

# ANFORDERUNGEN AN MODERNE BÜHNENSTEUERUNGEN

## Das Beispiel der neuen Steuerungsanlage für die Obermaschinerie im Nationaltheater München

Die Anforderungen der Theatermacher an die Bühnenmaschinerie haben sich in den vergangenen Jahren verfeinert und sind aufgrund der Erkenntnisse über die Vergänglichkeit der Hard- und Software gestiegen. Die Kunst bestimmt die Technik! In der Sommerpause 2008 wurden die Sanierungsarbeiten für die Steuerung der Obermaschinerie für die Bayerische Staatsoper im Nationaltheater abgeschlossen. Am Beispiel dieses Projektes erläutern die Autoren die Funktionsweise eines modernen Steuerungssystems.

Im Vorfeld der Sanierung wurde zwischen den Beteiligten über einen effektiven und sicheren Arbeitsablauf beim Betrieb der Steuerung, die künstlerischen Erfordernisse beim Szenenwechsel, höhere Geschwindigkeiten der Antriebe sowie Neuerungen in Komfort und Sicherheit.

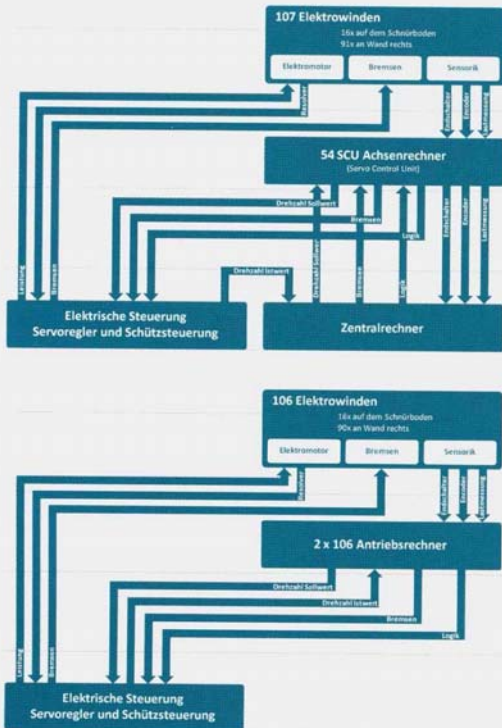
### Die Obermaschinerie

Die Obermaschinerie ist ein wesentlicher Bestandteil der Verwandlungsmaschinerie und eng mit dem Vorstellungsgeschehen verknüpft. Eine große Opern- oder Ballettproduktion ist ohne eine derartige Maschinerie undenkbar. Die 16 Punktzüge sind auf dem Schnürboden (Höhe 25,80 m) angeordnet. Alle anderen Winden (90 Stück) sind an der rechten Bühnenwand über der Steuergalerie (8,40 m) untergebracht. Alle Antriebe werden über eine Rechnersteuerung auf der rechten Galerie (8,40 m) im Bühnenturm gesteuert. Dadurch können mit sehr wenig Personal sehr hohe Lasten in kürzester Zeit bewegt werden. Da der gesamte Proben- und Vorstellungszeitraum darauf abgestimmt ist, muss die Anlage eine sehr hohe Verfügbarkeit aufweisen. Eine Verfügbarkeit, die weit über den Industriestandard hinausgeht. Ein Ausfall würde den gesamten Probenplan der

nächsten Wochen durcheinander bringen, oder sogar den Beginn der Abendvorstellung gefährden. Durch den überregionalen Einzugsbereich und das Mitwirken von international verpflichteten Künstlern können ausfallende Vorstellungen nicht nachgeholt werden.

### Geschichtliches

Die Bayerische Staatsoper München wurde am 21. November 1963 nach dem Wiederaufbau wiedereröffnet. Sie ist mit einer Bühnenanlage ausgestattet, die aus einer Hauptbühne, einer linken Seitenbühne und einer Hinterbühne besteht. Die Hauptbühne hat eine Grundfläche von ca. 823 m<sup>2</sup> bei einer Breite von 30,5 m und einer Tiefe von 27 m. Die linke Seitenbühne verbindet in der Tiefe den Bereich neben der Hauptbühne mit dem der Hinterbühne. Sie hat eine Grundfläche von ca. 990 m<sup>2</sup> bei einer Breite von 22 m und einer Tiefe von 45 m. Die Steuerung der Obermaschinerie wurde 1989 im Zuge einer Generalsanierung der Bühnenmaschinerie erneuert. Von 1992 bis 1993 wurde die Obermaschinerie von hydraulischen auf elektrische Antriebe umgestellt. Im Zuge dieser Maßnahme wurde die Steuerung beibehalten, aber modifiziert.



oben: Elektrosteuerung seit 1995  
unten: Die neue Computersteuerung von 2008

Viele Komponenten aus der ursprünglichen elektro-hydraulischen Steuerung blieben in Betrieb und wurden lediglich an die neuen Antriebssteuerungen angepasst. Die Umrüstung auf eine zeitgemäße Steuerung nach fast 20 Jahren Hard- und Softwareentwicklung und insbesondere das Bereinigen der Verkabelung konnte in einer 6-wöchigen Spielpause nicht realisiert werden. Vom Technischen Direktor, Herrn Wrobel, und dem Betriebsingenieur, Herrn Kauffeld wurde deshalb im Sommer 2005 eine verlängerte spielfreie Zeit für die dringend notwendige Sanierungsmaßnahme eingeplant.

## Anforderungen an die neue Steuerungsanlage

Die Hauptziele der Sanierung wurden wie folgt definiert:

- Verbesserung der Sicherheit, der Verfügbarkeit der Anlage und den Arbeitsbedingungen auf der Arbeitsgalerie.
- Vereinfachung des Aufbaus. Geringerer Komplexitätsgrad.
- Geringerer Unterhaltungsaufwand.

Folgende Anlagenteile sollten wieder verwendet werden:

- Windenmechanik inkl. Motor, Getriebe und Bremsen.
- die Not- und Betriebsendschalter (Nocken).
- Antriebselektrik inkl. der vorhandenen Umrichter, Versorgungsmodule, Schütze und Relais.

Mit der technischen Direktion und dem Staatlichen Hochbauamt wurden die Anforderungen an die neue Steuerung festgelegt.

### Bedienebene

- Die vorhandenen Bedienpulte auf der Maschinengalerie +8,40 m, bestehend aus einem Meisterpult und drei auf Schienen verschiebbaren Mobilpulten, werden ausgetauscht.
- Zwei Funkbedienpulte für Akku-/Netzbetrieb mit zwei Steckstellen sind vorzusehen.
- Das Versetzen der Punktzüge im Schnürbodenbereich soll über die Funkpulte ermöglicht werden. Es muss dann möglich sein, vom Schnürboden aus mit den Punktzügen Probefahrten, auch in Gruppen, durchzuführen.
- Ein Notastaster je Pult.
- Die Steuerflasche für den Not-/Testbetrieb erhält Tasten für das Öffnen jeweils einer Bremse und zur Überbrückung der Betriebsschalter und Tasten für eine Fahrt mit geringer einstellbaren Geschwindigkeit für „Auf“ und „Ab“. Damit können auf einfache Weise Wartungsarbeiten und die Prüfungsarbeiten des Sachverständigen unterstützt werden. Die Steuerflasche wird direkt am Antriebsklemmkasten angesteckt.

### Rechnerebene

- Die alten Rechner (AK5) sind durch neue redundante Rechner (SIL3 – DIN EN 61508) für 106 Achsen zu ersetzen. Das System muss absolut redundant ausgeführt werden.

- Die Verbindungen zur Bedienebene sollen aus zwei unabhängigen Ethernetverbindungen bestehen. Bei einer Störung müssen sich die Zentralrechner innerhalb von 15 Sekunden unter Beibehaltung sämtlicher angewählter Fahrten und sonstiger Parameter umschalten lassen.
- Die analogen Sollwerte vom Rechner 1 bzw. 2 werden über eine Schaltmatrix auf den analogen Eingang des Servoverstärkers geschaltet.
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung

### Software und Schulung

- Die Benutzeroberfläche muss mit allen Masken und Funktionen wiederhergestellt werden.
- Alle Fehlermeldungen von den Zentralrechnern müssen in Klartext in der Bedienebene angezeigt werden.
- Für die Schulung der Bedienmannschaft ist ein Modellpult für eine Vorabschulung und eine Zeitspanne von einer Woche vor der Spielzeit vorzusehen, in der auch die Vorstellungen in das neue System integriert werden müssen.
- Zur automatischen Integration der Vorstellungen einschließlich Dekorationsverwaltung, Hängeplan und Fahrwerten, muss ein Umsetzungs-Programm vorliegen.
- Vor Beginn der Baumaßnahme muss für Schulungszwecke dem Nutzer eine voll funktionsfähige Bediensoftware als Simulationsprogramm auf einem der späteren Bedienebene entsprechenden PC zur Verfügung gestellt werden.

### Winden und Sensorik

- Geschwindigkeitserhöhung für 8 Achsen von 1,20 m/s auf 1,80 m/s.
- Die Lastmessverstärker müssen ersetzt werden, die Lastmessenrichtungen (Dehnmessstreifen) können beibehalten werden.
- Die elektromagnetischen Kupplungen zum Abkuppeln der Encoder beim Verziehen der Punktzüge werden ebenso wie die Encoder ersetzt.
- Die vorhandenen Absolutwertgeber (Encoder) werden ausgetauscht. Für das Verziehen der Seile wird eine Endlagenüberwachung mit Anzeige auf den neuen Fahrpulten eingebaut.
- Die Bremsen werden mit einer Stromüberwachung – für jede Bremse einzeln – ausgeführt.

Zeichnung: Walter Kotke Bühnenplanung GmbH

## Struktur des neuen Steuerungssystems

### Das Zentrale Rechnersystem

Das Herzstück des Steuerungssystems ist das Zentrale-Rechner-System (ZRS), welches auf Bedienungsgalerie (Höhe +8,40 m) angeordnet ist. Das ZRS ist redundant aufgebaut und untergliedert sich in 16 Clustern mit je zwei Vermittlungsrechnern und 2 x 7 Achsrechnern für 7 Antriebe. Insgesamt sind  $2 \times 106 = 212$  Achsrechner vorhanden. Zwei Achsrechner versorgen über eine Schaltmatrix einen Antrieb mit seiner Leistungselektronik (Servomodul) und den Steuerrelais mit den Signalen: Hauptschutz EIN, Drehzollsollwert, Bremse 1 und 2.

Eingangsseitig werden in beiden Achsrechner gleichzeitig die Signale der Windsensorik mit Not- und Überwachungs-Endschaltern, analoge Lastmessung, Drehzahl-Istwert, Encoder und Inkrementalgeber eingelesen.

Über die beiden im Cluster angeordneten Vermittlungsrechner kommunizieren die beiden Achsrechner eines Antriebes getrennt via Ethernet mit den Rechnern der Bedienebene und dem redundant aufgebautem Server.

In den beiden Servern werden die aktuellen Meldungen und Befehle getrennt protokolliert, sodass z. B. eine Störung zeitgenau verfolgt werden kann. Alle Betriebsdaten, wie Belastung, Einsatzzeiten, Auslösen von Grenzwerten, können für die Wartung und vorbeugende Instandsetzung genutzt werden. Diese Daten stehen via ISDN auch dem Hersteller und der Wartungsfirma für Kontroll- und Unterstützungsfunktionen der Maschinen-Abteilung der Oper zur Verfügung.

### Die Bedienpulte

Die Pulte der Bedienebene verfügen über Hubbefehlsgeber, Touch-Monitore, Funktionstastatur, Trackball, Computertastatur und einem Transponder für den Zugang von verschiedenen Benutzergruppen. Diese Elemente sind mit einem Bedienrechner (PC) verbunden, der getrennt über Ethernet-Hubs mit den beiden Vermittlungsrechnern in den Clustern zu den Achsrechnern (Statusdaten) und den Servern (Vorstellungsdaten) kommuniziert. Alle Bedienpulte (Meisterpult, Mobilpulte und Funkpult) sind gleichberechtigt und kommunizieren unabhängig voneinander mit der sicherheitsrelevanten Rechnebene. Die Anwahl der Antriebe erfolgt entweder über die hinterleuchtete Funktions-

## PROJEKTBETEILIGTE

### Bauherr

Staatliches Hochbauamt München

### Nutzer

Bayerische Staatsoper München

### Planer

Bühnenplanung Walter Kottke Ingenieure GmbH Bayreuth

### Hersteller und Wartungsfirma

TETA Automation GmbH Kamp-Lintfort



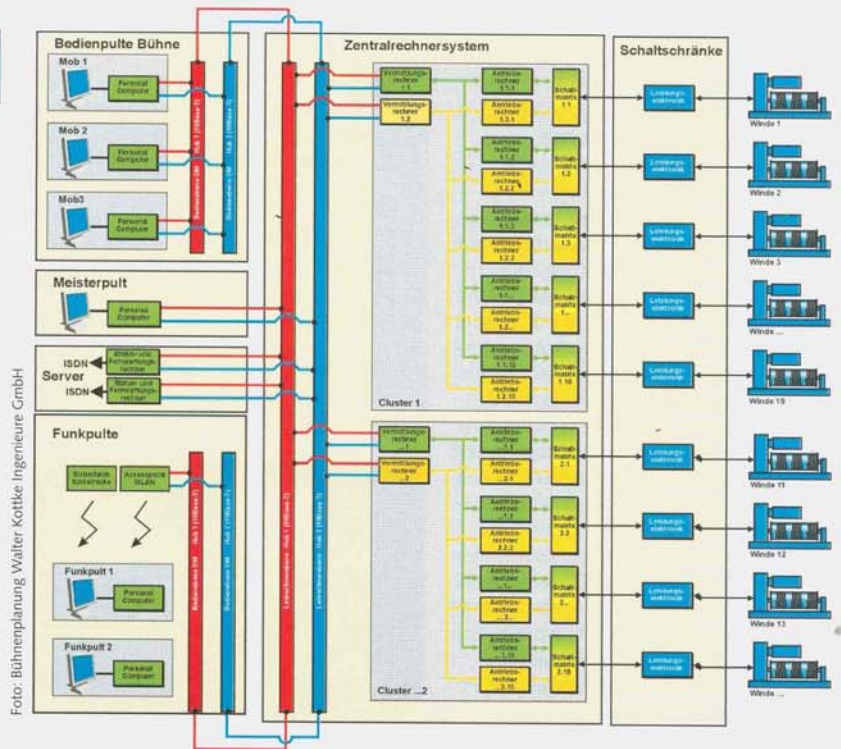
Fotos: BWKI

oben: Hauptpult, fest montiert, mit 19' Bildschirm und seitlichem Blick auf die Bühne  
Mitte: Blick auf die Galerieebene mit den mobilen Steuerpulten  
unten: Mobiles Steuerpult, seitlich verschiebbar

## REQUIREMENTS FOR MODERN STAGE CONTROL SYSTEMS

### THE NEW COMPUTER CONTROL SYSTEM AT THE NATIONAL THEATRE MUNICH

The requirements of the users to the functions of stage machinery have become more precise during the last years, and new experience with the limited working life of hard- and software led to new challenges. Art determines technology! In the summer pause 2008, the works for the installation of a new control system for the upper machinery of the Bavarian National Opera in Munich were completed. The example of this project shows how computers have changed the control systems and which parameters determine the new systems. The electric drives that had been renewed in 1989, in 1993 followed a change from electric to hydraulic drives. The control system was modified but largely kept, After 20 years of use and in consideration of the essential developments in computer software, a new control system for the upper machinery was installed. The project engineer explains the structure of the system. The improvement of the safety conditions according to the SIL, the simplification of the structure and easy maintenance were of high importance. The installation of a redundant control makes the system reliable, because total failures cannot happen. The central computer is placed on the first gallery, from there, mobile and distant control desks make the operation easy.



Struktur des neuen Steuerungssystems.  
Der redundante Aufbau erhöht die Zuverlässigkeit im Betrieb

tastatur oder über die in der Bildschirmfläche topografisch angeordnete Touch-Screen-Anwahltastatur. Die Funktionstastatur dient auch zur Auswahl von Systemfunktionen und Informationen. Der Ausfall eines Pultes, eines Ethernet-Netzes, Hubs, Vermittlungsrechner oder eines Achsrechners führt nicht zum Totalausfall eines Antriebes. An den Bedienpulten können unabhängig voneinander verschiedene Vorstellungen aufgerufen und bearbeitet werden.

### Die Klassifizierung von Steuerungen – Ausblicke

Während die AK5 nach DIN 19250 auf nationaler Ebene lediglich die Anforderung an die Anlagensicherheit klassifiziert und erst in Verbindung mit der DIN-VDE-0801 konkrete Vorgaben an die Struktur der elektronischen Steuerung definiert werden, folgt die SIL3 (Safety Integrity Level) gemäß der europäischen internationalen Norm DIN EN 61508 einem wesentlich umfassenderen Konzept. Ausgehend von der Definition eines Sicherheitslebenszyklusses werden sowohl die Einsatzumgebung (hier das Theater), die

entsprechenden durch den Betrieb des elektronischen Steuerungssystems bedingten Gefährdungen, die Lebensdauer und Ausfallwahrscheinlichkeit der einzelnen sicherheitsrelevanten Bauteile des gesamten Systems betrachtet. Aspekte der Instandhaltung, Wartung, Modifikation und Außerbetriebnahme, die Sicherheit der Softwarefunktionen und die Wirksamkeit von softwarebasierten Selbsttests in komplexen elektronischen Systemen (Mikroprozessoren inklusive) für Maschinen werden ebenso berücksichtigt wie die Struktur und die Ausfallwahrscheinlichkeit der einzelnen Bauteile des elektronischen Systems. Dies bedingt gegenüber der alten Vorgehensweise einen enormen Planungs- und Dokumentationsaufwand, der sich nicht zwangsläufig in einem gegenüber der alten AK5 besseren und sicheren Gesamtsystems widerspiegeln muss. Viele der neuen Anforderungen wurden auch früher bereits aus Gründen der Herstellerhaftung betrachtet.

Da eine Umklassifizierung der alten nach AK5 gebauten Steuerung zwar möglich aber wirtschaftlich nicht sinnvoll war, wurde von der Firma Teta-Automation ausschreibungs-gemäß eine neue Steuerung nach SIL3 entwickelt und neben dem Badischen Staatstheater

Karlsruhe erstmalig im Nationaltheater eingesetzt. Der mehrere Ordner füllende Dokumentationsaufwand führt dazu, dass wir heute langlebige und sichere Steuerungen mit einer hohen Qualität und Anpassungsfähigkeit besitzen, um eine Vielzahl von Aufgaben, ob in der Ober- oder Untermaschinerie, oder gemeinsam, erfüllen zu können. So lassen sich nachträgliche Anpassungen der Software z.B. für Geschwindigkeitserhöhungen, Belastungen oder zusätzliche Überwachungsschalter für den Ermächtigten Sachverständigen nachvollziehen. Für viele bestehende Anlagen wird es notwendig sein, in Zukunft über das Risiko und deren Beurteilung, sowie über die neudeutsch zu formulierende „Abwrackprämie“ bzw. Investition nachzudenken. München hat dies rechtzeitig getan.

*Dipl.-Ing. Walter Kottke ist Geschäftsführer von Bühnenplanung Walter Kottke Ingenieure GmbH, BWKI, [www.bwki.de](http://www.bwki.de) Das international tätige Büro ist spezialisiert auf die Planung von Studio- und Veranstaltungstechnik bei der Sanierung und dem Neubau von Veranstaltungsstätten, Theatern, Kongresszentren und Konzertsälen.*