

Das neue Opernhaus in Kopenhagen, gegenüber der Altstadt gelegen, wurde vom Architekten Larsens Tegnesteue entworfen. Interessant dabei ist, dass die Mittelachse des Operngebäudes auch die Mittelachse des königlichen Schlosses ist.



## Einzigartiges Bühnenwagensystem von Waagner-Biro für die neue Oper in Kopenhagen

Von Ing. W. Fajtak

Gemeinsam mit dem Architekten und den Akustikprofis von Arup entwickelte die Bühnenplanungsfirma Theatreplan ein technisches Konzept, welches dem Zuschauer höchsten Operngenuß gewährleisten sollte. Um das Haus für Oper und Ballett gleichermaßen optimal nutzen zu können, wurde ein neues, einzigartiges Bühnenwagensystem entwickelt.

Der Bühnenbereich wurde in einer Ebene konzipiert und besteht aus dem Vorbühnenbereich, der Hauptbühne, sowie 5 Bereichen in etwa der Größe der Hauptbühne, die rund um den Spielbereich angeordnet sind.

Die Bühnenebene mit Hauptbühne, den 6 Nebenbereichen sowie den zentralen Stiegenhäusern weist eine Gesamtfläche von zirka

3.100 m<sup>2</sup> (67 x 47 m) auf. Alle Bühnenbereiche sind durch ein Bühnenwagensystem verbunden, welches es ermöglicht, komplett aufgebaute Dekorationen bis zu einer Höhe von 11 m von jedem Bereich der Bühne auf die Hauptbühne zu transportieren.

**Die Hauptbühne** selbst besteht aus 4 Podien à 4 x 16 m, von denen jedes als Doppelstock mit heb- bzw. senkbarer Unterenebene ausgeführt ist. Diese Podien können 5 m gehoben oder auch 5 m abgesenkt werden und tragen je bis zu maximal 320 kN. Angetrieben wird jedes Podium von zwei Winden, von denen je eine auf jeder Schmalseite wirksam ist. Die Antriebe werden elektronisch synchronisiert und sind in eine computergestützte Steuerung eingebunden.

Im Hintergrund der Hauptbüh-

ne wurde ein **Prospektmagazin** (22 x 2 m) positioniert, welches mit Hilfe von sechs Stück Spiralliften um bis zu 7,5 m angehoben werden kann. Dadurch kann dieses

Magazin leicht von der Bühnenebene aus befüllt werden, wobei dies sowohl von der Vorder- als auch von der Hinterseite erfolgen kann.

Alle Podien der Untermaschinerie, sowie die Züge der Obermaschinerie sind in das Computersteuerungssystem CAT 4.0 integriert, welches auch mit dem unabhängigen Steuerungssystem für die Bühnenwagen vernetzt ist.

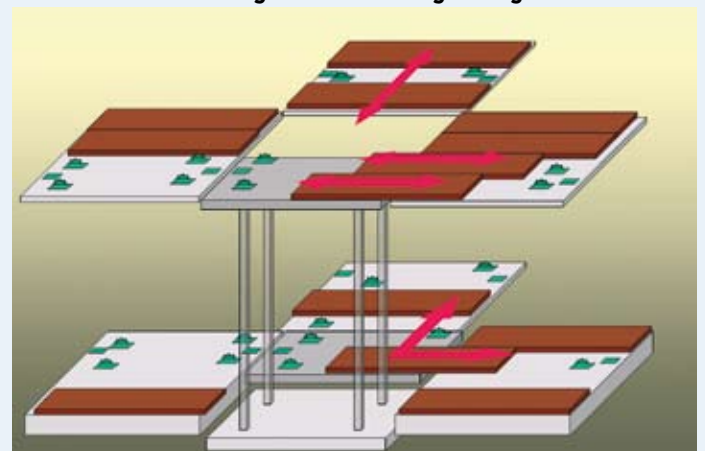
**Das Bühnenwagensystem** inklusive den Ausgleichspodien ist auf Bühnenniveau +/- 0 in den Bereichen Seitenbühne rechts, Seitenbühne links, hintere Seitenbühne rechts, hintere Seitenbühne links, sowie Hinterbühne eingebaut. Dieses System der absenkbaren Ausgleichspodien ermöglicht es, eine einzige Ebene zu schaffen, auf der die Dekorationen im Bühnenbereich verfahren, beziehungsweise die Dekorationen von der Lkw-Entladestation in der Hinterbühne auf die Hauptbühne gebracht werden können. Bedingt durch die Größe

Abbildungen: Waagner-Biro



Aufbau der Podien

Schematische Darstellung einer Bühnenwagenanlage



Hauptpodien (bis zu 5 Meter heb- und senkbar)





**So werden die Podien angetrieben**

der Bühne war es auch nötig, die Wägen so zu konzipieren, dass ein Verfahren der Wägen sowohl in Bühnenlängsachse als auch quer dazu möglich ist. Mit dem neuen Bühnenwagensystem von Waagner-Biro mit in den Boden eingelassenen Antriebseinheiten, die in Längs- oder Querrichtung eingebaut werden können, ist es möglich, einen Punkt anzufahren, und ohne weitere manuelle Umschaltarbeiten sofort in Querrichtung weiterzufahren. Die Steuerung bietet außerdem die Möglichkeit, bis zu 4 Wägen zu einer Gruppe zusammenzufassen und diese dann wie einen Einzelwagen zu verfahren.

Das von Waagner-Biro neu entwickelte Bühnenwagensystem unterscheidet sich von den bisher verwendeten Systemen dadurch, **dass der Antrieb nicht mehr im Wagen selbst montiert ist, sondern weg vom Wagen in den Boden (im konkreten Fall der Oper in Kopenhagen in die Bühnenpodeste) verlegt worden ist. Das bringt den enormen Vorteil, dass die Bühnenwagen kein Kabel mehr nachschleppen müssen**, oder, falls für die Stromversorgung Akkus in den Wagen eingebaut waren, diese nicht mehr laufend nachgeladen werden müssen.

Der Antrieb ist nach wie vor ein Ritzel-Zahnstangensystem, wobei aber – wie schon erwähnt – nun die Antriebe in die Ausgleichspodien, beziehungsweise Hauptpodien eingelassen sind.

**Die Haupt- und Ausgleichspodien** (je 16 x 4 m) sind als Keilpodien ausgeführt und das Holz der Podienrahmen ist zum Schutz mit Plastikanten eingefasst. Die 25 Ausgleichspodien haben einen Hub von 300 mm und geben in abgesenktem Zustand einen Fahrkanal für das Bühnenwagensystem



**Antriebsritzel**

frei. Der Spalt zwischen den Podien wurde auf 2,5 mm zur Systemachse eingestellt. (Der Spalt zwischen den Podien beträgt somit 5 mm).

**Die Antriebe** sind so konstruiert, dass das Ritzel von unten durch einen sich mechanisch öffnenden Schlitz nach oben gehoben wird und in die Zahnstange, die auf der Unterseite der Wägen montiert sind, eingreift. Je nach Lage der Bühnenwagen auf den Podien sind immer zwei bis drei dieser Antriebe im Eingriff und der Wagen wird zur nächsten Antriebseinheit weiter geschoben, welche gehoben wird und in die Zahnstange eingreift. Nicht benötigte Antriebe werden wieder automatisch abgesenkt. Um das Ritzel genau in der Zahnstange zu positionieren und um den Wagen exakt geradeaus fahren zu können, ist höchste Präzision der Lage der Antriebe in den Ausgleichspodien nötig.

Die genaue Positionierung des Ritzels und damit des Wagens erfolgt durch ein **Lasersystem**, das am Ritzel die Lage des ersten Zahnes der am Wagen montierten Zahnstange ermittelt. An Hand dieser Daten kann der Kontrollrechner die Drehgeschwindigkeit und Lage des Ritzels beim Einschwenken beziehungsweise den Fahrtweg zur Positionierung errechnen. Diese Laser, die zu beiden Seiten vor und hinter dem Ritzel bzw. unterhalb sitzen, sind so in die Steuerung integriert, dass bei Ansprechen eines Lasers die Steuerung die genaue Lage des Wagens erkennt und denselben punktgenau positioniert. Des Weiteren werden durch diesen Laserimpuls auch die exakte Drehgeschwindigkeit und die Lage der Zähne des Ritzels kontrolliert und geregelt. Erst dann wird der Antrieb gehoben und greift in die Zahnstange des sich bewegenden Bühnenwagens ein. Um die Abnutzung der Zahnstangen in Grenzen zu halten, sind die Antriebsritzel aus Kunststoff gefertigt. Dies deshalb, weil die Ritzel mechanisch einfacher zu tauschen sind. Beim Einfahren in die Zahnstange muss jeder Zahn genau in die Lücke der Zahnstange passen und dies mit exakt der gleichen Geschwindigkeit, mit der der Wagen fährt. Es braucht nicht besonders erwähnt zu werden, dass es viel Entwicklungsarbeit und noch mehr Tests bedurfte, um diese Lasersteuerung zur wirklich betriebssicheren Serienreife zu bringen.

**Die Bühnenwägen**

Insgesamt gibt es 10 Bühnenwägen in voller Größe (16 x 4 m), ausgelegt für 16 Tonnen dynamischer Last und fünf Bühnenwägen in halber Größe (16 x 4 m), ausgelegt für 8 Tonnen. Die maximale Geschwindigkeit, mit der sie bewegt werden können, beträgt 300 mm/sec (18 m/min).

Zusätzlich ist ein 16 x 16 m großer **Ballettwagen** unter der Hinterbühne gelagert. Er kann auf die 4 Hauptpodien gefahren und auf Bühnenniveau gehoben werden, was einen raschen Umbau von Oper auf Ballett ermöglicht.

In einem weiteren speziellen 16 x 16 m-Wagen ist eine **Drehscheibe** integriert. Um den Drehscheibenwagen besser verstauen zu können, ist es möglich, diesen in der Mitte zu trennen, wobei jeweils die halbe Drehscheibe in der halben Kasette verriegelt wird. Damit ergibt sich auch die Möglichkeit, die einzelnen Wagenhälften wie einen Doppelwagen 8 x 16 m zu verfahren. Das besondere am Drehscheibenwagen ist, dass die Scheibe in den Wagen eingesetzt ist und direkt auf dem Bühnenbelag gedreht wird. Alle Antriebe sind als Reibradantrieb ausgeführt und alle Lagerungen der Scheibe sind in die Kasette eingelassen, auf den Außendurchmesser der Scheibe wirkend. Die maximale Drehgeschwindigkeit beträgt 1 m pro sec am Umfang der Drehscheibe. Mit einer verteilten Last ist sie bis zu 3 Tonnen belastbar.

**Die Steuerungsoberfläche des Bühnenwagensystems am Bildschirm**

