurde durch die Entwicklung von Algorithmen am Computer erzielt. Jede Zelle wurde topologisch auf den Wandflächen des Großen Saals angeordnet und in Form, Größe, Tiefe und Lage rechnerisch angepasst. Die Entwicklung dieses Softwareprogramms nahm insgesamt 18.000 Zeilen Programmiercode in Anspruch.

### **Zehntausend Paneele: Digitale Fertigung und Montage**

Nachdem ONE TO ONE die Aufgabe erfüllt hatte, das akustische Oberflächenmuster zu erzeugen, wurde Koren und seine Firma anschließend vom bayerischen Ausbauunternehmen Peuckert beauftragt, die Fertigungsunterlagen für die Akustikplatten des Großen Saals zu entwickeln und zu liefern. Da Peuckert nicht nur für die Produktion, Lieferung und Montage der Akustikplatten, sondern auch für die Werks- und Montageplanung des gesamten Saals verantwortlich war, folgte eine langjährige, intensive Zusammenarbeit zwischen den Firmen Peuckert und ONE TO ONE.

Da jedes der 35 bis 200 Kilogramm schweren Paneele einzigartig ist, entwickelte Koren ein weiteres Softwareprogramm, um die 3D-Planung und die digitale Produktion der 10.000 CNC-gefrästen Gipsfaserplatten zu automatisieren und die Elemente der Unterkonstruktion zu optimieren. Die Architekten definierten ein präzises Fugenbild der Paneele, das sich, ähnlich wie das Diffusionsmuster, nahtlos wie ein Netz über die gesamte Oberfläche der Halle zieht. Die Kanten der Paneele wurden so definiert, daß sie sich immer präzise an den Kanten der benachbarten Platten ausrichteten, was in einigen Fällen zu planar, gekrümmten und verdrehten Kanten führte. Auf Grund der unterschiedlichen Komplexitätsgrade der Randbedingungen war der Einsatz einer Fünffachs-Fräsmaschine bei der Herstellung der Platten unvermeidbar. Die Krümmung der vorderen Oberfläche wurde erreicht, indem die Rückseite jeder Platte plan gehalten wurde, während die Vorderseite in ihre gekrümmte Endform gefräst wurde. Für jedes Paneel mussten die Kanten erzeugt und die Befestigungen platziert werden. Zusätzlich mußte eine Nut entlang des gesamten Umfangs des Paneels erzeugt werden, für die präzise Platzierung eines Dichtungsbandes. Koren und sein Team bewältigten schließlich diese Aufgabe indem sie einen vollautomatischen, digitalen Prozess entwickelten. Für die Planung der Paneele waren weitere 25.000 Zeilen Programmiercode notwendig.

Koren lieferte allmählich 10.000 digitale Datensätze, die die CNC-Maschinen mit Daten für die einzelnen Paneele, fütterten. Jedes Rohpaneel wurde auf die genaue Größe vorbereitet und in zwei Stufen gefräst. Im ersten Schritt wurde jede Platte mit einer fünffachsignen Formatierung von der Rückseite bearbeitet und mit Löchern für die Befestigung der Unterkonstruktion versehen. Im zweiten Schritt wurde jedes Paneel gewendet, auf der Maschine neu positioniert und vorderseitig mit dem dreidimensionalen Schalldiffusionsmuster, unter Verwendung eines Kugelfräasers, versehen. Das Muster wurde mit großen Achsabständen in parallelen Spuren gefräst, was zur rauen Haptik der endgültigen Oberflächenstruktur führte.

Aufgrund der modernen computergestützten Planungs- und Fertigungsverfahren wurden die Platten sehr effizient und mit hoher Präzision gefertigt. Dieser Vorgang war notwendig, um letztlich die Paneele mit der geforderten Toleranz zu montieren. Schließlich passten alle Paneele perfekt zusammen, wie ein großes, überdimensionales Puzzle. Obwohl jedes Paneel einzigartig ist, war die Zahl der fehlerhaften Elemente gering, lediglich 20 der 10.000 Paneele musste aufgrund abgestumpfter Fräswerkzeuge ausgetauscht werden, was einer Fehlerquote von 0,2% beträgt.

Der Bau der Elbphilharmonie ist bereits abgeschlossen, die Schlüssel für das Gebäude wurden Anfang November der Stadt Hamburg übergeben. Die Öffentlichkeit erwartet mit Spannung das Eröffnungskonzert am 11. Januar 2017.

## Über ONE TO ONE

ONE TO ONE erbringt Leistungen im Bereich maßgeschneiderter geometrischer Berechnungen, präziser 3D-CAD Modellierung, integrativer CAM Fabrikation und innovativer Forschung & Entwicklung in allen Maßstäben. Mehr Informationen unter [www.onetoone.net](http://www.onetoone.net)

## Über Benjamin S. Koren



Benjamin S. Koren wurde in Frankfurt am Main geboren, ist in den USA aufgewachsen. 2009 Gründung der ONE TO ONE GmbH in Frankfurt am Main, 2016 Gründung der ONE TO ONE USA Inc. in New York. Vor der Gründung des Unternehmens arbeitete er für das Baseler Architekturbüro Herzog & de Meuron an der Elbphilharmonie sowie für das Londoner Ingenieurbüro ARUP am Battersea Powerstation Projekt. Studium der Architektur, Musik und Film an der New York University, der University of Miami, der Angewandten Wien und der Architectural Association in London. Koren lebt und arbeitet in New York.

## Kontakt

ONE TO ONE USA Inc, 329 W 20<sup>th</sup> Street, New York, NY 10011, USA

### Benjamin S. Koren

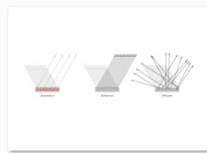
Telefon USA: +1 (917) - 280 – 0296

Telefon Deutschland: +49 (69) – 7706 9601

email: [info@onetoone.net](mailto:info@onetoone.net)

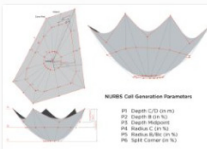


## Bildnachweise



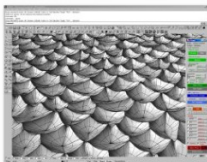
Elbphilharmonie\_01.jpg

- Diagramm zur Erläuterung der Klangdiffusion, der "Streuung" des Klangs  
**Bild: ONE TO ONE**



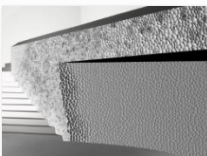
Elbphilharmonie\_02.jpg

- Parametrische Definition einer schalldiffundierenden Zelle  
**Bild: ONE TO ONE**



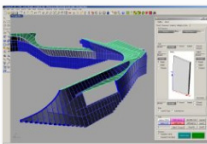
Elbphilharmonie\_03.jpg

- Rechenintensive Erzeugung von 1.000.000 schalldiffundierender Zellen  
**Bild: ONE TO ONE**



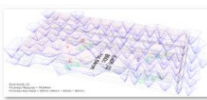
Elbphilharmonie\_04.jpg

- Schallstreuende Zellen, die auf den Konzertsaalwänden und Balustraden angewendet wurden  
**Bild: ONE TO ONE**



Elbphilharmonie\_05.JPG

- Erzeugung von 10.000 Akustikplatten  
**Bild: ONE TO ONE**



Elbphilharmonie\_06.jpg

- Fräsdatei für eines von zehntausend Akustikpaneelen  
**Bild: ONE TO ONE**



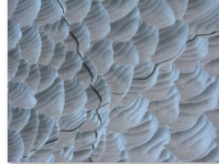
Elbphilharmonie\_07.jpg

- Eine Platte wird auf der CNC-Fräse bearbeitet  
**Bild: Peuckert**



Elbphilharmonie\_08.JPG

- Gefertigte Paneele in der Werkstatt  
**Bild: Peuckert**



Elbphilharmonie\_09.JPG

- Nahaufnahme vier zusammengebauter Paneelen  
**Bild: ONE TO ONE**



Elbphilharmonie\_10.JPG

- Nahaufnahme zwei zusammengebauter Paneelen  
**Bild: ONE TO ONE**



Elbphilharmonie\_11.JPG

- Nahaufnahme transparenter Paneele  
**Bild: Peuckert**



Elbphilharmonie\_12.JPG

- Innenansicht des Großen Saals der Elbphilharmonie während der Montage  
**Bild: Peuckert**



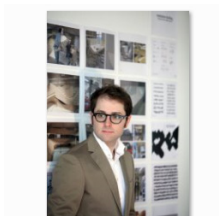
Elbphilharmonie\_13.JPG

- Innenansicht eines der Balkone im Großen Saal der Elbphilharmonie während der Montage  
**Bild: Peuckert**



Elbphilharmonie\_14.jpg

- Innenansicht des Großen Saals der Elbphilharmonie während der Montage  
**Bild: M. Commentz**



Elbphilharmonie\_15\_Portrait\_Koren.jpg

- Portraitfoto Benjamin S. Koren, Geschäftsführender Gesellschafter von ONE TO ONE  
**Bild: ONE TO ONE**

FOTOS KÖNNEN  
ANGESCHNITTEN WERDEN