

# Elektrische Anlagen im Zürcher Hauptbahnhof

Autor(en): **Bürgin, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **110 (1992)**

Heft 21

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77919>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Elektrische Anlagen im Zürcher Hauptbahnhof

## Energieversorgung

Die elektrische Energieversorgung des HB Zürich erfolgt aus einem Mittelspannungsnetz 11kV 50Hz. Dabei stellt

VON JÜRIG BÜRGIN, ZÜRICH

der Hauptbahnhof Teil eines SBB-eigenen Netzes dar. Energielieferndes Werk ist das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich.

## Mittelspannungsnetz 11kV 50Hz

Als losgelöste Aufgabe galt es, das bestehende Versorgungsnetz in seiner Konzeption zu überarbeiten, technisch und leistungsmässig den erhöhten Anforderungen anzupassen. Flächenmässig deckt das SBB-Mittelspannungsnetz die gesamte Versorgung des HB Zürich, des Vorbahnhofes mit den verschiedenen Gleisfeldern, der Depotanlagen und der Hauptwerkstätte ab. Das ergibt die Zahl von 14 Trafostationen.

Aufgrund der Erhöhung der Spannungsebene von 11kV auf 22kV und der Anhebung der Kurzschlussleistung von 500MVA auf 750MVA auf der Seite des EW Zürich wurden alle Trafostationen mit umschaltbaren Transformatoren ausgerüstet und das alte Parallelnetz in ein Doppel-Ringnetz umgebaut. Ölarme Schalter (Typ SEAG HPTw 306F), umschaltbare Trafos (Typ ABB, ölgefüllt) und Primär-Netzschutz (Typ SEAG MUT 1) bilden die heutige Standardkonfiguration.

Gleichzeitig mit dem Umbau der Trafostationen erfolgte die Auswechslung der Kabelverbindungen. Mit der Eröffnung der letzten Ladenausbaustufe im Hauptbahnhof sind die Arbeiten vorläufig abgeschlossen und nur noch zwei provisorische Kabelverbindungen in Betrieb.

Mit einer installierten Leistung von 23MVA und zwei EW-Einspeisungen von unabhängigen Unterwerken in je ein Ringnetz wurde eine Verfügbarkeit erreicht, die den gestellten Bedürfnissen entspricht.

Allein für den HB Zürich wurden drei Trafostationen neu und zwei umgebaut. Die installierte Leistung beträgt 13 MVA. Jede Trafostation versorgt eine eigene Energiezone, die sich objektmässig an den verschiedenen Bauwerken im Hauptbahnhof orientiert.

## Niederspannungsnetz 400/230V 50Hz

Jeder Energiezone gehören eine Hauptverteilung und eine bestimmte Anzahl Unterverteilungen an. Der Aufbau der Verteilungen ist prinzipiell gleich und vereinfacht so den Unterhalt und speziell die Störungssuche und -behebung wesentlich.

Grundausrüstung einer Hauptverteilung sind die Trafosekundärschalter, die Notstromeinspeisung, eine Sammelschiene mit Längstrennung und zwei Feldschaltern. Die Verbraucherabgänge sind mit konventionellen NHS-Elementen sowie für kleinere Verbraucher mit Schraubelementen ausgerüstet.

Die Einspeisungen erfolgen ab der zugeordneten Trafostation mit Kabelleitungen im Doppelboden. Im Normalzustand ist die Längstrennung offen; jeder Trafo arbeitet im Inselbetrieb. Im Störfall oder bei Revisionen im Bereiche der Transformatoren wird diese Trennung geschlossen und der Betrieb damit aufrechterhalten. Als Schaltertypen kommen ABB-SaceSchalter vom Typ G3 zum Einsatz.

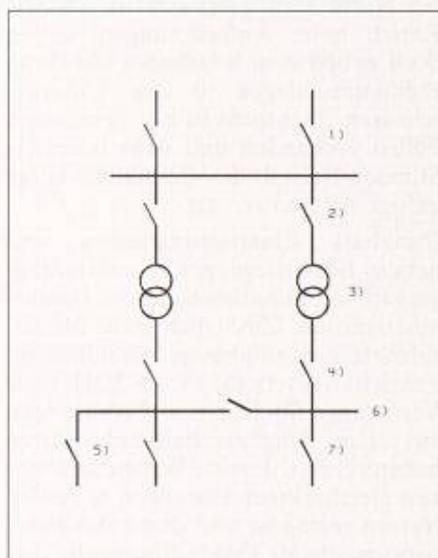
Einstellbare magnetische Kurzschlussstromauslöser sorgen für die selektive Abschaltung des elektrischen Verteilsystems. Angebaute Hilfskontakte ermöglichen die potentialfreie Zustandsübermittlung an das Leitsystem. Ebenfalls in jeder Hauptverteilung ist eine Blindstromkompensation angeordnet. Alle Verbraucher werden zentral kompensiert. In den Unterverteilungen besteht die Normausrüstung aus Eingangsschalter und zwei Sammelschienensystemen, die über einen Lastabwurfschutz verbunden sind. Jeder Unterverteilung angegliedert ist ein dezentraler Wechselrichter, der die

unterbrochslose Fluchtwegbeleuchtung sicherstellt.

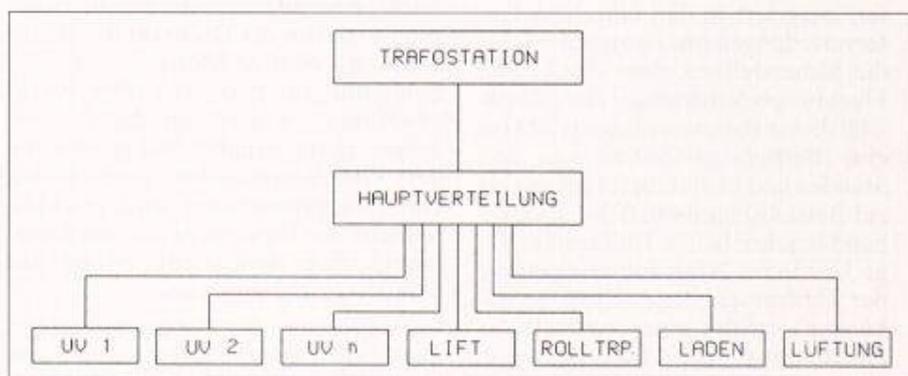
Das Kabelnetz zwischen den Haupt- und Unterverteilungen ist sternförmig aufgebaut und wurde, wo Notstromenergie zur Verfügung steht, mit Radox Kabel Typ FR 600 realisiert.

Nebst den Unterverteilungen als Versorgungseinheiten der Energiezonen werden auch grössere Einzelanschlüsse für Aufzüge, Rolltreppen, Lüftungsanlagen usw. direkt aus den jeweiligen Hauptverteilungen angespiesen. Ebenso sind die Läden in der Hauptverteilung abgesichert, da sich dort auch die Zähler für die Energieverrechnung befinden.

Die aufgezeigte Konfiguration hat sich bis heute bestens bewährt und vor allem während des Bauzustandes, dank der Flexibilität in den Schaltungen, die hohe Verfügbarkeit aufgezeigt (Schema 1 und 2).



Schema 1. Aufbau der Trafostation mit Hauptverteilung. 1) Ringschalter, 2) Trafo-Primärschalter, 3) 11/22kV-Ölrafo umschaltbar, 4) Trafo-Sekundärschalter, 5) Notstromeinspeisung, 6) SS mit Längstrennung, 7) Feldschalter



Schema 2. Prinzipieller Aufbau einer Energiezone

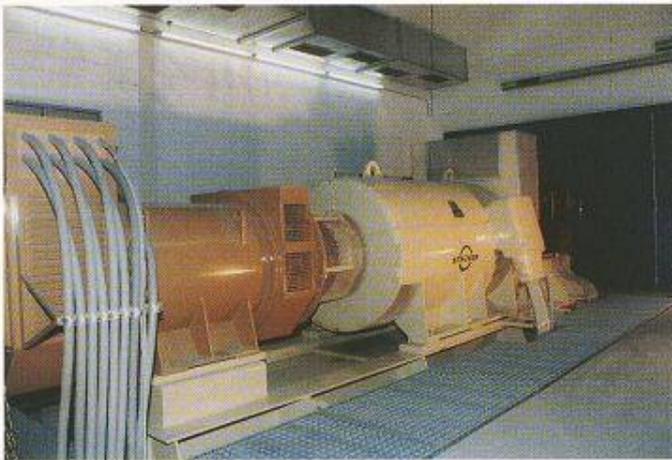


Bild 1. Rotierender Frequenzumformer 500 kVA

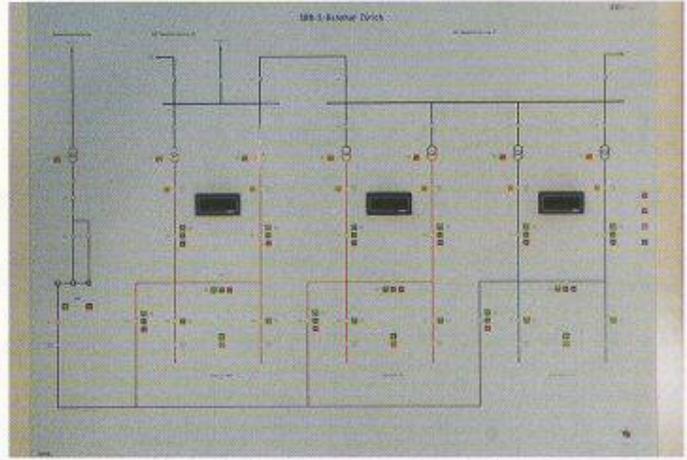


Bild 2. Das Blindschaltbild in Mosaiktechnik

## Notstromversorgung

Der Schutz menschlichen Lebens und materieller Güter im Falle von Störungen der öffentlichen Energieversorgung verlangt nach Ersatz- oder Notstromversorgungen. Das sichere Erreichen der Ausgänge sowohl bei Tag als auch bei Nacht stellt insbesondere im HB Zürich hohe Anforderungen, liegen doch neben dem S-Bahnhof sämtliche Publikumsanlagen in den Untergeschossen. Tageslicht ist nur in wenigen Fällen vorhanden und stellt beim 21-Stunden-Betrieb des Bahnhofes keine gültige Alternative dar.

Denkbare Ersatzstromquellen sind neben Batterieanlagen Generatoraggregate mit Dieselmotor- oder Gasturbinenantrieb. Zusätzlich steht als Ersatznetz das einphasige, unabhängige Fahrleitungsnetz (15kV, 16 2/3Hz) zur Verfügung. Studien und Erfahrungen aus dem Flughafenbahnhof Kloten haben gezeigt, dass die Wahrscheinlichkeit gleichzeitiger Störungen in beiden Netzen gering ist und damit das Fahrleitungsnetz als Ersatzstromquelle dienen kann.

Der Entscheid zugunsten einer Frequenzumformeranlage hat die Konfiguration der folgenden Notstromversorgung ergeben:

- Dezentral angeordnete Wechselrichter, integriert in den einzelnen Unterverteilungen pro Energiezone, für die Sicherstellung einer Panik- und Fluchtwegbeleuchtung. Die Kapazität dieser Batterieanlagen reicht für eine Betriebsbereitschaft von drei Stunden und ist als Überbrückung bis zur Betriebsbereitschaft der nachstehend beschriebenen Umformeranlage bestimmt. Nach Inbetriebnahme der Umformeranlage (Etwa 30 Sekunden) erfolgt eine automatische Abschaltung der Batterieanlage, ebenso bei einem allfälligen Langzeitbetrieb nach etwa drei Stunden

zur Verhinderung einer völligen Entladung der Batterieanlagen.

- Frequenz-Umformeranlage, gespeist aus dem Fahrleitungsnetz mit einer Leistung von 500 kVA für die Versorgung von
  - Evakuierung der Aufzüge
  - Evakuierung der Gepäckförderanlage
  - diverse Pumpstationen für die Entwässerung
  - 10-30% der Beleuchtungsanlagen
  - individuelle Freigaben für Lüftung, Förderanlagen usw.

Die Umformeranlage besteht aus einem Gleichstrommotor, einem Wechselstrom-Synchronmotor, einem Drehstrom-Synchron-Generator und einem Steuerschrank.

Im Endausbau sind drei Umformeranlagen im Hauptbahnhof installiert, die aber grundsätzlich nur im Inselbetrieb arbeiten.

## Funktion

Bei Netzausfall (50Hz) erfolgt ein automatischer Anlauf des Umformers, d.h. der Wechselstrom-Synchron-Motor wird mit Hilfe des Gleichstrommotors auf Touren gebracht. Der Gleichstrommotor arbeitet als Anwurfmotor und wird aus dem Fahrleitungsnetz gespeist. Nach dem Hochfahren des Umformers erfolgt eine automatische Synchronisierung zwischen der Drehzahl des Wechselstrom-Synchron-Motors und der Fahrleitungsnetzfrequenz. Der Wechselstrommotor wird auf das Fahrleitungsnetz zugeschaltet und gleichzeitig der Gleichstrommotor abgeschaltet. Der Generatorschalter wird geschlossen und die Versorgung der notstromberechtigten Anlagenteile erfolgt aus dem Drehstromgenerator.

Die Verteilung der Notenergie erfolgt nach einem Spannungsunterbruch von etwa 30 Sekunden über das für den Normalbetrieb ausgelegte Niederspan-

nungs-Kabelnetz zu den Unterverteilungen. Die nicht notstromberechtigten Energieverbraucher werden in diesen Unterverteilungen mittels Lastabwurf-schutz von der Energieversorgung abgetrennt.

## Einspeisung aus dem Fahrleitungsnetz

In der Schaltstation 16 2/3Hz für die Fahrleitungen ist ein Schalter als Hauptschalter für die Notstromversorgung installiert. Die Energie aus dem Fahrleitungsnetz wird nach diesem Schalter über einen Transformator von 15 000-440/220V, mit geerdeter Mittelanzapfung dem Frequenz-Umformer zugeführt. Der Leistungsschalter zwischen Transformator und Umformer sorgt für einen Schutz der Anlage bei Überlast und Kurzschluss.

## Steuerung

Das Versorgungsnetz für Normal- und Notbetrieb wird zentral durch eine Steuereinheit überwacht und teilweise gesteuert:

- Bei Ausfall eines Transformators pro Station erfolgt lediglich eine Störungsmeldung.
- Fällt jedoch mindestens eine Station ganz aus, wird durch die zentrale Steuereinheit die Umformeranlage automatisch in Betrieb gesetzt und die notwendigen Netzumschaltungen bis zum Lastabwurf in den Unterverteilungen in die Wege geleitet.
- Die Steuerspannungen für die Umformeranlage und das Netzkommando werden aus zwei getrennten, unabhängigen Batterieanlagen mit folgenden Betriebsspannungen entnommen:
  - Umformeranlage 24 Volt
  - Netzkommando 48 Volt (Bilder 1 und 2)

## Leitsystem

Die Verknüpfungen zur Ausführung von Schalthandlungen insbesondere bei Evakuierungen im Störfall sind vielfältig und haben eine hohe Komplexität. Der Einsatz von Leitsystemen hat sich aufgedrängt.

Ziel war es, neben den primären Aufgaben für den Störfall und Revisionsarbeiten auch Informationen über Zustände in der elektrischen Energieversorgung bereitzustellen, damit ein übergeordnetes, bahnhofübergreifendes Leitsystem diese Meldungen an Leitorgane weitergeben kann.

Die gewählte Auslegung besteht aus Masterstationen, die deckungsgleich mit den Energiezonen angeordnet sind. In den Unterverteilungen sind abgesetzte Peripherieelemente ohne eigene Intelligenz eingesetzt. Für Testzwecke oder bei Ausfall des Leitsystems können alle Steuerfunktionen vor Ort ausgeführt werden. Ebenso wurden Sicherheiten eingebaut, damit ein Systemausfall nicht zu unkontrollierten Schalthandlungen führt. Über Buskabel wird die Kommunikation sichergestellt.

Die Masterstationen sind autonom mit einer USV-Anlage gepuffert, während die Unterstationen bei Netzausfall stromlos werden und auf das hardwareseitige Sicherheitsniveau abfallen. Sobald die Notenergie wieder zur Verfügung steht, arbeiten die Unterstationen wieder normal. In den Hauptverteilungen stehen ebenso gepufferte SPS im Einsatz, die den Einsatz des Frequenzumformers und die nötigen Schaltungen in der Verteilung selbst koordinieren.

Als Visualisierung kommt ein Blindschaltbild in Mosaiktechnik zum Einsatz. Alle Schalterzustände sowie die aktuelle Versorgungslage werden signalisiert. Zusätzlich melden Klartextanzeigen die chronologische Abfolge der Handlungen. Über dieses Blindschaltbild können in einer Teststellung aber auch Netzzustände generiert werden, wie sie für Unterhaltszwecke nötig sind. Erfolgt während eines Testbetriebes z.B. der Umformeranlage ein Netzausfall, wird die Handsteuerung inaktiv und die maximal mögliche Verfügbarkeit aller Anlagen hergestellt.

Zusätzliche Aufgabe der SPS in der Hauptverteilung ist es auch, bei einem Netzausfall mittels Verbraucher-Staffelung stets an der Leistungsgrenze des Umformers zu arbeiten. Die Evakuierung der Aufzüge (Personen- und Gepäcklifte) sowie die Aufrechterhaltung der Pumpstationen zur Entwässerung haben dabei oberste Priorität. Grundsätzlich bleibt ein Personenlift



Bild 3. Masterstation Simatic U 155

betriebsbereit, damit auch Behinderte sicher die Ausgänge erreichen. Erst in zweiter Priorität wird das Beleuchtungsniveau auf rund 30% des Normalzustandes erhöht, da ja die dezentralen Panikeinheiten eine autonome Fluchtwegbeleuchtung ermöglichen (Bilder 3 und 4).

## Beleuchtung

Die Aufgabenstellung an die Beleuchtung im Hauptbahnhof war vielfältig. Es wurde daher das lichttechnische Ingenieurbüro Christian Bartenbach, Innsbruck, zur Beratung und Detailprojektierung beigezogen. Das Bauwerk selbst weist extrem unterschiedliche Etagenhöhen auf.

### Halle Landesmuseum

Für den Bereich der Halle Landesmuseum galt es eine Leuchte zu entwickeln, die den Boden hell und übersichtlich, die hohe Decke aber zurückweichend erscheinen lässt. Zusätzlich sollten durch unterschiedliche Beleuchtungsstärken die Ab- und Aufgänge akzentuiert werden. Die Anordnung der Beleuchtungskörper hatte auf dem Niveau der Ladendecken-Abschlüsse zu erfolgen. Blendungsfreiheit sowie Unterhaltsfreundlichkeit waren weitere Kriterien. Das permanente Problem des Bremsstaubes musste zu einer dichten Leuchte führen, ohne dass dabei besondere Wärmeprobleme entstehen durften.

Studien und Modellversuche gaben letztlich einer Punktlichtquelle den Vorzug. Es wurden durch die Firma Regent AG, Basel, Pendelleuchten ent-

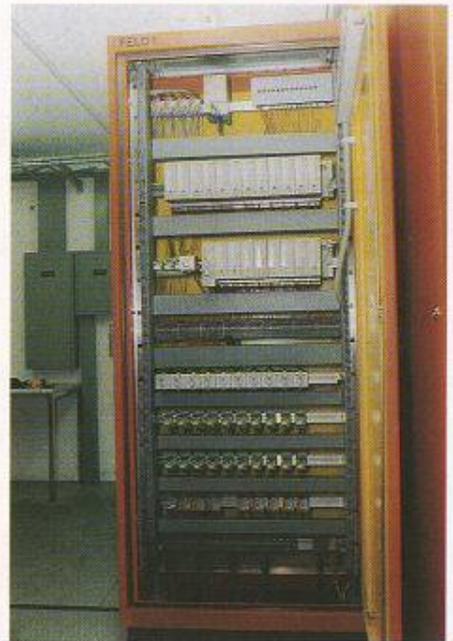


Bild 4. Unterverteilung mit Simatic ET 100

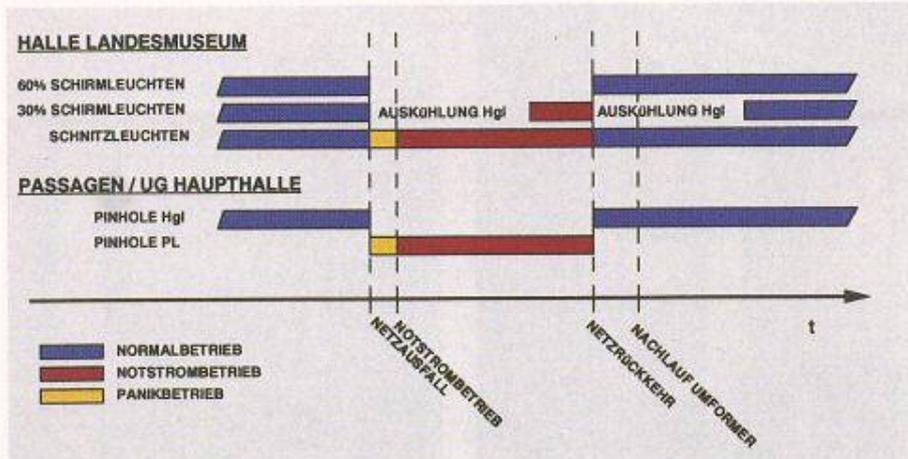
wickelt, die in Spiegeltechnik-Ausführung und Indirekt-Ausstrahlung alle geforderten Kriterien abdeckte. Lichtquellen sind Halogen-Metallampfen mit 150W Leistung. Alle Leuchten sind steckbar. Für die Auf- und Abgänge wurden 250W-Lampen eingesetzt. Die Erschliessung an der Decke erfolgt aus einem Kabelkanalsystem. Schaltungstechnisch kann zwischen 100%, 60% und 30% des Beleuchtungsniveaus gewählt werden. Die mittleren Beleuchtungsstärken liegen allgemein bei etwa 250 lx, während bei den Auf- und Abgängen rund 450 lx erreicht werden.

Aufgrund der Tatsache, dass die Notstromversorgung nicht unterbruchsfrei erfolgt und ein Neustarten der Halogen-Metallampfen erst nach einer Abkühlzeit erfolgen kann, musste zusätzlich eine Fluchtwegbeleuchtung integriert werden. Als technische Lösung und gleichzeitig architektonisches Gestaltungsmittel wurden Wandleuchten aus Chromstahl mit Fluoreszenzlampen 15W installiert. Die Anordnung erfolgte mittig über den Ladenzellen (Bild 5).

### Passagen und Untergeschosse Haupthalle

Im Bereich der Passagen sowie in den Untergeschossen der Haupthalle lag die Problematik in der geringen Raumhöhe. Hauptschwierigkeit war die Vandalensicherheit, können doch sämtliche Leuchten mehr oder weniger problemlos von Hand erreicht werden.

Die Decke wird durch ein Kassettensystem der Ladenzellaufteilung angepasst. In den Kassetten liegen verspiegelte Flächen, um den Raum optisch zu erhöhen. Die Beleuchtung musste sich dieser Systematik unterwerfen. Durch



Schema 3. Zeitlicher Zusammenhang der Beleuchtungssteuerung bei Netzausfall



Bild 5. Halle Landesmuseum mit Pendelleuchten und Fluchtwegbeleuchtung über den Ladenfronten



Bild 6. Passage Löwenstrasse mit Pinhole-Spiegelleuchten

die Firma Regent AG, Basel, wurden Pinhole-Spiegelleuchten entwickelt, die aufgrund ihrer Modularität an die verschiedenen Deckenunterbauten angepasst werden können. Über 15 verschiedene Versionen von Aufbau-, Halbeinbau- und Einbauleuchten derselben Typenreihe stehen im Einsatz. Als Hauptlichtquelle sind Halogen-Metaldampflampen 70W NDL installiert.

Die Problematik der Fluchtwegbeleuchtung stellte sich hier erneut. Abgewandelte Versionen der gleichen Typenreihe wurden mit PL-Leuchten ausgerüstet und in den Deckenunterzügen eingelassen. Insgesamt über 1100 Einheiten der Leuchte in den unterschiedlichen Bauformen sind letztlich installiert worden.

Schaltungstechnisch kann auch hier zwischen 100%, 60% und 30% der Anzahl Beleuchtungskörper gewählt werden. Als mittlere Beleuchtungsstärken wurden Werte zwischen 350 und 450 lx in den Passagen und zwischen 300 und 400 lx in den zwei Untergeschossen der Haupthalle gemessen (Bild 6).

### Haupthalle EG

Noch nicht abgeschlossen ist die Detailprojektierung für die grosse Haupthalle. Auch hier gilt es, allen Anforderungen an die Lichtquellen, Unterhalt und Betriebskosten, Lichtverteilung und Installation gerecht zu werden.

Ziel ist es, neben einer angenehmen Beleuchtung, immer auch dunkle Ecken zu vermeiden und allen Bahnkunden die nötige Sicherheit zu vermitteln. Anfang 1993 wird der westliche Teil der Wannerschen Halle und 1997 nach dem Abbruch der letzten Provisorien auch der östliche Teil mit der Beleuchtung von Christian Bartenbach aus Innsbruck ausgestattet (Bild 7 und Schema 3).

### Das modulare Ladenkonzept

Die Architektur bezüglich der Ladenausbauten hat die Möglichkeit geschaffen, einzelne oder mehrere Ladenzellen als selbständige Einheiten in einer Art Baukastensystem zu vermieten. Zum Zeitpunkt der Detailplanung war weder die Anzahl Mieter noch die Einteilung der Ladenzellen bekannt. Da die Läden aber mit einem SBB-seitigen Grundausbau vermietet werden sollten, musste nach Lösungen gesucht werden, um die vielen Unbekannten möglichst universell in der Planung und Ausführung zu berücksichtigen. Erschwerend wirkte sich aus, dass es den Mietern freistand, die angebotenen Grundausrüstungen zu übernehmen oder eigene Ideen zu realisieren.



Die angebotenen Medien sind neben der 400/230V-Einspeisung ein Kabel-TV/Radio-Anschluss und zwei PTT-Amtslinien. Diese Konfiguration ist pro Ladenzelle festgelegt. Zusätzlich sind Sicherheitseinrichtungen wie Brandmeldeanlage und zwei Lautsprecher für Evakuationsdurchsagen der SBB Bestandteil der Grundausbauten.

Im Bereich der Energieversorgung wurden Leerrohre eingelegt, damit jede Parzelle eigenständig versorgt werden kann. Ein Verteiltableau mit dem Lastabwurfsschutz, Bedienungselementen für die Beleuchtungssteuerung und steckbaren Leitungsschutzschaltern wurde entwickelt. Dem Umstand des unbekanntenen Ladenausbaus trägt ein für Nichtelektriker grosser vorbereiteter Reserveanteil Rechnung. Die

Deckenerschliessung ist so ausgelegt, dass, ähnlich der Vielfachstecker bei den Lokomotiven, einzelne Zellen zusammengefasst und zu grösseren Einheiten verbunden werden können.

Steuerverbindungen synchronisieren z.B. die Ein- und Ausschaltzeiten der Schaufensterbeleuchtung. Der Problematik des Kabelfernsehanschlusses begegnet eine grundsätzliche Anschlussmöglichkeit in jeder Zelle. Wo Anschlüsse nicht gewünscht sind oder ein Anschluss für mehrere Einheiten genügt, werden die nicht benötigten Dosen plombiert. In der gleichen Art sind die PTT Amtslinien vorbereitet, wobei anstelle der Plombierungen Rangiermöglichkeiten in den Durchschaltverteiltern bestehen.

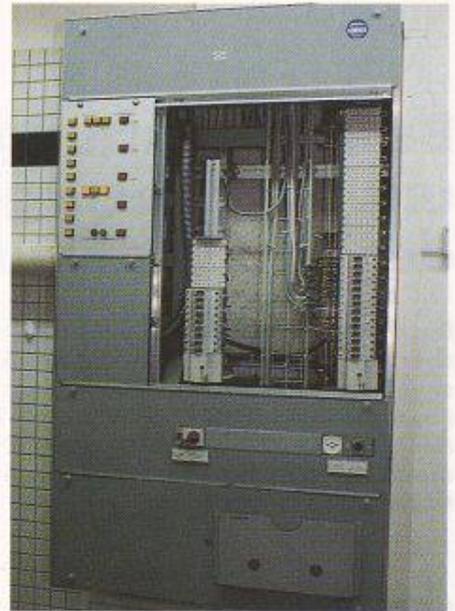


Bild 8. Normverteilung für die Läden

Bild 7. Beleuchtung der Wannersch Hallen (Bild: Beleuchtungsmodell Ch. Bartenbach, Innsbruck)

Für die Musikanlage steht es jedem Mieter frei, die bauseitig eingebauten Lautsprecher für eigene Zwecke zu gebrauchen. Dank einer Prioritätsschaltung in der Lautsprecherinstallation ist es den SBB aber jederzeit möglich, das mieter eigene Programm zu unterbrechen und Meldungen abzusetzen.

Mit den aufgezeigten Massnahmen ist es gelungen, den Erstausbau sicher zu bewältigen. Auch für die Zukunft z.B. bei Mieterwechsel kann dank der Modularität beinahe jede denkbare Zusammensetzung der Ladenzellen realisiert werden (Bild 8).

Adresse des Verfassers: Jürg Bürgin, El. Ing. HTL/Betriebsing. ISZ/SIB, Abteilungsleiter Bahnen, Bakoplan Elektroingenieure AG, Zürich