

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 96 (2005)
Heft: 3

Artikel: Das Flugzeug wird mit Strom versorgt
Autor: Haltiner, Ernst W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857776>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das Flugzeug wird mit Strom versorgt

Stromschienen: Sicherheit und niedrige Verluste

Mit über einem Kilometer Stromschienen wird die Energieversorgung des neuen Docks E mit seinen 27 Gates im Flughafen Zürich gesichert. Ab der Trafostation mit 4×1600 kVA und einem Bemessungsstrom der Stromschienen von 4000 A werden 380 Einspeisepunkte versorgt.

Statt einem «Follow me»-Wagen leitet eine im Rollfeld eingelassene Lichterkette die gelandeten Flugzeuge zum vorbestimmten Andockturm des neuen Docks E des Flughafen Zürichs, vormals auch Midfield-Dock genannt. Eine Anzeigetafel am Dockturm, programmiert nach Flugzeugtypen und angesteuert

Ernst W. Haltiner

durch Sensoren im Rollfeld, gibt dem Piloten genaue Anweisungen zur Parkposition. Wenige Sekunden, nachdem das Flugzeug gestoppt hat, wird es über einen Stecker an der Unterseite des Rumpfes mit Strom versorgt. Die bordseitige Stromversorgung schaltet um, wonach der Pilot alle Triebwerke, auch das Hilfstriebwerk, stoppt.

Über einen Teleskop-Luftschlauch mit einem Durchmesser von 30 cm wird das

Flugzeug mit Frischluft versorgt. Ein zusätzlicher Temperaturfühler, der im Flugzeuginnern angebracht wird, regelt die Temperatur. Die bordseitige Klimaanlage kann stillgelegt werden, das Dock übernimmt die Luftaufbereitung.

Nebst der Energieversorgung der Gebäude muss also auch diejenige der ange-dockten Flugzeuge sichergestellt werden – vom kleinsten bis zum grössten Flugzeugtyp.

Mittelfrequenzumformer statt Emissionen

Während des Fluges wird der notwendige Strom und die klimatisierte Luft durch die Triebwerke sichergestellt. Nach der Landung auf einem Flugplatz liefert ein Hilfstriebwerk die notwendige Energie, allerdings mit einem miserablen Wirkungsgrad von bloss 8 bis 14%, was zudem einen hohem Schadstoffausstoss

(CO₂, NO_x) und störende Lärmmissionen verursacht. Am Flughafen Zürich besteht deshalb ein Betriebsverbot für solche Hilfstriebwerke.

Die Stromversorgung eines Flugzeuges erfolgt über ein Bordnetz mit $3 \times 115/200$ V und 400 Hz. Daher müssen bodenseitig pro Andockstation entsprechende 400-Hz-Umformer zu je 90 kVA Leistung bereitgestellt werden. Der Leistungsbedarf der einzelnen Flugzeugtypen variiert zwischen 90 kVA (A319, MD11) bis 360 kVA (A380-100, B747-500) was durch Zusammenschalten von Umformereinheiten abgedeckt wird. Im Dock E sind für 27 Flugzeugstandplätze 45 Umformer installiert.

Der Flughafen Zürich wird über zwei unabhängige Unterwerke (UW) der Industriellen Betriebe Kloten mit Mittelspannung von 16 kV versorgt. Die fünf Sektoren des Flughafens verfügen über je eine Kopfstation, die über eine Stichleitung ab jedem Unterwerk angehängt sind. Sämtliche 28 Trafostationen mit insgesamt 87 Trafos sind durch einen Ring miteinander verbunden. Die Unterwerke sind zusätzlich mit einer Ausgleichsleitung vernetzt. Niederspannungsseitig sind alle Sammelschienenabschnitte durch Kupplungsschalter verbunden.

Ein Leitsystem ermöglicht den effizienten Betrieb der Anlage, die Datenerfassung, die Betriebsoptimierung, die Störungserkennung und das Monitoring.



Quelle: Ralph Bensberg

Bild 1 Zwischen den Landepisten: Das neue Dock E in Zürich



Quelle: Schneider Electric

Bild 2 Bis zu 27 Flugzeuge können andocken

Jedes Gate bildet eine in sich geschlossene Stromversorgungseinheit mit eigener Steuerung und Intelligenz. Auch die Wärmeerzeugung, Kältemaschine und Rückkühlung bilden eine in sich geschlossene Einheit mit eigener Steuerung und Intelligenz. Die Anlagensteuerungen sind über ein Ethernet-Netzwerk in das Hauptleitungssystem des Flughafens eingebunden.

Der Lebensnerv in der Kurve

Das lang gezogene Dock E wird über einen Werkleitungstunnel erschlossen, der teilweise parallel zur Passagierbahn ab Flughafenhauptgebäude verläuft. Dieses Bahntrasse, und damit auch der Werkstunnel, wird grösstenteils in einer lang gezogenen Kurve geführt. Dies stellte nicht alltägliche Anforderungen an die Werkleitungen, und so auch an die Sammelschienen.



Bild 3 Das Flugzeug wird am Boden mit Strom und Frischluft versorgt

Das Dock E wird ab zwei Trafostationen mit insgesamt vier Trafos zu 1600 kVA ($3 \times 400/230$ V) und über ein Stromschienensystem mit elektrischer Energie versorgt. Bei der Sammelschiene legte der planende Ingenieur Erich Bindschädler von Kradolfer & Partner (Pfäffikon) hohen Wert auf die Betriebssicherheit und eine verlustarme Stromverteilung – damit der Spannungsabfall möglichst niedrig bleibt. Vom Lieferanten des Systems wurde eine hohe Flexibilität für Sonderlösungen verlangt, musste man in den Werkkanälen doch öfters anderen Installationen, wie der Kanalisation, ausweichen. Die teilweise im Radius verlaufenden Wände erforderten besondere Flexibilität.

«Bei den Kosten einer Stromleitung muss man heute vermehrt auf die Kosten der Energieverluste achten», so Erich Bindschädler. Die Qualität eines Sammelschienensystemes hänge insbesondere von der einwandfreien Verbindung zwischen den Bauteilen ab. Besonders praktisch sei es, wenn der Betreiber die

Das Dock E des Flughafens Zürichs

Das Dock E des Flughafens Unique (Zürich), vormals Midfield-Dock genannt, liegt im Dreieck zwischen dem heutigen Terminal 1 und 2 (ehemals A und B). Das neue Dock bietet je nach Flugzeuggrösse 19 bis 27 Standplätze, wobei zwei davon für kommende Grossflugzeuge des Typs A380 (zweistöckig mit über 500 Passagieren) ausgerüstet sind.

Das Dock E ist ein schlichter Bau von 488 Metern Länge. Die Verbindungen zu den bestehenden Flughafenanlagen erfolgt über die Skymetro, die durch einen ungefähr ein Kilometer langen Tunnel fährt. Sie wird an einem Drahtseil geführt und fährt vollautomatisch – ohne Chauffeur.

Die Glasfassade und die grossen Oberlichter lassen das Gebäude nahezu durchsichtig erscheinen. Die hellen, transparenten Innenräume sind untereinander mit Rolltreppen verbunden und in mehrgeschossige, begrünte Höfe gegliedert. Abfliegende Passagiere erreichen ihr Flugzeug über offene Rampen entlang den Glasfassaden, ankommende Reisende gelangen direkt zur Skymetro. Die Gestaltung der Doppelfassaden als Klimapuffer verringert den Energiebedarf. Heizung und Kühlung erfolgen teilweise mittels Geothermie über Energiepfähle. Die Nutzung des Regenwassers und eine grosse Fotovoltaikanlage runden das zukunftsträchtige Energiekonzept ab.

entsprechenden Schraubverbindungen visuell kontrollieren kann.

Strom über die Sammelschiene verteilen

Ein Schienenverteilsystem ersetzt die traditionelle Verkabelung zu Stromverbrauchern. Dies kann eine Beleuchtungsanlage sein oder ein Energieverteiler in einer Werkstatt. Stromschienen werden auch in Schaltanlagen zwischen dem Trafo und den Energieverteilern eingesetzt. Der Schienenverteiler kann zudem als Aufhängevorrichtung für Beleuchtungskörper dienen. Innerhalb der berührungssicheren Konstruktion, normalerweise in Schutzart IP 52, können zwei getrennte Netze in 3- oder 5-poliger Art geführt werden. Zusätzlich wird oft eine Fernsteuerleitung oder ein Bussystem zur Kommunikation mitgeführt.

Nebst den geraden Schienenelementen gibt es oft ein umfassendes Zubehörsortiment wie Einspeise- und Schienenkästen, Befestigungssysteme, Abgangsadapter und vorgefertigte Anschlusselemente. Bedeutsam ist auch die Materialwahl – Kupfer oder Aluminiumleiter – und die Schutzart, normalerweise IP 52 oder, mit zusätzlichen Abdeckungen spritzwassergeschützt, in IP 54.

Besondere Bauelemente für Richtungsänderungen, Reduktionen, Brandabschottungen und Steigleitungen sind für ein universelles Schienenverteilersystem unerlässlich. Lasttrenner, Sicherungstrenner oder Steuergeräte aller Art finden Einbau in entsprechenden Abgangskästen zum jeweiligen Stromverbraucher, zum Beispiel einer Maschine oder einem Antriebsmotor.

Planung einer Sammelschiene

Um eine Sammelschiene zu projektieren, muss die Anzahl und Anordnung der Verbraucher erhoben werden, samt deren



Bild 4 Die Stromschienen führen durch den 1 km langen Tunnel zum Dock E

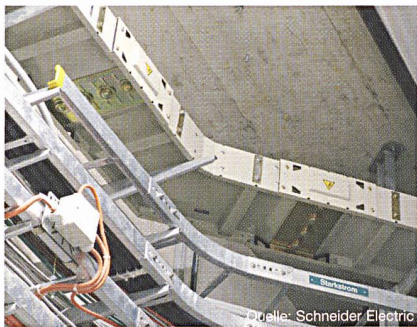


Bild 5 Das Schienensystem muss flexibel sein

technischen Daten und der Anschlussleistung. Der Standort der Energiequelle, die Gebäudestruktur mit den Abmessungen und die Befestigungsmöglichkeiten sind wichtige Informationen. Auch Umwelteinflüsse wie Temperatur, Staub und Feuchtigkeit müssen berücksichtigt werden.

Die Verteilungsachsen werden so gelegt, dass sie im Umkreis von 5 bis 8 Meter die Energieversorgung sichern. Bei der Dimensionierung des Verteilsystems ist der Betriebsstrom, resp. die Stromsumme aller angeschlossenen Geräte, multipliziert mit einem durchschnittlichen Gleichzeitigkeitsfaktor (0,5...1) einzubeziehen.

Die zulässige Strombelastung ergibt sich in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur, die normalerweise mit 35 °C eingesetzt wird. Bei längeren Schienensträngen ist es notwendig, den Spannungsabfall und damit die Verteilverluste zu überprüfen. Je nach Einspeisung und

Technische Daten zum Terminal E

Stromschienensystem «Canalis» (Schneider Electric)

– Anspeisung ab Trafo	1600 kVA (3×400/230 V)
– Systembemessungsstrom am Einspeisepunkt:	2300 A
– Max. Netzkurzschlussstrom:	38500 A
– Max. Spannungsabfall:	3% resp. 12 V
– Bemessungsbetriebsstrom (Baugrösse):	4000 A
– Stossstromfestigkeit:	198 kA
– Kurzzeitstromfestigkeit (1s):	90 kA
– Leitermaterial:	Kupfer (Cu)
– Anzahl parallele Leiter:	2 Stück
– Leiterquerschnitt PE:	3×960+190 mm ²
– Gehäuseabmessungen (Breite/Höhe):	140×324 mm
– Schienengewicht:	90 kg/m
– Gesamtverlustleistung bei Nennlast (2300 A):	ca. 17 kW
– Ableitungen, Einspeisepunkte :	380 Schieneneinspeisungen
– Gesamte Schienenlänge:	ca. 11 km, 290 Abschnitte à 4 m mit ca. 110 t Gewicht

Lastverteilung muss der resultierende Stromverteilungsfaktor (a) in die Berechnung für den Spannungsabfall mit eingesetzt werden, wie beispielsweise [1]:

- Einseitige Einspeisung mit Last am Strangende $a = 1$
- Einseitige Einspeisung mit gleichmässiger Lastabnahme $a = 0,5$
- Beidseitige Einspeisung und gleichmässige Lastabnahme $a = 0,25$

Der Überlastschutz eines Schienenverteilers kann durch Sicherungen, besser jedoch durch einen Leistungsschalter erfolgen. Bei Letzterem kann der Schienenverteiler maximal belastet werden. Bei Sicherungen muss der Bemessungsstrom rechnerisch ermittelt werden. Das elektrodynamische Verhalten der Schienenverteilung muss mit Rücksicht auf den unbeeinflussten Kurzschlussstrom gebührend berücksichtigt werden.

Die Qualität eines Schienensystems und dessen Anbieter kann durchaus auch an der Vollständigkeit der technischen Unterlagen zur Dimensionierung sowohl mechanisch als auch elektrisch beurteilt werden. Dazu gehören Tabellen für Belastbarkeit, Spannungsabfälle, aber auch ein umfassendes Zubehörprogramm für

eine anspruchsvolle Führung innerhalb des Gebäudes, der Kanäle und Versorgungsschächte.

Das Einsatzgebiet von Schienenverteilensystemen ist vielfältig, wie Fabio Massi von Schneider-Telemecanique erzählt. Im neuen Fussballstadion La Praille in Genf wurde die Beleuchtung an Stromschienen aufgehängt und die Leuchten direkt darüber gespiesen. Eine Herausforderung war die runde Form des Stadions. Die Zeitungsdruckmaschine im Druckzentrum Aarau hingegen ist nur 50 Meter lang, die Verteilschienen für die Antriebsmotoren mussten aber auf engem Raum um diverse Ecken geführt werden.*)

Referenz

[1] Technische Dokumentation Schneider – Telemecanique

Angaben zum Autor

Ernst W. Haltiner ist selbständiger beratender Ingenieur.
Ernst W. Haltiner, 9450 Altstätten, ernst@haltiner.ch

*) Der Artikel wurde ursprünglich für die Kundenzeitschrift «Schneider live» geschrieben. www.schneider-electric.ch.



Bild 6 Stromschienen im Radius verlegt: Stadium La Praille in Genf

L'avion alimenté en courant électrique

Les barres de courant: sécurité et faibles pertes

Des barres de courant de plus d'un kilomètre assurent l'alimentation du nouveau Dock E avec ses 27 portes à l'aéroport de Zurich. 380 points d'alimentation reçoivent le courant depuis la station de transformation à 4×1600 kVA et les barres d'alimentation sont dimensionnées pour un courant nominal de 4000 A.

HTS

Energie zur rechten Zeit

PRÄSENZMELDER

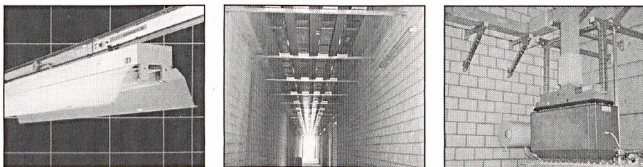
Komfortable Lichtregelung**mit HTS Präsenzmelder****Präsenzmelder mit Lichtregelung bieten maximale Energieeffizienz bei höchstem Komfort.**

Konstantlichtregelung

Kompakte Lichtsteuerung

Dimmbar

Fernbedienbar

HTS
High Technology Systems AG
Im Langhag 11
CH-8307 EffretikonTel. +41 (0)52 355 17 00
Fax +41 (0)52 355 17 01
info@hts.ch
www.hts.ch**Ihre Sicherheit –** **LANZ Stromschienen 25 A – 6000 A**

- **LANZ EAE – metallgekapselt 25 A – 4000 A IP 55**
für die änder- und erweiterbare Stromversorgung von Beleuchtungen, Anlagen und Maschinen in Labors, Fabriken, Fertigungsstrassen, etc. Abgangskästen steckbar.
- **LANZ HE – giessharzvergossen 400 A – 6000 A IP 68**
Die weltbeste Stromschiene. 100% korrosionsfest. EN / IEC typengeprüft. Abschirmung für höchste EMV-Ansprüche. Auch mit 200% Neutralleiter. Anschlussköpfe nach Kundenspezifikationen. Abgangskästen steckbar.

Speziell empfohlen zur Verbindung Trafo-Hauptverteilung, zur Stockwerk-Erschliessung in Verwaltungsgebäuden, Rechenzentren und Spitälern, zum Einsatz in Kraftwerken, Kehrlichtverbrennungs-, Abwasserreinigungs- und allen Aussenanlagen. Beratung, Offerte, rasche preisgünstige Lieferung weltweit von **lanz oensingen ag 4702 Oensingen** Tel. 062 388 21 21

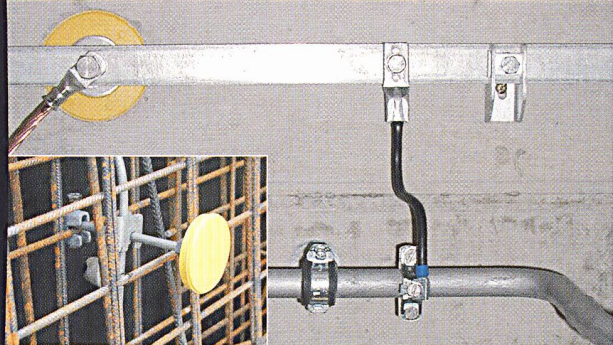
- Mich interessieren Stromschienen. Senden Sie Unterlagen.
 Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. _____

S2

LANZ **lanz oensingen ag**
CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com

elvatec ag

**Elektrosicherheit durch Erdung.****Sicher geerdet mit DEHN.**

- langlebig
- korrosionsbeständig
- zuverlässig

elvatec ag **Blitzschutz, Erdung, Überspannungsschutz, Arbeitsschutz**
Infoservice CH 556 · Tiergartenstrasse 16 · CH-8852 Altendorf
Tel.: 0 55 / 451 06 46 · Fax: 0 55 / 451 06 40 · www.elvatec.ch
elvatec@bluewin.ch