

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 77 (1986)

**Heft:** 15

**Artikel:** Die Stromversorgung des Flughafens Zürich

**Autor:** Studer, U.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-904236>

### **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:** 16.03.2025

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

# Die Stromversorgung des Flughafens Zürich

U. Studer

*Der Flughafen Zürich wird von der Stadt Kloten mit Energie beliefert. Die interne Verteilung der elektrischen Energie erfolgt über die Netze der vier Flughafenpartner, Amt für Luftfahrt (AfL), Flughafen-Immobilien-Gesellschaft (FIG), SBB und Swissair. Diese Verteilnetze haben, wie der Beitrag zeigt, entsprechend ihrem Versorgungsbereich sehr unterschiedliche Anforderungen in bezug auf Sicherheit, Verfügbarkeit, Leistung usw. zu erfüllen.*

*L'Aéroport de Zurich est alimenté en énergie électrique par la Ville de Kloten. La distribution interne est assurée par les réseaux des quatre partenaires de l'Aéroport, Département de l'Aviation Civile du Canton de Zurich (AfL), Société Immobilière de l'Aéroport de Zurich (FIG), CFF et Swissair. Comme le montre cet exposé, ces réseaux doivent répondre à des exigences très diverses, suivant les domaines d'alimentation, en ce qui concerne la fiabilité, la disponibilité, la puissance, etc.*

## Adresse des Autors

Ueli Studer, Leiter des Büros Starkstrom der Abteilung P+B, Flughafen-Immobilien-Gesellschaft, 8058 Zürich-Flughafen.

## 1. Ausgangslage

In den Verträgen zwischen der damaligen Gemeinde und heutigen Stadt Kloten und dem Kanton Zürich, die die Grundlage für den Bau des heutigen Flughafens Zürich bildeten, wurde festgehalten, dass elektrische Energie und Wasser von Kloten bezogen und Abwasser und Kehricht an Kloten abgeliefert werden muss. Eine Folge dieser Vertragsklauseln ist, dass das Elektrizitätswerk Kloten, die heutigen Städtischen Werke Kloten (StWK), alleiniger Lieferant von elektrischer Energie und Wasser für alle Flughafenpartner ist.

## 2. Versorgungszuständigkeit

Die Versorgung des Flughafens mit elektrischer Energie erfolgt vom Unterwerk Kloten der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich und der Städtischen Werke Kloten über ein 16-kV-Ringkabelnetz. Die Übergabe geschieht an verschiedenen Haupteinspeise- und Noteinspeisestellen. An diesen Stellen wird auch die Energiemessung für die Verrechnung an die Flughafenpartner vorgenommen.

Die Verteilung der Energie auf dem Flughafen wird durch die vier Flughafenpartner Amt für Luftverkehr AfL, Flughafen-Immobilien-Gesellschaft FIG, SBB und Swissair übernommen. Sie sind für die Versorgung je eines Teiles wie folgt zuständig:

- AfL: gesamtes Pistensystem, Vorfeld, Strassenseite, Werkhof und Privatluftverkehrszentrum GAC,
- FIG: alle Hochbauten am Flughafenkopf, d.h. Terminals A + B, inkl. Fingerdocks, Parkhäuser A, B + F, Operationszentrum, Fracht West + Ost, Bürohaus Fracht sowie das Fernheizkraftwerk im Werftareal,

- SBB: alle Bereiche des Flughafen-Bahnhofes,
- Swissair: gesamtes Werftareal (ohne Fernheizkraftwerk), Zentralverwaltung und Schulgebäude.

## 3. Unterschiedliche Versorgungsbedingungen

Jeder dieser vier Flughafenpartner betreibt ein eigenes Energieversorgungsnetz und tritt anderen Flughafenpartnern gegenüber als Wiederverkäufer auf. Dabei existiert bezüglich des zu verrechnenden Energiepreises eine gegenseitige Angleichung. Die Städtischen Werke Kloten ihrerseits haben mit den vier Energiebezüglern in den wesentlichen Punkten gleichlautende Energielieferungsverträge abgeschlossen.

Die vier Versorgungsnetze werden mit sehr verschiedenen Verbraucheranforderungen betrieben. Ganz generell können diese wie folgt charakterisiert werden:

- AfL: Betrieb direkt abhängig vom Flugbetrieb für Pisten- und Vorfeldsysteme (Pisten-, Rollweg- und Apron-Centerline-Befeuern, Dockleitsysteme usw.).
- FIG: Betrieb der Flughafengebäude, d.h. zu einem grossen Teil ebenfalls abhängig vom Flugbetrieb. Dienstleistungsbetrieb für praktisch alle Flughafenpartner.
- SBB: Versorgung der Bahnhofsanlagen, d.h. abhängig vom Bahnbetrieb, wobei die Versorgung der Fahrleitung aus dem SBB-eigenen Netz erfolgt.
- Swissair: Der Bereich Werft ist ein grosser Industriebetrieb mit den entsprechenden Versorgungseinrichtungen, wobei mit zunehmendem Einsatz von EDV-Anlagen jeglicher Art erheblich grössere Anforderun-

gen an eine stabile Versorgung und hohe Verfügbarkeit gestellt werden. Die Zentralverwaltung und die Schulgebäude mit ihren Gross-EDV-Systemen bilden mit ihren besonderen Versorgungsbedingungen einen Spezialfall im Swissair-Netz.

Die Versorgung der Flugsicherungsbetriebe der Radio Schweiz AG erfolgt aus den Netzen von AfL und FIG. Um den äusserst hohen Anforderungen an die Versorgungssicherheit nachzukommen, stehen in verschiedenen Bereichen zusätzlich zu den Notstromanlagen der Energielieferanten auch sehr leistungsstarke, in der Regel im Halbblast-Parallelbetrieb arbeitende, statische USV-Anlagen in Betrieb.

#### 4. Bewältigung der verschiedenen Versorgungszustände

Die vier Versorgungsnetze von AfL, FIG, SBB und Swissair werden im Normalfall autonom betrieben. Das heisst, dass die Energie ab der StWK-Übernahmestelle als 16-kV-Mittelspannung über eigene Kabelnetze zu den verschiedenen Schalt- und Transformatorstationen und von dort in 3×380/220 V zu den Verbrauchern transportiert wird. Für speziell grosse und leistungsstarke Verbraucher sind in bestimmten Bereichen Verteilnetze mit anderen Spannungsebenen vorhanden, z. B. 3×3,3 kV oder 3×6 kV (für Druckluftkompressoren, Kältekompressoren usw.).

Die Betreiber der Versorgungsnetze führen und unterhalten ihre Netze mit Betriebsgruppen der eigenen Unterhaltsdienste rund um die Uhr. Entsprechend den Anforderungen an die Betriebssicherheit der Energieversorgung sind die Netze in autonome Sektoren mit zugehörigen Notstromversorgungsanlagen aufgeteilt. Durch diese Massnahmen sind Totalausfälle der Netze über längere Zeit sehr unwahrscheinlich.

Mit netzeigenen Leitsystemen werden zusätzlich wichtige Schaltungen voll- oder teilweise automatisch vorgenommen, um Ausfallzeiten zu verkürzen oder wenn möglich zu verhindern. Störungsfälle in der Energieversorgung des Flughafens müssen grundsätzlich in zwei Kategorien eingeteilt werden:

1. Störung der internen Versorgung, in einem oder mehreren der Part-

#### Energieverbrauch des Flughafens

Tabelle I

Jahr	Flughafen kWh	AfL kWh	FIG kWh	SBB kWh	Swissair kWh
1959/60	10 022 080	1 082 010	2 685 640		6 255 170
1964/65	17 117 230	3 053 900	4 315 900		9 747 430
1969/70	42 683 550	4 853 350	11 404 800		26 425 400
1974/75	71 850 840	5 745 400	26 108 440		39 997 000
1975/76	99 102 250	6 765 400	52 430 180		39 906 670
1979/80	104 221 840	7 770 560	49 142 720	3 493 760	43 814 800
1984/85	129 353 510	8 684 280	58 094 280	5 727 110	56 847 840

nernetze, unabhängig oder gleichzeitig auftretend.

2. Störung der externen Versorgung bei dem oder den Lieferwerken.

Eine Störung in der internen Versorgung, im eigenen Netz, kann in den meisten Fällen durch Umschaltung auf eine andere Versorgungsleitung (alle Transformatorstationen werden von 2 bis 3 Seiten versorgt) oder durch Kupplung von Sammelschienenabschnitten der NS-Hauptverteilungen behoben werden. Eine gegenseitige Aushilfe unter den Partnern, aber auch durch den Energielieferanten StWK, sei es personell oder materiell, ist immer sichergestellt. Mit verschiedenen Querverbindungen zwischen den vier Netzen ist in einem grösseren Störfall, bei dem mehrere Netze betroffen sind, eine gegenseitige Aushilfe möglich.

Zur Überbrückung einer Störung der externen Versorgung, z. B. bei einem grösseren Schaden im Unterwerk oder einem Totalausfall desselben, besteht seit einiger Zeit eine Not-einspeisung von einem anderen Unterwerk der EKZ für annähernd den ganzen heutigen Leistungsbedarf des Flughafens. Eine Umschaltung wird nach Absprache zwischen dem Lieferwerk StWK und den Flughafenpartnern festgelegt. Sie wird von der Überwachungszentrale der FIG aus gemäss schriftlich festgelegtem Programm geführt. Seit diese Möglichkeit besteht, wurde sie schon mehrmals mit Erfolg

ausgeführt. Sie trägt wesentlich zur Versorgungssicherheit des Flughafens bei.

#### 5. Energieverbrauch

Zum Abschluss des Streifzuges durch die Energieversorgung des Flughafens Zürich mögen einige Zahlen seine energiepolitische Bedeutung beleuchten. Zum Betrieb der Versorgungsnetze der vier Flughafenpartner werden insgesamt eingesetzt:

- 56 Schalt- und Transformatorstationen (16 kV, 6 kV, 3,3 kV)
- 145 Transformatoren mit Leistungen zwischen 0,15–3 MVA
- 416 Mittelspannungsschalter der Reihe 24 kV
- 15 Notstromanlagen mit Generatorleistungen von 0,05–1,8 MVA

Der Energieverbrauch des Flughafens in den Jahren 1960–1985 ist aus der Tabelle I ersichtlich. Dabei sind sehr deutlich die Inbetriebnahmen neuer Gebäude (z. B. Terminal B in den Jahren 1974/75 und 1975/76) nach Abschluss der verschiedenen Bauetappen zu erkennen.

Einen Vergleich zwischen der Stadt Kloten (etwa 16 000 Einwohner) und dem Flughafen im hydrologischen Jahr 1984/85 erlaubt die Tabelle II. Pro Passagier und Jahr belief sich der Energieverbrauch im Jahre 1960 auf 7,53 kWh und im Jahre 1985 auf 13,55 kWh.

#### Vergleich Flughafen mit Stadt Kloten

Tabelle II

	Städtische Werke Total	Stadt Kloten	Flughafen Zürich
Energiebezug kWh	190 090 320	60 736 810	129 353 510
Spitzenlast kW	32 760	11 840	21 640
Gebrauchsdauer der Spitzenlast h/a	5 966	5 617	6 129

# Leittechnik in den Flughafengebäuden – eine Aufgabe der FIG

F. Burkhard und U. Studer

**Die Flughafen-Immobilien-Gesellschaft FIG plant, projektiert, baut, verwaltet und unterhält als Dienstleistungsunternehmen praktisch alle Hochbauten am Flughafen Zürich. Für einen möglichst ökonomischen Betrieb und Unterhalt dieser grossen Gebäude und vielfältigen Anlagen, aber auch für einen rationellen und zweckmässigen Einsatz des zur Verfügung stehenden Unterhaltspersonals sind Leitsysteme als Hilfsmittel zur Betriebsführung nicht mehr wegzudenken.**

**En sa qualité d'entreprise de service, la Société immobilière de l'Aéroport de Zurich SA projète, construit, administre et entretient pratiquement tous les bâtiments de l'Aéroport de Zurich. Vu l'ampleur des bâtiments et la complexité des installations, des systèmes centrales de commande et de surveillance indispensables à la gestion, permettent l'exploitation et l'entretien d'une manière économique ainsi que l'emploi judicieux et rationnel du personnel d'entretien.**

## Adresse der Autoren

Fredi Burkhard, Abteilungsleiter-Stv. der Abteilung B+U, und Ueli Studer, Leiter des Büros Starkstrom der Abteilung P+B, Flughafen-Immobilien-Gesellschaft, 8058 Zürich-Flughafen.

## 1. Wer ist die FIG?

Die Flughafen-Immobilien-Gesellschaft FIG wurde 1931 als Flugplatz-Genossenschaft FG nach Verwerfung einer Kreditvorlage durch die Zürcher Stimmbürger gegründet. Mit diesem Kredit von 3 600 000 Franken hätte der Kanton den dringenden Ausbau des Zivilflugplatzes Wangen-Dübendorf vornehmen sollen.

Die Gründung geschah auf private Initiative in der Form eines gemischt-wirtschaftlichen Unternehmens. Mit der Verlegung des Zivilluftverkehrs von Dübendorf nach Kloten wurde am 27. Oktober 1948 die FG in die

Flughafen-Immobilien-Gesellschaft FIG, eine Aktiengesellschaft, umgewandelt. Der Gesellschaftszweck der FIG ist in den Statuten wie folgt umschrieben: «Die Gesellschaft, die in ihrer Dauer nicht beschränkt ist, hat den Zweck, die für den interkontinentalen Flughafen Zürich erforderlichen Hochbauten zu errichten, bereitzustellen und zu unterhalten, soweit sie nicht durch den Kanton zur Verfügung gestellt werden.»

Zur Erreichung des Gesellschaftszweckes räumte der Kanton Zürich der FIG auf dem Areal des Flughafens Zürich ein dauerndes und selbständiges Baurecht bis vorläufig zum 31. Dezember 2028 ein. Der Verwaltungsrat der Gesellschaft besteht aus 20 Mitgliedern, wovon die Hälfte die öffentliche Hand repräsentieren. Ihm untersteht folgende Organisation:

### Direktion kaufmännisches Ressort

Abteilung I: Verwaltung  
Abteilung II: Finanz- und Rechnungswesen

### Direktion technisches Ressort

Abteilung III: Betrieb und Unterhalt  
Abteilung IV: Projektierung und Bau

Der Personalstand betrug am 1. Mai 1986 275 vollamtliche und 65 teilzeitbeschäftigte Personen.

Die FIG plant, projektiert, finanziert, verwaltet und unterhält praktisch sämtliche Hochbauten auf dem Flughafen Zürich, inklusive Werft- und Frachtareal. Sie betreibt ein Fernheizkraftwerk, das den Flughafen mit der notwendigen Wärme versorgt; es würde für die Beheizung einer Stadt mit 25 000 Einwohnern ausreichen. Die Flughafengebäude sind an gegen 200 Mieter (Flughafendirektion, Swissair, fremde Luftverkehrsgesellschaften, Spediteure, Polizei, PTT usw.) und Konzessionäre (Flughafen-Restaurants, Verkaufsläden, Banken usw.) vermietet. Die FIG betreibt das grösste Reinigungsunternehmen auf dem Platz (rund 180 Angestellte), unterhält alle haustechnischen Anlagen (Fluggastbrücken, Notstrom-, Heizungs-, Klima-, Lüftungs-, Kälte-Anlagen, Rohrpost, Telefonnetz usw.) und ist zuständig für den Gebäudeunterhalt. Alle hausinternen Umbauten werden von der FIG projektiert und begleitet. Die FIG ist damit ein umfassendes Bau-, Unterhalts- und Dienstleistungsunternehmen am Flughafen Zürich, welches durch die Aufgabenteilung mit dem Flughafenhalter den Zürcher Steuerzahler wesentlich entlastet.

Nach Abschluss der laufenden Bauten hat die FIG für den Ausbau des Flughafens Zürich vorläufig über 1,1 Mia Franken investiert. Daran leistete der Bund Beiträge von knapp 250 Mio Franken.

## 2. Gebäude-Leitsysteme

Die FIG und im speziellen deren Abteilung Betrieb + Unterhalt will ihre Gebäude und haustechnischen Anlagen am Flughafen Zürich möglichst nach ökonomischen Prinzipien betreiben und unterhalten. Bei der Grösse und Weitläufigkeit der Gebäude, der Vielfalt der Anlagen und der verlangten hohen Verfügbarkeit dieser

Anlagen einerseits und einem rationalen Einsatz des zur Verfügung stehenden Unterhaltspersonals andererseits, ist ein Einsatz von Leitsystemen als Hilfsmittel zur Betriebsführung nicht mehr wegzudenken. Nachfolgend werden die zwei wichtigsten Leitsysteme, nämlich das Gebäude-Leitsystem GLS und das Netz-Leitsystem NLS beschrieben.

Beide Systeme stehen mit einer älteren, etwa 12jährigen Version zusammen im Einsatz. Für die eben zu Ende gegangene Bauetappe mit den Grossbauten Fingerdock A, Operationszentrum und Parkhaus A wurden die vorhandenen Konzepte überprüft und die Anforderungsprofile an neue Systeme ausgearbeitet. Inzwischen stehen diese neuen Systeme im Einsatz.

### 2.1 Anforderungen

Bei der Formulierung des Anforderungskataloges an ein neues Gebäude-Leitsystem wurden u.a. folgende Funktionen gefordert:

- Freigabe bzw. Begrenzung des Zugriffs der Mitarbeiter auf das System in mehrere Stufen, entsprechend ihrer Funktion in der Firma,
- manuelle Anwahl sämtlicher Informationspunkte,
- Anzeige von Meldungen, Messwerten, Zählwerten, Störungen, Alarmen sowie ereignisabhängige Protokollierung,
- zeit- und ereignisabhängiges Schalten von Anlagen,
- Einsatz von Energieoptimierungsprogrammen,
- Generieren und Löschen von Datenpunkten, Ändern von Anwenderprogrammen sowie Entwurf und Generierung von Farbbildern und Grafiken durch eigenes Personal,
- automatische Anzeige bei Störungen an Geräten des Leitsystems und automatische Umschaltung auf Ersatzdrucker bei Druckerstörungen.

Zur Erfüllung der genannten Aufgaben werden bei der FIG zwei Leitsysteme eingesetzt. Beiden sind ganze Gebäude oder Sektoren zugeteilt. Sie arbeiten praktisch autonom.

### 2.2 Aufbau der Gebäude-Leitsysteme

Das bestehende Leitsystem, eine Anlage in Relais-Diodenlogik ohne Rechner, ist grösstenteils seit etwa 12 Jahren in Betrieb. Die Programmabläufe werden von 2 Endlochstreifen gesteuert. Ein Lochstreifen enthält das zeitabhängige Programm, d.h. die «zentrale Schaltuhr», der zweite Loch-

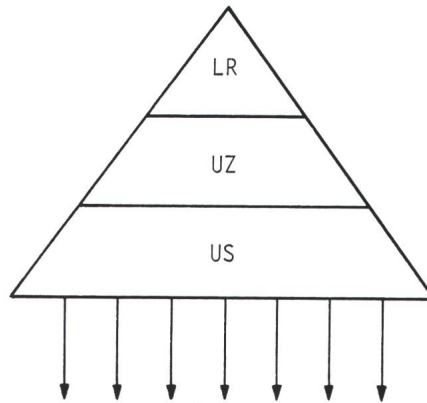


Fig. 1 Gebäudeleitsystem

Hierarchischer Aufbau

LR Leitrechner  
UZ Unterzentralen  
US Unterstationen

streifen das ereignisabhängige Programm zur Steuerung des Notstrombetriebes der Haustechnikanlagen. Bei einer Programmänderung muss ein neuer Lochstreifen erstellt werden, was heute, verglichen mit den softwaremässigen Änderungen an einem Rechnerprogramm, als träge und sehr aufwendig betrachtet wird. Trotzdem wird dieses Leitsystem nicht von heute auf morgen abgelöst; es steuert nach wie vor gegen 15 000 Adressen an.

Vor etwa 2 Jahren wurde das neue, rechnergestützte, modular aufgebaute Leitsystem in Betrieb gesetzt. Zurzeit ist dieses mit etwa 15 000 Datenpunkten verbunden und kann bis zum Endausbau auf über 50 000 Datenpunkte erweitert werden. Das neue System ist in drei Hierarchien unterteilt (Fig. 1).

Der Leitrechner ist über das Systembuskabel mit den dezentral in den Gebäuden verteilten, intelligenten Unterzentralen verbunden. An jeder von diesen sind über ein Datenkabel mehrere Unterstationen angeschlossen, welche über Telefonkabel mit der Peripherie, d.h. den Anlagen (Elektrotableaux, Messfühler usw.) verbunden sind. Entsprechend diesem Systemaufbau wird auch die Aufgabenteilung vorgenommen. Der Mikroprozessor jeder Unterstation übernimmt die Datenerfassung, Datenreduktion bzw. -konzentration und -übertragung. Die freiprogrammierbaren Mikrocomputer der Unterzentralen bearbeiten Routineabläufe und zugeordnete Programmsequenzen. Der Leitrechner wird dadurch freigehalten für Führungsaufgaben. Diese Aufgabenteilung bringt die folgenden drei wesentlichen Vorteile: hohe Systemzuverlässigkeit, hohe Leistungsfähigkeit, gute Systemübersicht.

Alle Haustechnikanlagen müssen so konzipiert sein, dass sie auch ohne Leitsystem funktionieren, wenn auch nicht mehr optimal.

Im Konzept für das neue Gebäude-Leitsystem war vorgesehen, das gesamte bestehende System durch das neue Leitsystem abzulösen. Aus Sicherheitsgründen überzeugt diese Lösung heute nicht mehr. Nähere Angaben dazu sind dem Abschnitt 2.4 zu entnehmen.

### 2.3 Bedienung der Gebäude-Leitsysteme

Drei Kategorien von Mitarbeitern arbeiten direkt mit den Gebäude-Leitsystemen:

- die vollamtlichen Bediener der Fachgruppe UeWZ,
- der Pikettdienst des Elektrounterhaltes,
- die verschiedenen Haustechnik-Fachgruppen der Abteilung B + U.

Allein diese Tatsache erfordert ein System mit einfacher Bedienung (Fig. 2). Die vollamtlichen Bediener und der Pikettdienst arbeiten mit den beiden Systemen in der Leitzentrale, während die Fachgruppen über extern installierte Bedienstationen Zugang zum neuen Leitsystem haben. Manuelle Schaltungen sind nur von der Leitzentrale aus möglich. Sie sind durch die Zugriffsberechtigung auf die vollamtlichen Bediener und den Pikettdienst beschränkt. Änderungen an Anwenderprogrammen können nur durch die vollamtlichen Bediener vorgenommen werden.

Die Anwahl jedes Datenpunktes erfolgt von jedem Bedienerterminal aus gleich, in der Regel über ein fünfstufiges Menü. Dabei wird nach folgender Aufgliederung vorgegangen:

- Gebäude (z. B. Terminal A, Parkhaus F)
- Bereich/Sektor (z. B. Halle Süd, Bürotrakt)
- Fachgebiet (z. B. Sanitär, Heizung, Mechanik)
- Anlageart (z. B. Wärmeübergabestation, Lift)
- Anlage(-detail) (z. B. Vorlauftemperatur, Personalarms).

Wer die Datenpunktadresse kennt, ist sehr schnell am Ziel. Wenn die fünfstellige Nummer nicht oder nur teilweise bekannt ist, wird der Bediener über die einfach aufgebauten Menüs zum gewünschten Datenpunkt geführt. Egal von wo aus auf das System zugegriffen wird, man braucht dazu



Fig. 2  
Überwachungszentrale  
mit Arbeitsplätzen für  
Gebäude- und  
Netzleitsystem

kein Verzeichnis. Nach der Anwahl der fünfstelligen Nummer erscheint mit dem Menü 5 die Anlage auf dem Monitor. Dabei werden alle dazugehörigen Datenpunkte mit ihren momentanen Schaltzuständen und Messwerten aufgelistet. Nun können allfällige Änderungen am Betriebszustand vorgenommen werden. Wo notwendig, sind den Angaben über die Anlage Hilfstexte zugeordnet, die z. B. Anweisungen dazu geben, wie in einem Störfall vorzugehen ist. Abnormale Anlagezustände werden bei Erreichen der Schwellen- oder Grenzwerte sofort auf der Leitzentrale angezeigt und über Schnelldrucker zu Papier gebracht.

Es werden drei Arten von abnormalen Zuständen unterschieden:

- Störungen (z. B. Wärmepaket einer Heizungs-Umwälzpumpe ausgelöst)
- Alarmer zweiter Priorität (z. B. Niveau Schmutzwasser hoch),
- Alarmer erster Priorität (z. B. Personalalarm in Lift ausgelöst).

Bei den Alarmen erster Priorität muss jederzeit sofort gehandelt werden. Bei den Alarmen zweiter Priorität und bei den Störungen kann mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung reagiert werden; auf diese Weise können die Nacht- und Wochenendeinsätze stark reduziert werden. Trotzdem müssen bei einem rund um die Uhr in Betrieb stehenden Flughafen immer noch viele Einsätze geleistet werden.

#### 2.4 Betriebserfahrungen

Die Haustechnikanlagen der drei letztgebauten Gebäude wurden alle auf das neue Leitsystem aufgeschaltet.

Sie sind inzwischen etwa 2 Jahre in Betrieb. Dabei zeigte sich sehr schnell, dass der 16-Bit-Leitrechner zu langsam war. Er wurde deshalb durch einen 32-Bit-Rechner ersetzt. Es wurde festgestellt, dass zwei Programme durch die Operationsgeschwindigkeit des Leitrechners entscheidend beeinflusst werden, nämlich:

1. das Notstromprogramm,
2. die Brandfallsteuerung.

Das Notstromprogramm dient der Weg- und Zuschaltung nicht notstromberechtigter Verbraucher, die Brandfallsteuerung der Abschaltung von Ventilatoren und der Schliessung von Brandabschnittstüren im Brandfall.

Zum Teil entscheiden Sekunden im Programmablauf darüber, ob diese zwei Programme noch sinnvoll funktionieren. Zurzeit wird mit dem Anlagelieferanten nach einer Lösung gesucht, welche diese Geschwindigkeitsprobleme eliminieren soll.

Obwohl verschiedene Lieferanten von grossen Gebäude-Leitsystemen unterschiedlich grosse, d. h. nur auf den entsprechenden Einsatzort oder die entsprechende Einzelanlage konzipierte Unterstationen empfehlen, wurden beim neuen Leitsystem von Beginn weg Unterstationen mit einheitlichem Aufbau eingesetzt; zusammen mit dem Anlagelieferanten wurde eine Muster-Unterstation entwickelt, begutachtet, getestet und modifiziert. Gemäss diesem Muster wurden dann alle Unterstationen gebaut (Fig. 3), wobei folgende Erfahrungen gemacht wurden:

- Die Einheits-US bringt schon in der Planungsphase Vorteile, indem die zugehörigen, definitiven Datenpunktlisten erstellt werden können. Damit verfügen schon in diesem frühen Zeitpunkt Planer und Unternehmer über verbindliche Arbeitsunterlagen.
- Als Schnittstelle zwischen dem Leitsystem und den Haustechnikanlagen dient eine Trennstelle im Unterstationenschrank. Dadurch kann sowohl auf der Haustechnikseite als auch auf der Leitsystemseite, gemäss Datenpunktliste, unabhängig verdrahtet und ausgeprüft werden.
- Wenn beide Seiten geprüft sind, erfolgt die Zusammenschaltung durch den Systemlieferanten. Gleichzeitig mit der Inbetriebsetzung der Haustechnikanlagen erfolgt auch deren Anschaltung an das Gebäude-Leitsystem.
- Einheitlich aufgebaute Unterstationen erleichtern dem Piktettdienst eine allfällige Störungsbehebung und die Wartungsarbeiten.

Der mit Abstand störungsanfälligste Teil des Leitsystems ist der Datenbus. Bei einem Unterbruch desselben werden, je nach Ort der Fehlerstelle, mehr oder weniger Unterzentralen und deren Unterstationen vom Leitreechner getrennt. Als Folge davon können Übermittlungen von Falschsignalen auftreten, die letzten Endes den Leitreechner und damit das ganze System blockieren. Zurzeit laufende Untersuchungen sollen die Ausfallgefahr des Datenbusses reduzieren und Auf-

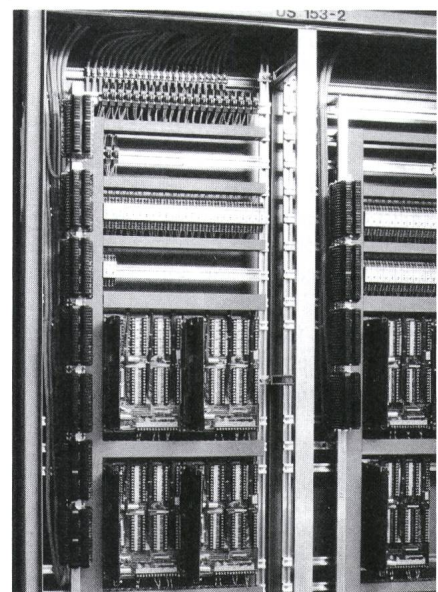


Fig. 3 Einheits-Unterstation des Gebäudeleitsystems

schluss darüber geben, ob die Betriebsführung der Flughafengebäude in Zukunft auf ein, zwei oder sogar mehrere Leitsysteme aufgeteilt werden soll.

Bei Gebäuden mit einer so hohen Dichte von haustechnischen Anlagen sind Gebäude-Leitsysteme nicht mehr wegzudenken. Im Falle des Flughafens dienen sie auch den andern Partnern, sofern diese bereit sind, ihre Anlagen gemäss denselben Ausführungsbestimmungen auszurüsten.

### 3. Netz-Leitsysteme

#### 3.1 Ausgangslage

Die FIG betreibt für die Versorgung ihrer Gebäude auf dem Flughafen Zürich ein 16-kV-Mittelspannungsnetz. Dieses erstreckt sich von den Übernahmestationen StWK/FIG über Kabelsysteme bis zu den in den Versorgungsschwerpunkten der verschiedenen Gebäude liegenden Transformatorstationen.

Das Versorgungsnetz wurde vorläufig in vier Versorgungssektoren aufgeteilt; entsprechend sind auch die Einspeisestellen der StWK zugeordnet:

Der Sektor A umfasst Terminal A, Fingerdock A, Bürotrakt A1 und Parkhaus A, der Sektor B Terminal B, Fingerdock B und Parkhaus B, der Sektor T Fernheizkraftwerk und Werkstattgebäude, und der Sektor F schliesslich Fracht West und Ost inklusive Operations- und Gerätezentrum N.

Die Sektoren werden im Normalfall autonom, d.h. getrennt betrieben. Eine Ausnahme bildet der Sektor T, das Fernheizkraftwerk. Dieser wird ausserhalb der Heizperiode vom Sektor B und während der Heizperiode von der Eigenstromproduktion einer Gegenstrom-Dampfturbinengruppe versorgt.

Entsprechend der Aufteilung der Versorgungssektoren sind auch die Diesel-Notstromanlagen zugeordnet. Diese Anlagen haben bei Ausfall der externen Versorgung einen Minimalbetrieb der Gebäude sicherzustellen, um die Aufrechterhaltung des Flugbetriebs garantieren zu können.

#### 3.2 Bisherige Netzleit- bzw. Steuersysteme

In den Sektoren B und F sind seit etwa 12 Jahren Relaissteuerungen im Einsatz, die bei einem Ausfall der externen Versorgung, zusammen mit der Steuerung der Notstromanlagen, die

notwendigen Schaltungen in Mittelspannungsschaltanlagen, Transformatorstationen und den zugehörigen Niederspannungs-Hauptverteilungen vornehmen. Gleichzeitig sorgen sie auch über das Gebäudeleitsystem für die Abschaltung der nicht notstromberechtigten Verbraucher in den verschiedenen Anlagen. Hauptziel dieser Steuerungen ist der automatische Notstrombetrieb, der den Einsatz der Unterhaltsdienste erst in «zweiter Staffel» erfordert (Fig. 4). Der gesamte übrige Netzbetrieb erfolgte bisher örtlich, d.h. in den Anlagen, unterstützt vom Gebäudeleitsystem, das die Alarm-, Stör- und Statusmeldungen lieferte.

#### 3.3 Überprüfung des Versorgungs- und Steuerungskonzeptes

Mit dem Ausbau der vergangenen vierten Etappe, also dem Bau von Fingerdock A, Parkhaus A, Operationszentrum und Gerätezentrum Nord sowie der Aufwertung des Terminals A, wurde das Versorgungsnetz der FIG um weitere fünf Transformatorstationen vergrössert. Diese Tatsache sowie die voraussehbare wesentliche Zunahme von Energieverbrauch und Netzbelastung führten 1981 zu einer Überprüfung des Versorgungs- und Steuerungskonzeptes. Das Resultat, das «Konzept der elektrischen Energieversorgung in den Gebäuden der FIG auf dem Flughafen Zürich», bildet die Basis für den weiteren Ausbau von Versorgungsnetz und dazugehörigen Steuerungseinrichtungen.

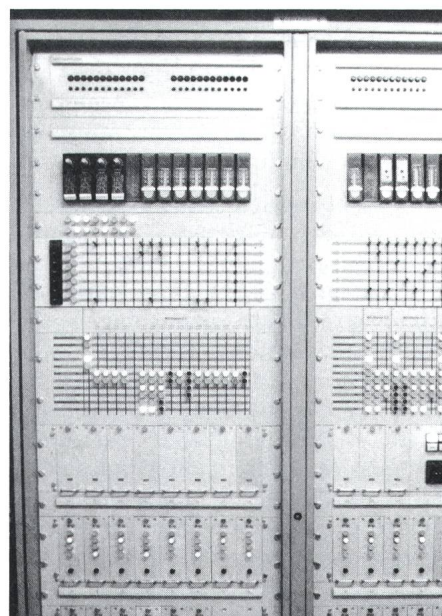


Fig. 4 Bisherige Netzleitsteuerung

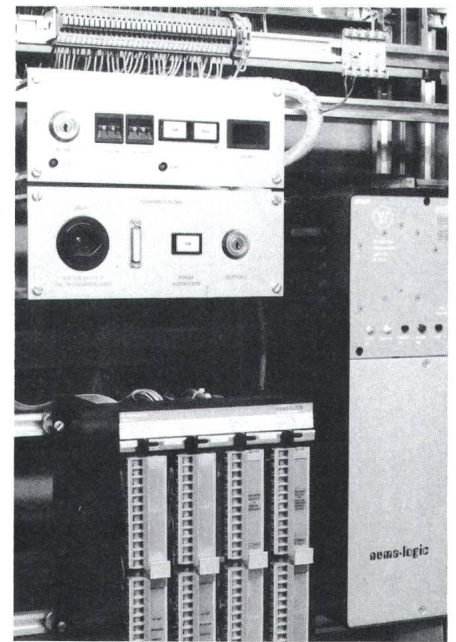
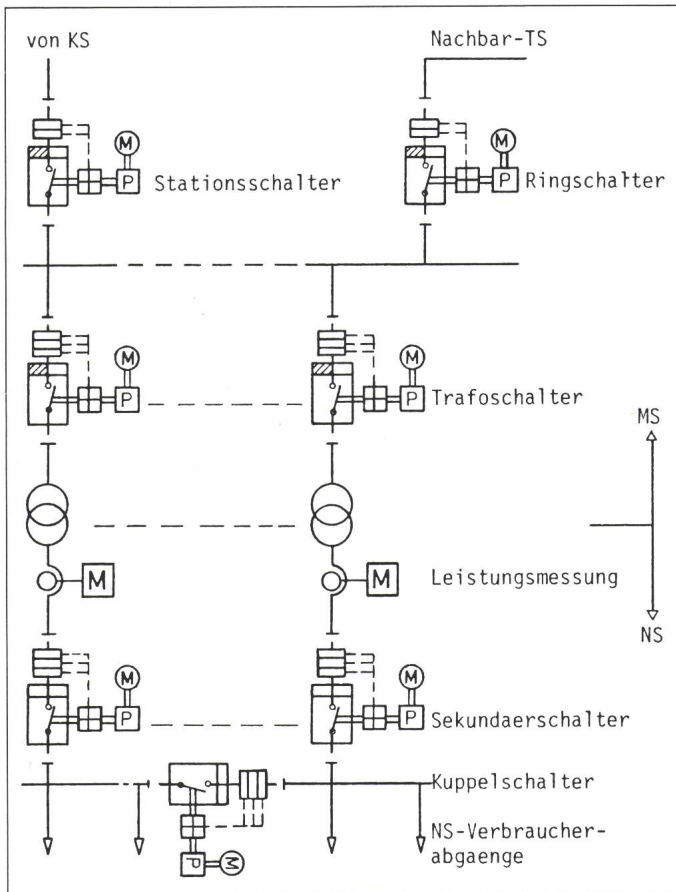


Fig. 5 Neues Netzleitsystem: Steuerung einer Transformatorstation

#### 3.4 Konzept für ein neues Netz-Leitsystem

Bei der Neukonzeption wurde für den Versorgungssektor A ein Netz-Leitsystem verlangt, das dezentral, d.h. von den entsprechenden Schaltanlagen aus bedient und über ein Datenübertragungssystem von einer Leitzentrale aus geführt werden kann. Als weitere Bedingung wurde festgelegt, dass dieses Netz-Leitsystem alle Alarm-, Stör- und Statusmeldungen, alle Befehle zur Auslösung von ereignisabhängigen Programmen im Gebäude-Leitsystem GLS sowie alle Messwerte dezentral via Unterstationen und Unterzentralen zur weiteren Verarbeitung an das GLS abzugeben hat. Dadurch werden erstens nicht zwei parallele Systeme mit annähernd gleichen Aufgaben eingesetzt, und zweitens das Netz-Leitsystem NLS, wie es mittlerweile heisst, von einem grossen Teil zusätzlicher Informationsverarbeitung befreit. Die Zielformulierung für dieses Netz-Leitsystem lautet sehr eindeutig: «Die einzige Aufgabe des Leitsystems ist es, die zur Aufrechterhaltung einer optimalen Stromversorgung notwendigen Betriebsbehandlungen auszuführen.»

Diese starke Begrenzung des Wirkungsfeldes sollte bezwecken, dass das System so einfach und damit so betriebssicher wie möglich wird. Verlangt wurde ein handelsübliches, speicherprogrammierbares Steuersystem, also nicht eine eigentliche Spezialentwicklung (Fig. 5).



**Fig. 6 Netzleitsystem NLS: Netzstruktur**  
 Aufbau einer Transformatorstation  
 TS Transformatorstation  
 KS Kopfstation  
 MS Mittelspannung  
 NS Niederspannung

### 3.5 Netzstruktur

In jedem Sektor befinden sich eine Kopfstation, d.h. eine Mittelspannungsschaltanlage in Duplexausführung sowie mehrere Transformatorstationen, die miteinander durch ein MS-Kabelnetz verbunden sind. Dieses Versorgungsnetz lässt sich einfach unterteilen in ein Primärnetz, das aus den Einspeisungen vom Unterwerk und den Ringleitungen zwischen den Kopfstationen der verschiedenen Sektoren besteht, und einem MS-Verteilnetz, das alle Kabel, die zu den Transformatorstationen innerhalb des Sektors führen, umfasst. Das Primärnetz erstreckt sich also über den gesamten FIG-Versorgungsbereich bis zum Unterwerk, das MS-Verteilnetz ist zugeschnitten auf jeden Sektor.

Für den Fall, dass die externe Energieversorgung ausfällt, stehen bei jeder Kopfstation zwei dieselelektrische Notstromanlagen mit je 1,8 MVA Nennleistung bereit. Die nicht notstromberechtigten Verbraucher werden durch das GLS in den Niederspannungsverteilungen weggeschaltet.

An jedem Ende eines MS-Kabels findet sich ein Leistungsschalter mit Überlast- und Kurzschlussrelais. Diese Schalter können sich als Folge eines

Fehlers in der Anlage (Überlast oder Kurzschluss) selbsttätig öffnen; sie können aber auch von einer entsprechenden Steuerung geöffnet oder geschlossen werden. Aufgabe der Steuerung ist es nun, den unter den gegebenen äusseren Umständen günstigsten Schalt- oder Betriebszustand auszuwählen und zu erstellen (Fig. 6).

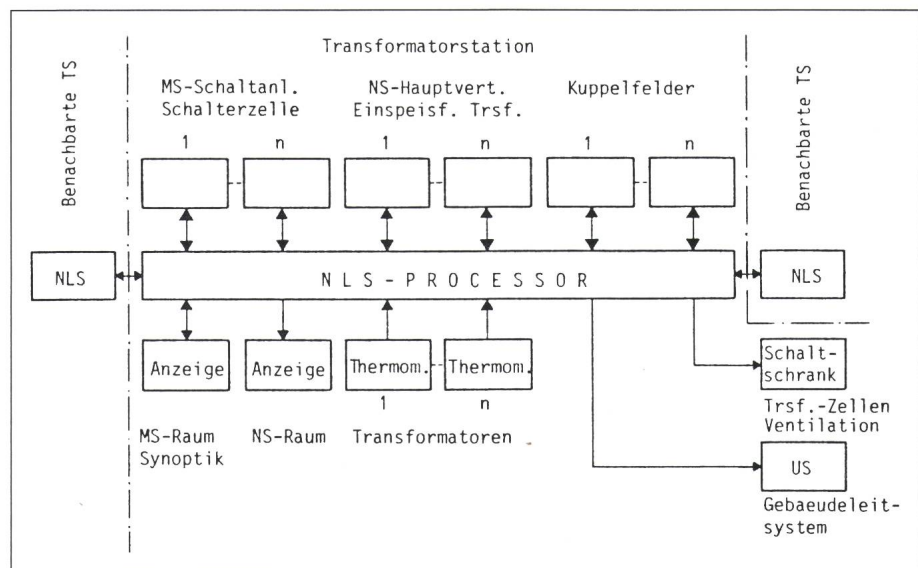
### 3.6 Steuerung von Kopf- und Transformatorstationen

Die Kopf- bzw. Transformatorstationssteuerungen, d.h. die KS- bzw. TS-Prozessoren sind mit jedem Leistungsschalter über ein Steuerkabel verbunden (Fig. 7). Auf diesem Kabel werden alle erforderlichen Signale, Schaltbefehle und Meldungen übertragen. Auf den Signaltableaus werden die aktuellen Betriebszustände der Anlage angezeigt, z. B. Netz(Normal-)Betrieb, Ringbetrieb, Notstrombetrieb, NS-Kuppelbetrieb usw. Mit einem Schlüsselschalter kann die Betriebsart gewählt werden, nämlich:

- *Lokal* (Handbetrieb): Die Steuerung verarbeitet alle Signale und meldet sie auf das Signaltableau und an das GLS, führt aber keine Schalthandlungen aus.
- *Fern* (Automatikbetrieb): Die Steuerung arbeitet im Rahmen der eingegebenen Programme automatisch.

Fällt die Netzversorgung aus, d.h. kann weder vom Unterwerk noch von den benachbarten Kopfstationen in den Sektoren F und B Energie bezogen werden, so erteilt die Steuerung den Startbefehl an die Notstromanlage.

Die Steuerungen der Kopf- bzw. der benachbarten Transformatorstationen tauschen untereinander diejenigen Informationen aus, die notwendig sind, um bei einer Störung der Anspeisung die Versorgung über die Ringleitungen sicherzustellen. Alle wichtigen Betriebszustände und Messwerte werden der Kopfstation zur Weiterverarbeitung an das GLS gemeldet.



**Fig. 7 Netzleitsystem NLS**  
 Steuerung einer Transformatorstation  
 TS Transformatorstation / MS Mittelspannung / NS Niederspannung / NLS Netzleitsystem



### 3.7 Gebäude-Leitsystem und Netz-Leitstelle

Das Netz-Leitsystem NLS (Fig. 8) verarbeitet in der Überwachungszentrale ÜWZ alle eingehenden Meldungen usw. Über mehrere Drucker mit entsprechend zugewiesenen Aufgaben werden Betriebsprotokolle, Alarmprotokolle usw. geführt. Mit verschiedenen Terminals, zum Teil farbig und schwarzweiss, kann der direkte Dialog mit den Anlagen geführt werden. Von der ÜWZ können keine Schaltbefehle an die verschiedenen Schaltanlagen abgegeben werden.

Weil in einem Störfall - vor allem bei Ausfall der elektrischen Energieversorgung - in der ÜWZ ein sehr hektischer Betrieb herrscht (sehr viele gleichzeitige Anfragen), wurde dort ein sogenannter Netzarbeitsplatz, die Netz-Leitstelle, eingerichtet. Die Ausrüstung besteht aus einem Farbterminal für den Dialog, einem Drucker, der nur Alarme, Meldungen usw. von Stromversorgungsanlagen ausgibt, und ein im Entstehen begriffenes Netzdisplay. Dabei handelt es sich um eine sehr einfache, «statische» Gesamtnetzübersicht, die bei Normalbetrieb dunkelgeschaltet ist. In Störfällen leuchtet der betroffene Teil intermittierend oder dauernd auf.

Im Unterschied zu einem dauernd von Spezialisten bedienten Netz-Verteilzentrum haben bei einem Störfall während der Normalarbeitszeit der zuständige Gruppenchef Starkstrom und ausserhalb der Normalarbeitszeit der Pikett-Elektriker den Betrieb der Energieversorgung zu führen.

Eine eigentliche Bedienung des Netz-Leitsystems entfällt, da gemäss Pflichtenheft alle Schalthandlungen automatisch ablaufen müssen. Damit bei allfällig auftretenden Systemstörungen die Fehler möglichst rasch gefunden werden können, stehen verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung. Zum einen ist dies die Fehlermeldung in der Anlage: Wenn die Steuerung

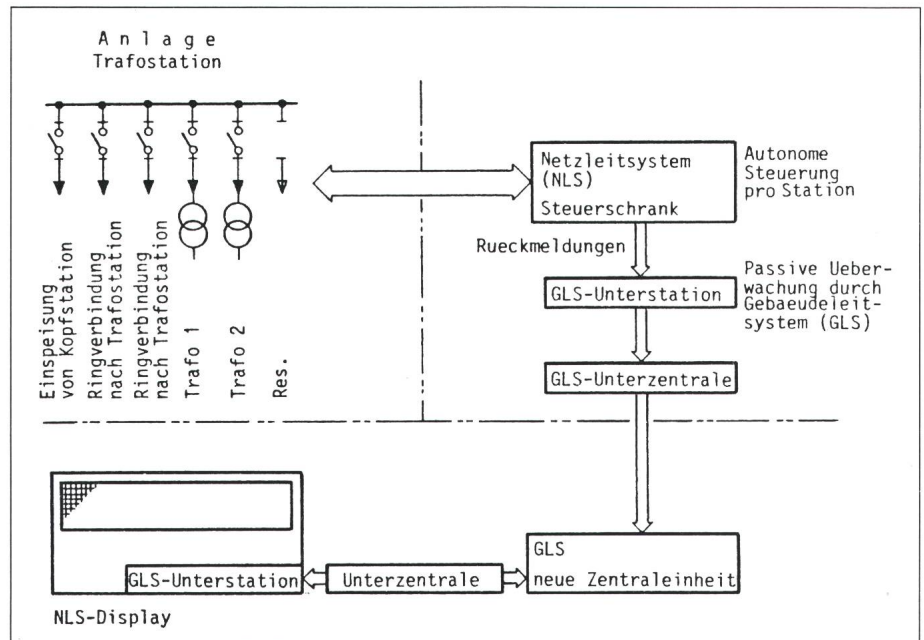


Fig. 8 Netzleitsystem NLS

Gebäudeleitsystem und Netzleitstelle: Prinzipieller Aufbau der Kommunikationswege

durch die Verarbeitung aller Meldungen einen Fehler in der Anlage erkennt, wird dies signalisiert und über einen Drucker die Störungsart und der betroffene Anlagenteil bekanntgegeben. Die zweite Möglichkeit der Fehlererfassung ist die sogenannte Testeinrichtung. Mit dieser kann jeder Schalter während des Betriebes auf einwandfreies Funktionieren geprüft und ein beliebiger Anlagenteil des Sektors jederzeit für eine Revision freigeschaltet werden.

#### 3.8 Inbetriebsetzung

Der Aufwand für die Inbetriebsetzung der acht TS-Steuerungen und einer KS-Steuerung war beträchtlich. Erschwerend war, dass alle Stationen des bestehenden Terminals A unter Betriebsbedingungen angepasst und angeschaltet werden mussten. Die Inbetriebsetzungsphase dauerte fast ein Jahr. In der Zwischenzeit wurden laufend Verbesserungen an den Anlagen

vorgenommen, um diese so bedienerfreundlich wie möglich zu gestalten.

#### 3.9 Betriebserfahrungen

Alle Anlagen des Sektors A stehen nun seit etwa einem Dreivierteljahr in Betrieb. Als erste Erfahrungen können festgehalten werden:

- Die verlangten Steuerfunktionen werden von den Anlagesteuerungen und Prozessoren einwandfrei ausgeführt.
- Durch die zum Teil sehr strapaziöse Behandlung von Anlagen und Steuerungen während der Inbetriebsetzung wurden verschiedene Mängel zutage gebracht. Sie waren jedoch meist anlagebezogen und konnten leicht behoben werden.
- Die Steuerung ist sehr flexibel. Im Laufe der Inbetriebsetzung konnten verschiedene Programmverbesserungen und -zusätze eingebaut und dadurch die Versorgungssicherheit erhöht werden.

#### Literatur

[1] H. Steiner: Netzleitsystem für den Flughafen Zürich. Hauszeitung der Maschinenfabrik Rieter AG 30(1986)2, S. 11...12.