Die elektrische Energieversorgung

Autor(en): **Deuring, Erich / Piquerez, Bernhard / Schneeberger, Ruedi**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 20

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85720

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die elektrische Energieversorgung

Der vorliegende Aufsatz beschreibt verschiedene Aspekte der Versorgung des Bahnstromnetzes mit Traktionsenergie. Um die übergeordneten Zusammenhänge aufzuzeigen, werden bei den Ausführungen die Grenzen des Bahnhofes Luzern überschritten.
Am Schluss werden die Besonderheiten der Energieversorgung aus dem öffentlichen Netz geschildert.

VON ERICH DEURING
BERNHARD PIQUEREZ
RUEDI SCHNEEBERGER
ARNOLD HERMANN
HANS MAEGLI, LUZERN

Das Bahnstromnetz

Vom gesamtschweizerischen Energiebedarf für den Verkehr verwenden die Bahnen nur 4% und, gemessen am gesamten Stromverbrauch, nur rund 5% für die Traktion. Dieser Bedarf wird zu 80% von SBB-eigenen und Gemeinschaftswerken gedeckt. Der restliche Anteil wird in Partnerwerken von eigenen Generatoren geliefert oder in Umformerwerken dem öffentlichen 50-Hz-Drehstromnetz entnommen und in das 16⅔-Hz-Einphasennetz der SBB eingespiesen.

Die Energie wird über Hochspannungsleitungen (66 bzw. 132 kV) auf die Unterwerke (UW) weiter verteilt und dort auf 15 kV transformiert. Diese UW sind Verteilzentren und übernehmen ihrerseits die Versorgung und den Schutz der ihr zugeteilten Fahrleitungsabschnitte.

Neben dem Hauptverbraucher, der Traktion, werden zusätzliche, z.T. grosse und anspruchsvolle Energiebezüger aus diesem Netz gespiesen. Beispielsweise die Notversorgung aller sicherungstechnischen Anlagen oder schwergewichtig die Zugsvorheizung/Klimatisierung (in Luzern 3,7 MVA) und die elektrische Weichenheizung.

Erst mit Hilfe dieser Nebenanlagen wird ein zuverlässiger Bahnbetrieb ermöglicht und kann heutigen Kundenwünschen bezüglich Komfort entsprochen werden.

Ausgangslage

Die zunehmende Stückzahl von modernen, leistungsfähigen Loks hat einen erhöhten Energiebedarf zur Folge. Zusammen mit dem Betriebskonzept Bahn 2000, welches sozusagen fahrplanmässig Spitzenbelastungen in Knotenpunkten provoziert, würde die heutige Bahnstromversorgung in der Region Luzern überfordert. Die Leistungsfähigkeit des Energielieferanten für diesen Raum, das UW Emmenbrücke, ist mit 18 MVA ebenfalls zu schwach. Zudem sind die UW-internen Apparate grösstenteils überaltert und entwickeln sich trotz sorgfältigem Unterhalt je länger, je mehr zu einer Störungsquelle.

Mit einer umfangreichen Sanierung der Bahnstromversorgung im Bahnhof und der Agglomeration Luzern, inkl. Neubau des UW, soll eine genügend hohe Versorgungssicherheit für die zukünftigen Bedürfnisse erreicht werden.

Das Versorgungskonzept

Über den Stromabnehmer erhalten die Lokomotiven vom Fahrdraht, der aus reinem Elektrolytkupfer besteht (Querschnitt 107 mm²), die erforderliche Menge Strom. Da die Grösse des Fahrdrahtes für den Transport der erforderlichen Leistung allein nicht genügt, kommen auf den stark belasteten Abschnitten Kupfertragseile (Querschnitt 92 mm²) mit einer Stahlseele zur Anwendung. Damit übernimmt das Tragseil etwa 50% der Leistung, welche über die Fahrleitung (FL) geführt werden muss.

Weil jedoch nicht beliebig viel Energie über die FL transportiert werden kann, muss eine Region in direkt dem UW angeschlossene Speise- bzw. Fahrleitungsabschnitte aufgeteilt werden. Stark vereinfacht kann man sagen, dass mit zunehmender geographischer Ausdehnung eines Abschnittes die am Fahrdraht zur Verfügung stehende Leistung sinkt. Selbstverständlich spielen dabei auch die Geländesteigungen eine wesentliche Rolle.

Diese Umstände führten dazu, dass im Raum Luzern die Speiseabschnitte neu unterteilt wurden (Bild 1). Mit dem Abschluss der Fahrleitungsarbeiten werden Bahnhof und Agglomeration Luzern eine stark verbesserte Leistungsfähigkeit der Zugförderung aufweisen, weil gleichzeitig auftretende Belastungsspitzen sich auf verschiedene Abschnitte verteilen, durch selektivere Abschaltungen in Störungsfällen die Auswirkungen auf den Zugsverkehr geringer werden sowie mit kürzeren Betriebsunterbrüchen für Störungssuche und Störungsbehebung gerechnet werden kann.

Insgesamt erreicht man also mit dieser Massnahme eine grössere Betriebssicherheit sowie eine erhöhte Verfügbarkeit der gesamten Bahnanlagen.

Die feinere Abschnittsgliederung hat jedoch zur Folge, dass eine relativ grosse Anzahl verschiedener Hochspannungsleitungen vom UW zum Bahnhof Luzern verlegt werden muss. Weil dieser Energietransport nicht ausschliesslich mittels Freileitungen bewerkstelligt werden kann, müssen kostspielige Hochspannungskabelanlagen erstellt werden, wobei die Besonderheiten des einphasigen Bahnnetzes (Speiseleitung und Fahrleitung = Phasenleiter, Schiene = Rückleiter) speziell zu berücksichtigen sind.

Die Speiseleitungen für die Abschnitte Brünig, Gütsch und Bahnhof Luzern werden alle in die neue Hauptschaltanlage des Bahnhofs Luzern eingeführt. Mit den eingesetzten Leistungsschaltern sind in dieser Anlage Kupplungen von Speiseabschnitten bzw. Notschaltungen möglich.

Die Hochspannungskabelanlage

Die bestehende Hochspannungskabelanlage zwischen Emmenbrücke und Luzern ist alt und genügt technisch nicht mehr den heutigen Anforderungen bezüglich Sicherheit und Leistungsvermögen. Nach dem neuen Versorgungskonzept werden sechs Einleiter-Hochspannungskabel 30/18 kV aus Kupferseil, mit einem Leiterquerschnitt von 400 mm², verlegt. Als Leiterisolationsmaterial wird vernetztes Polyäthylen (XLPE) oder synthetischer Kautschuk (EPR) verwendet.

Da die Fahrleitungsspannung zu Schwachlastzeiten bis 17,25 kV ansteigen kann, müssen die Kabel für die Spannungsreihe 30 bemessen sein und die nötige Spannungsfestigkeit des äusseren PVC- oder PE-Mantels gegen Erde aufweisen.

Aufgrund gesetzlicher Bestimmungen müssen alle Hoch- und Niederspannungskabel der öffentlichen Stromver-

sorgung als Berührungsschutz eine geerdete Metallumhüllung aufweisen, bei Einleiterkabeln als Kupferdrahtschirm ausgeführt. Darüber hinaus hat dieser Kupferdrahtschirm zusammen mit der äusseren Halbleiterschicht die Funktion, das elektrische Feld auf der Oberfläche der Kabelisolation zu begrenzen und den dielektrischen Verschiebungsstrom abzuleiten.

Beim Einsatz in Fahrleitungsanlagen sind die Achsdistanzen zwischen der Hin- und Rückleitung bedeutend grösser als bei Dreiphasenkabeln, wodurch entsprechend grössere Spannungen bzw. Ströme induziert werden können. Die Grösse dieser induzierten Spannung ist direkt proportional dem Leiterstrom, der Frequenz, dem Koeffizienten der gegenseitigen Induktion zwischen Leiter und Kabelschirm sowie der Länge des Kabels.

Bei der üblichen Montageart mit Durchverbinden der Kupferschirme in den Muffen und Erden an den Endverschlüssen treten durch die Induktionsspannungen Ströme in den Kupferschirmen auf. Diese haben zusätzliche Verluste und damit eine Verminderung der Belastbarkeit bei Wechselstrombetrieb zur Folge.

Sollten aus wirtschaftlichen Gründen oder mit Rücksicht auf die Belastbarkeit der Kabel diese zusätzlichen Verluste vermieden werden, dann dürfen die Abschirmungen der Kabel nur an einem Ende des Kabels geerdet werden. Am anderen Kabelende sind die Endverschlüsse isoliert auf den Gerüsten zu befestigen. Das hat jedoch zur Folge, dass die Induktionsspannungen am nichtgeerdeten Ende in voller Höhe zwischen den Abschirmungen und Erde auftreten.

Damit diese der Kabellänge proportionalen Spannungen innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben, müssen einseitig geerdete Kabelverbindungen entweder kurz sein, oder die Induktionsspannungen müssen bei längeren Trassen durch Muffen mit eingebauten Isolierstücken unterteilt werden. Die Abschirmungen in den einzelnen Abschnitten sind jeweils nur an einem Ende zu erden. Neben den höheren Aufwendungen für die Montage verschlechtert sich infolge der Unterdrückung der Induktionsströme der Reduktionsfaktor für die induktive Beeinflussung.

Damit die gesetzlichen Bestimmungen bei den vorhandenen Kurzschlussleistungen und Abschaltzeiten eingehalten werden können, ist die maximal mögliche Länge für einseitige Schirmerdung auf 250 m zu beschränken. Falls Kabelschirme bei längeren Abschnitten nur einseitig geerdet werden, müssen die offenen Schirmenden mit Überspannungsableitern geschützt werden.

Doch auch mit dem Einsatz von richtig dimensionierten Schirmüberspannungsableitern können nicht alle notwendigen Kabellängen in einem Stück geerdet werden, da ab einer gewissen Länge die Isolationsfestigkeit des äussersten PE- oder PVC-Mantels überschritten wird.

Falls bei langen Kabelstrecken auf Isolierzwischenstücke wie auch auf Schirmüberspannungsableiter verzichtet werden will, so sind die Kabelschirme mit separaten Erdrückleitern, die mit den geerdeten Kabelschirmen geshuntet werden, zu verstärken. Dabei müssen diese Erdrückleiter auf der ganzen Länge möglichst nahe an den Kabeln liegen, damit keine Schlaufenwirkung entsteht. Die Krafteinwirkung zwischen Kabel und Erdrückleiter beim Kurzschlussfall ist durch geeignete Verlege- und Montageanordnung unschädlich zu machen.

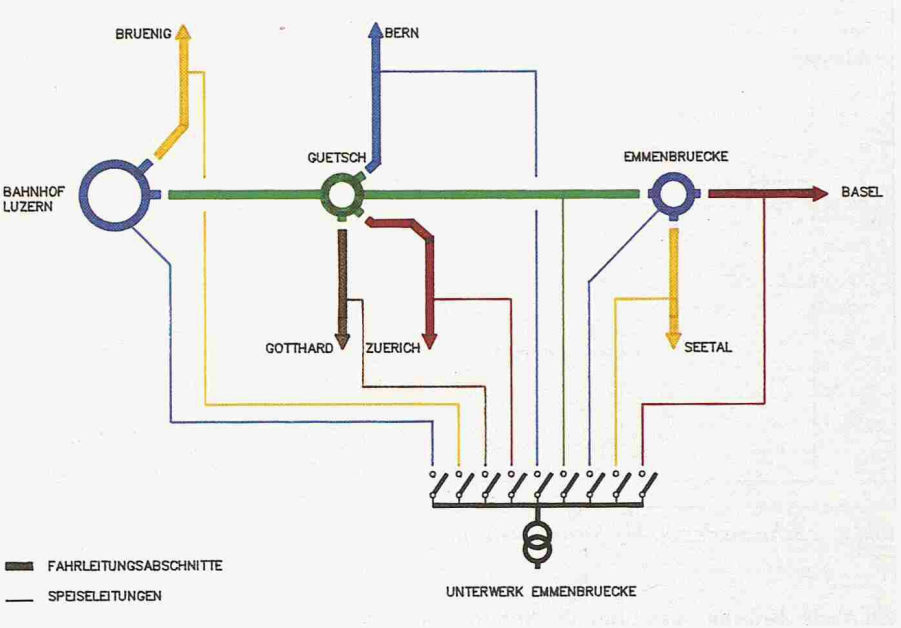


Bild 1. Speiseabschnitte der Fahrleitungen der Region Luzern

Bild 2. Rohrblock unterhalb der Hauptschaltanlage des Bahnhofs Luzern



Bild 3. Schaltposten im Bahnhof Luzern im Bau. Die einzelnen Sektoreinspeisungen sind vorbereitet (Ringe an Quersaiten) (Foto J. Brun, Luzern)



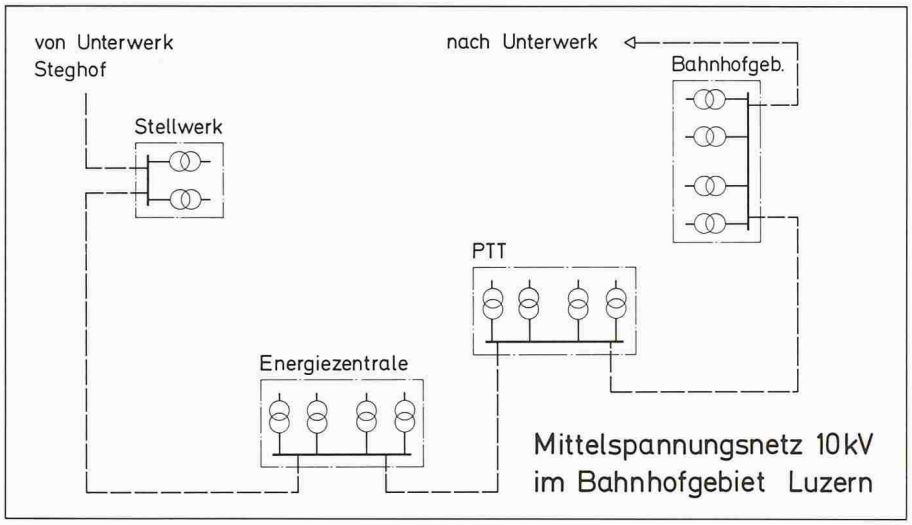


Bild 4. Schema der 50-Hz-Stromversorgung

Zu viele Erdungsvarianten in Abhängigkeit der Kabellängen innerhalb der gleichen Anlage erschweren die Unterhaltsarbeiten und verursachen aufwendige Instruktionen des Montage- und Unterhaltspersonals. Aus diesen Gründen verzichten wir bei den oben beschriebenen Erdungsvarianten auf den Einsatz von Schirmüberspannungsableitern. Festgelegte Erdungsarten der Kabelschirme bei Kabellängen bis 250 m sind einseitige Schirmerdung, bei Kabellängen grösser als 250 m parallele Erdrückleiter, geshuntet mit dem doppelseitig geerdeten Kabelschirm.

Als Kabelschutz dienen neuerdings Rohrleitungen. Diese Rohranlagen bieten den Kabeln einen grösseren Schutz vor mechanischer Beanspruchung und reduzieren die thermische Beeinflussung bei den Kabeln. Um eine optimale Kabeldilatation zu bieten, muss der gewählte Rohrdurchmesser in einem bestimmten Verhältnis zum Kabeldurchmesser stehen. Der neue Rohrblock aus acht Polyäthylenrohren mit Durchmesser 150 mm ist auf Bild 2 ersichtlich.

Er beansprucht wesentlich mehr Platz als das alte Oberflächentrasse aus vorfabrizierten Betonkanälen. Der Rohrblock ist zwischen den Schwellenköpfen eines Gleises und den Stützmauern im Bahneinschnitt angeordnet. Die sehr beschränkten Platzverhältnisse neben dem Bahntrasse, in den Tunnels und über Brücken stellen grosse Anforderungen an die Projektierung und Realisierung einer zweckmässigen Kabelanlage, um so mehr, als in Abständen von etwa 250 m auch noch Kabeleinzugs- und Spleissschächte notwendig sind.

Das Verlegen der 800 m langen Hochspannungskabel-Teillängen erfolgt während nächtlicher Zugspausen mittels einer Kabeleinzugsmaschine ab Bobinen, nachdem vorgängig ein sogenanntes Vorseil eingeblasen wurde. Die bahnbetrieblichen Auflagen und der enge zur Verfügung stehende Raum haben nebst einer langen Bauzeit auch entsprechend hohe Baukosten zur Folge.

Die 15-kV-Anlagen

Die Fahrleitungsanlage im Bahnhof Luzern wird in insgesamt 92 Sektoren, wovon 18 Hauptsektoren, so unterteilt, dass bei Unterhaltsarbeiten oder Störungen der ausgeschaltete Bereich möglichst geringe oder überhaupt keine Betriebsbehinderungen zur Folge hat (Sektionierung). Die Hauptsektoren sind beim Zentralstellwerk (ZSW) in zwei Gruppen zu einem Schaltposten (Bild 3) zusammengefasst und werden über eine Ringleitung von der Hauptschaltanlage mit zwei Lastschaltern gespiesen. Eine separate Notspeisemöglichkeit ab der Schaltanlage «Brünig» verbessert die Versorgungssicherheit.

Die Fahrleitungsanlagen selbst stammen grösstenteils aus der Zeit der Elektrifizierung, sind also über 60 Jahre alt. Wegen des vorgesehenen Umbaus der Luzerner Gleisanlagen wurden seit Jahren nur noch die nötigsten Unterhaltsarbeiten ausgeführt. Die Projektierung der neuen Anlage konnte deshalb ohne Rücksicht auf bestehende Strukturen an die Hand genommen werden. Für die umfangreichen Projektierungs- und Bauleitungsarbeiten wurde ein privates Ingenieurbüro zugezogen, das die notwendigen Kenntnisse im Fahrleitungsbau besitzt.

Im Kern des Bahnhofes wurden sämtliche Fahrleitungsmasten und Tragwerke ersetzt, ausgelegt auf die neue Gleisgeometrie. Auch in der Gleisgruppe Rösslimatt wurden die neuen Gleise mit einer FL ausgerüstet, womit ein elektrischer Manöverbetrieb ermöglicht wurde. Einzig in Randzonen, wo keine Gleisänderungen erforderlich waren, wie z.B. im Bereich des Lokomotivdepots, konnten bestehende Anlagenteile weiterverwendet werden.

Besondere Schwierigkeiten bot der schlechte Baugrund, der die normale Bauart der Mastfundamente nicht zuliess. Man verwendete deshalb Schleuderbetonpfähle, die in Teillängen von 4 m in den Boden gerammt wurden. Die einzelnen Teile kuppelte man bis zu einer Maximallänge von 12 m aneinander, und auf das letzte Stück montierte man einen Fertigelementkopf, welcher alle Ankerschrauben für die Mastbefestigung enthielt. Dank dieser Methode wurde auch der Zugs- und Manöverbetrieb wenig behindert, indem auf Baugruben mit dem entsprechenden Aushub verzichtet werden konnte. Auch die sonst üblichen Kopfschalungen fielen weg.

In der Rösslimatte kam ein Verfahren zur Anwendung, bei dem auf einem rechteckigen Betonpfahl die freigelegte Armierung mit den Ankerschrauben verschweisst wurde. Auf diese Konstruktion betonierte man an Ort einen Fundamentkopf mit der üblichen, normierten Schalung.

Überwachung und Steuerung

Alle Schalterstellungen der Schaltposten «Brünig» und «Einschnitt» sowie der wichtigsten Sektoren des Bahnhofes verfügen über eine Rückmeldung in den Kommandoraum des ZSW. Von dort erfolgt auch deren Schaltung.

Bis zur Inbetriebnahme des neuen Unterwerks Emmenbrücke werden die Hauptschaltanlagen provisorisch mittels der Fahrleitungsfernsteuerung vom Unterwerk Emmenbrücke aus überwacht und bedient. Damit ist eine rasche und wirkungsvolle Eingriffsmöglichkeit im Bedarfsfalle jederzeit gewährleistet.

Sobald das neue UW Emmenbrücke gebaut und in Betrieb ist, wird die Überwachung und Fernsteuerung des gesamten zentralschweizerischen Fahrleitungsnetzes dem SBB-Unterwerk Steinen übertragen.

Die 50-Hz-Stromversorgung

Neben der Versorgung des Bahnhofs mit Traktionsenergie (16⅔ Hz) müssen die umfangreichen Anlagen und Gebäude auch mit Ortsnetzenergie von 50 Hz versorgt werden. In den Verbraucherzentren sind dafür, gemeinsam mit den Städtischen Werken Luzern, Transformatorenstationen erstellt worden. Diese sind im neuen Zentral-

stellwerk, in der Energiezentrale am Inseliquai, im Postbetriebszentrum und im neuen Bahnhofgebäude untergebracht.

Total sind in diesen vier Stationen etwa 12 000-kVA-Leistung installiert. Sie werden aus dem Mittelspannungsnetz (10 kV) der Städtischen Werke Luzern gespeist. Die Transformatorenstationen sind untereinander auf der 10-kV-Ebene verbunden und in einen Ring eingeschlauft. Dieser Ring kommt direkt vom Unterwerk Steghof der Städtischen Werke (Bild 4). Alle diese Massnahmen tragen dazu bei, eine hohe Versorgungssicherheit zu erreichen.

Versorgungssicherheit

Neben der Haustechnik werden aus dem Ortsnetz auch die computerunterstützten Signal- und Sicherungsanlagen mit elektrischer Energie versorgt. Hier sind die Anforderungen an die Versorgungssicherheit besonders hoch. Zur Erhöhung dieser Sicherheit wurde für diese Anlagen als zusätzliche Massnahme eine Einspeiseverbindung aus dem Traktionsnetz hergestellt.

Alle Schwachstromanlagen der Signal- und Sicherheitstechnik werden von separaten Generatoren versorgt. Diese wiederum werden wahlweise durch Motoren aus dem Ortsnetz (50 Hz) oder dem Traktionsnetz (16⅔ Hz) angetrieben. Eine Schwungmasse überbrückt die minimale Umschaltzeit, die bei einer automatischen Umschaltung entsteht. Obwohl Redundanz der Anlagen vorhanden ist, kann zusätzlich eine direkte Noteinspeisung aus dem Ortsnetz erfolgen.

Vermaschung

In der grossflächigen Anlage Bahnhofgebiet Luzern sind zwei verschiedenartige Mittelspannungsnetze miteinander verflochten. Dabei tauchen automatisch Fragen zum Erdungssystem auf.

Das Traktionsnetz (15 kV, 16⅔ Hz) ist ein Einphasennetz und benützt den Erdleiter sowohl als stromführenden Rückleiter als auch als Schutzleiter. Beim dreiphasigen Ortsnetz (10 kV, 50 Hz) wird der Erdleiter ausschliesslich als Schutzleiter benützt.

Da eine konsequente Trennung der beiden Erdungssysteme nicht durchführbar ist, wurde speziell darauf geachtet, dass die Erdsysteme der beiden Netze an möglichst vielen Punkten gut miteinander vermascht sind. Damit können zwischen den beiden Erdungen Potentialdifferenzen vermieden werden. Die unumgänglichen Ausgleichströme fliessen dadurch an definierten, speziell hiefür bemessenen Stellen und können deshalb keinen Schaden anrichten. Die Verbindungspunkte sind kontrollierbar und für Messungen zugänglich.

Adressen der Autoren: *E. Deuring*, Ing. HTL, und *B. Piquerez*, Ing. HTL, Fahrleitungen; *R. Schneeberger*, Ing. HTL, *A. Hermann*, Techn. Dienstchef, und *H. Maegli*, Ing. HTL, Niederspannungs- und Fernmeldewesen, SBB Bauabteilung Kreis II, 6002 Luzern.

Kabelanlagen

Die Neuerstellung und das Verschieben von Gleis-, Perron- und Fahrleitungsanlagen, der Bau einer neuen Unterführung für Post und Personen sowie die neuen Hochbauten erforderten auch die Anpassung der Kabelanlage. Diese Bauten lösten zudem grossräumige provisorische Kabelumlegungen aus, um die Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes jederzeit zu gewährleisten.

VON ARNOLD HERMANN, LUZERN

Für die Wahl der neuen Kabeltrassen waren folgende Kriterien massgebend:

□ Die Streckenkabeleinführung in das Zentralstellwerk via Kabelhauptstrasse (begehbarer Stollen).

□ Die Verteilung der verschiedenen Kabel ab Zentralstellwerk zu den Gleis- und Perronanlagen via Kabelhaupttrasse. Diese Kabel reichen bis in den Gleisbrückenbereich des Untergeschosses des neuen Aufnahmegebäudes.

□ Die Kabel der verschiedenen Spannungsebenen mussten getrennt verlegt und geschützt werden, das heisst, es waren getrennte Kabeltrasseanlagen für 15 kV Hochspannungs-, für 1000 + 1500 V Zugvorheizungs- und für alle übrigen Niederspanungs-, Sicherungs-, Steuer- und Fernmeldekabel vorzusehen.

Es sind insgesamt über 40 verschiedene Kabeltypen für die folgenden Spannungsebenen verlegt:

- Hochspannungskabel für die 50 Hz-Energieversorgung bis 10 kV
- Hochspannungskabel für die Energieübertragung 15 kV, 16 ⅔ Hz der elektrischen Zugförderung
- Kabel für die Zugvorheizanlage 1000 V + 1500 V, 16 ⅔ Hz
- Niederspannungskabel aller Art für Kraft-, Wärme- und Gleisbeleuchtungsanlagen
- Kabel für die Sicherungsanlagen
- Telefonkabel
- Lichtwellenleiter für die Fernübermittlung

Die Kabelanlage in den Perrons

Während die Erstellungsart des Perrons 1 (Ausführung mit Lecabeton) die konventionelle Rohrblockbauweise ermöglichte, stellte uns die Projektvariante «Hohlraumperron» der Sektion Tiefbau vor folgende Probleme:

- es stand eine Hohlraumhöhe von 1,20 m für Trassevarianten zur Verfügung
- in der Hohlraumsohle konnte Wasser auftreten (hoher Grundwasserspiegel)
- der Schutz gegen einwandernde Nagetiere war zu gewährleisten
- das Erschliessen der vielen verschiedenartigen elektrischen Verbraucher auf den Perrons war vorzusehen
- es musste ein möglichst unterhaltsarmes und kostengünstiges Kabeltrasse erstellt werden.

Nach gründlichen technischen Studien und wirtschaftlichen Überlegungen entschlossen wir uns zum Aufhängen der Kabelrohre in den Perronhohlräumen (Befestigung wie unter einer Brükke). Für die Quertrassen erstellte man Aussparungen in den Perronkanten. Bei den Kreuzungsstellen von Längs- und Quertrassen, etwa alle 100 m, sind in den Perronplatten zudem Schachtabdeckungen von 1,20×1,20 m Grösse montiert worden. Dies erlaubte eine konventionelle Kabelverlegungsart (Bild 1), die zudem einige hunderttausend Franken an Einsparungen erbrachte.