

Sensible Technik mit archaischen Mitteln schützen: neue Generation von Stellwerksgebäuden der SBB

Autor(en): **Humm, Othmar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 33/34

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79015>

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.

Othmar Humm, Zürich

Sensible Technik mit archaischen Mitteln schützen

Neue Generation von Stellwerkgebäuden der SBB

Kürzere Planungs- und Bauzeiten sowie niedrigere Investitions- und Betriebskosten waren die Ziele eines Studienauftrages der SBB zur Realisierung neuer Stellwerke. Der Prototyp dieser geplanten Stellwerkreihe, die nach heutigen Erkenntnissen rund 50 Standorte umfassen soll, steht in Murgenthal, an der Linie Olten-Langenthal. Durch konsequente Standardisierung, weitgehende Vorfabrikation und eine energetisch optimierte Bauhülle konnten die Zielwerte erreicht oder gar überschritten werden.

Die SBB versorgen sich über zwei Netze unterschiedlicher Frequenz mit Strom: Die Traktion, die Weichenheizung sowie die Beheizung und Klimatisierung von Reisewagen erfolgt mit 16% Hertz. Sicherungs- und Kommunikationsanlagen, Lüftungs- und Klimaanlage, aber auch alle anderen haustechnischen Installationen von ortsfesten Einrichtungen werden über das 50-Hz-Netz gespeist. Aus diesem Netz stammen lediglich 10%, der grosse Rest von 90% ist «Bahnstrom» mit der niedrigeren Frequenz.

Verkehrsregelung mit über 800 Stellwerken

Die SBB regeln ihr Verkehrsaufkommen über 815 Stellwerke, wovon 115 Werke rein mechanisch und 700 elektromechanisch oder elektronisch betrieben werden. Rund 20 Anlagen sind in mehrgeschossigen Gebäuden untergebracht, 435 gelten als Klein- und Mittelanlagen, und weitere 350 sind Kleinstanlagen, die keine separaten Hochbauten benötigen. Sehr geeignet für eine Standardisierung ist vor allem der «Mittelbau», die über 400 Anlagen mit einem typischen jährlichen Elektrizitätsverbrauch von je 60 bis 85 MWh.

Die haustechnische Ausrüstung ist uneinheitlich: einfache Abluftanlagen, Zu- und Abluftanlagen, Klimaanlage mit Kältemaschinen sowie Kombinationen der genannten Installationen sind in diesen Stellwerken eingebaut. Gemeinsam ist allen Anlagen indessen, dass erhebliche

Abwärme abgeführt und während Kälteperioden – sofern die Abwärme nicht ausreicht – Heizwärme zugeführt werden muss. Viele dieser Stellwerke sind in die Jahre gekommen; ein Ersatz drängt sich schon aus Gründen der Betriebssicherheit auf. Wo sich diese unbemannten Schaltzentralen nicht in andere Infrastrukturbauten integrieren lassen, sind solitäre Hochbauten nötig.

Pflichtenheft als Startbedingung

Spezialisten der SBB formulierten im Frühjahr 1995 anhand des umfangreichen Zahlenmaterials und der einschlägigen Erfahrungen ein Pflichtenheft für «Normierte Gebäude für Bahntechnik» (NGB). Die wesentlichen Punkte lauten:

- Der Spielraum der sicherheitstechnischen Anforderungen ist besser auszunutzen und Minimal- wie auch Maximaltemperaturen präziser, allenfalls tiefer bzw. höher anzusetzen. Früher übliche «Sicherheitszuschläge» sind zu begründen und genauer zu

quantifizieren. Beispiel: Die Raumlufttemperatur steigt in einem Stellwerk nach einem Ausfall der Kälte- oder Lüftungsanlage deutlich an, was zu tieferen zulässigen Höchsttemperaturen führt, um eine ausreichende Interventionszeit sicherzustellen. Diese (notwendige) Temperaturdifferenz lässt sich mittels Simulationsprogrammen relativ genau bestimmen.

- Die Gebäudehülle ist zum Ausgleich des Temperaturganges – insbesondere durch Eliminierung ausgeprägter Spitzen und Senken – einzusetzen, entweder durch verzögerte Abgabe nach aussen, beispielsweise während der Nacht, oder durch Abgabe nach innen, um Temperatursenken in kalten Winternächten auszugleichen. Die Wärmedämmung und das Speichervolumen ist zu diesem Zwecke zu optimieren.

- Kältemaschinen sind wenn möglich zu vermeiden.

- Die Laufzeiten oder, bei mehrstufigem Betrieb, die Betriebsweisen der Lüftungsanlagen sind zu optimieren.

- Das Gebäude muss sich für eine Standardisierung eignen, um die Planungs- und Evaluationskosten zu verringern.

Form und Funktion

Im Rahmen eines Studienauftrages nach Art. 10 der Empfehlung SIA 102 reichten

Elektrizitätsverbrauch der SBB (1994)

16% Hz		
Traktion, Weichenheizung, Beheizung und Klimatisierung von Reisewagen		1 965 GWh
50 Hz		
Sicherungsanlagen (Stellwerke)		35 GWh
Lüftungs- und Klimaanlage von Stellwerken		8 GWh
Beleuchtungen, EDV, Telefonzentralen, Transport- und Förderanlagen, Haustechnik		170 GWh
Summe 50-Hz-Netz		215 GWh
Gesamter Elektrizitätsverbrauch der SBB		2 178 GWh

Zahlen zum Elektrizitätsverbrauch der SBB. Die einzelnen Anteile der Anwendungen sind grobe Schätzungen mit einer Genauigkeit von 20% (Quelle: SBB)

Elektrizitätsbedarf eines mittleren Stellwerkes

Energiedienstleistung	Stromverbrauch	Anteil in %
Aussenanlagen (Signale, Weichen)	20 MWh	27%
Abwärme der Sicherungsanlagen (entspricht dem Elektrizitätsverbrauch)	25 MWh	34%
Abwärme der Umformer (entspricht dem Verlust der Stromversorgung)	13 MWh	18%
Antriebsenergie für Lüftererneuerung und Kälteproduktion	15 MWh	21%
Summe des Elektrizitätsverbrauches	73 MWh	100%

Typische Werte des Elektrizitätsverbrauches von kleinen und mittleren Stellwerken, nach Energiedienstleistungen geschlüsselt (Quelle: Schätzung SBB)

fünf Architekturbüros - selbstverständlich in genauer Kenntnis des Pflichtenheftes - im Juni 1995 Vorschläge für die neue Generation von Stellwerkgebäuden ein. Eingeladen waren die Büros *Atelier Cube architectes* (Lausanne), *Marques + Zurkirchen* (Luzern), *Morger & Degelo* (Basel), *Scheitlin + Syfrig* (Luzern) sowie *Ueli Zbinden* (Zürich). Das sechsköpfige Beurteilungsgremium bestand je hälftig aus Architekten und Ingenieuren der SBB-Bereiche Hochbau und Signaltechnik.

Drei Kriterien waren für die Beurteilung massgebend, nämlich die architektonische Gestaltung, das thermische Verhalten (Energieverbrauch) und die Wirtschaftlichkeit (Bau, Betrieb und Unterhalt). Die wirtschaftlichen Aspekte hatten grosses Gewicht, nicht zuletzt aufgrund der beachtlichen Zahl geplanter Objekte: Ursprünglich ging die Bauherrschaft von 15 Gebäuden aus, in der Prototyp-Phase war von 40 Stellwerken die Rede, heute sind 50 Standorte in Prüfung. Das Beurteilungsgremium empfahl aufgrund des überzeugenden Gesamtkonzeptes mit energetisch optimierter Gebäudehülle in Kombination mit einer Lüftungsanlage sowie der im Vergleich günstigen Jahreskosten einstimmig das Projekt von Morger & Degelo zur Weiterbearbeitung.

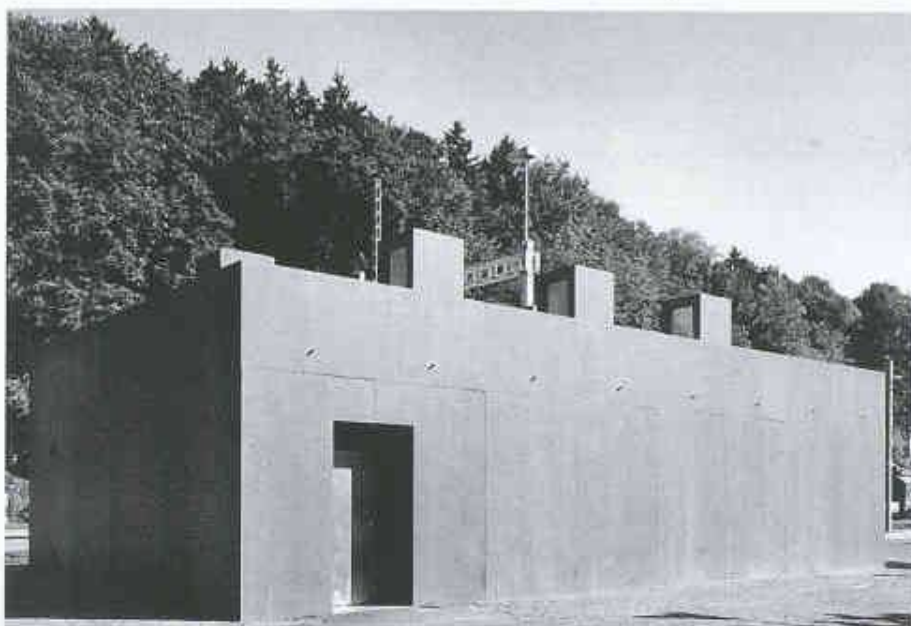
Der Prototyp in Murgenthal

«Sensible Hochtechnologie lässt sich mit archaischen Mitteln schützen» schreiben die Architekten in ihrer eingereichten Studie und schlagen einen aus Fertigbetonelementen gefügten Quader mit kaminartigen Aufbauten zur Belichtung und Belüftung vor. Das Stellwerk sieht massig aus und ist es auch: Die wahlweise mit Sand, Blähton (Lecca) oder Luft gefüllten Aussenwandelemente weisen Bautiefen von 60 cm auf, die Deckenwannen, in denen der grösste Teil des Aushubmaterials liegt, haben eine Mächtigkeit von 120 cm. Die Hülle steht auf einer 20 cm starken Betonplatte, die einen guten Wärmeübergang zwischen Raum und Erdreich garantiert.

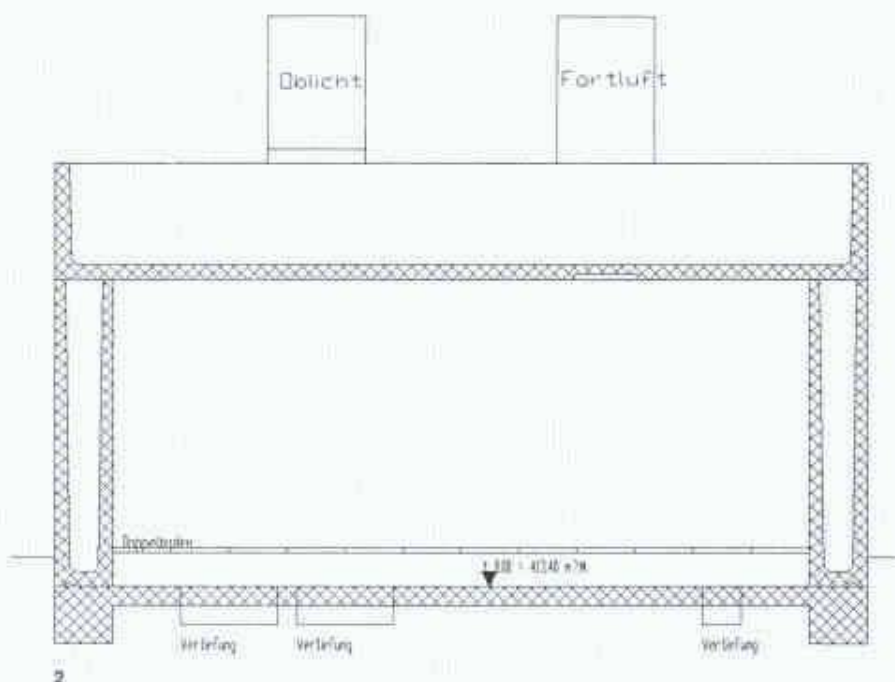
Das 14,4 m lange und 8,4 m breite, monolithisch anmutende Stellwerk in Murgenthal steht unmittelbar neben dem Bahnhof, die gesamte Höhe misst 6,5 m, wovon 0,9 m auf den Perimeterbereich und 1,5 m auf die Aufbauten entfallen. Der umbaute Raum nach SIA beträgt 620 m³.

Redundanz in der Stromversorgung

Die Nutzfläche von 95 m² teilt sich aus brandschutztechnischen Gründen in zwei Räume: Die Sicherungsanlagen - im we-



1
Der Monolith in Murgenthal: Prototyp einer neuen Stellwerkreihe. Architekt: Morger & Degelo (Bild: Nick Brändli)



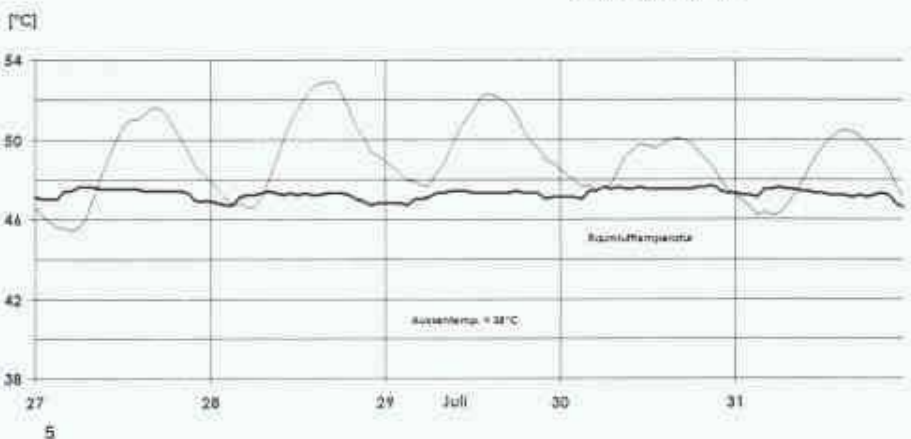
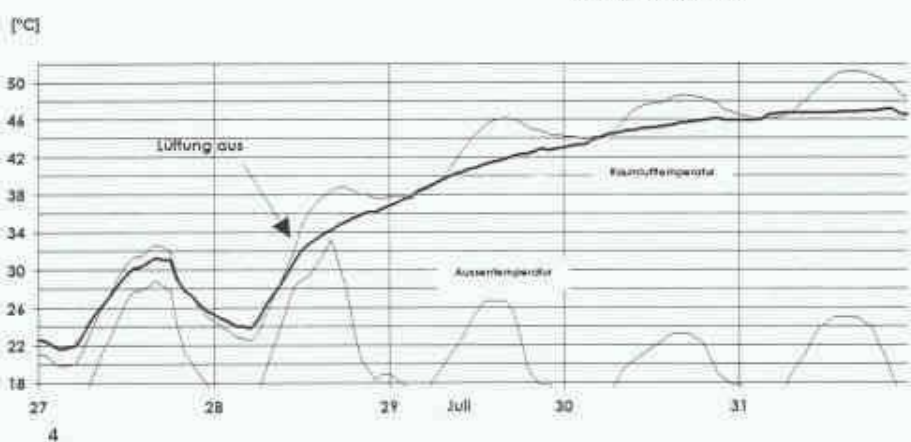
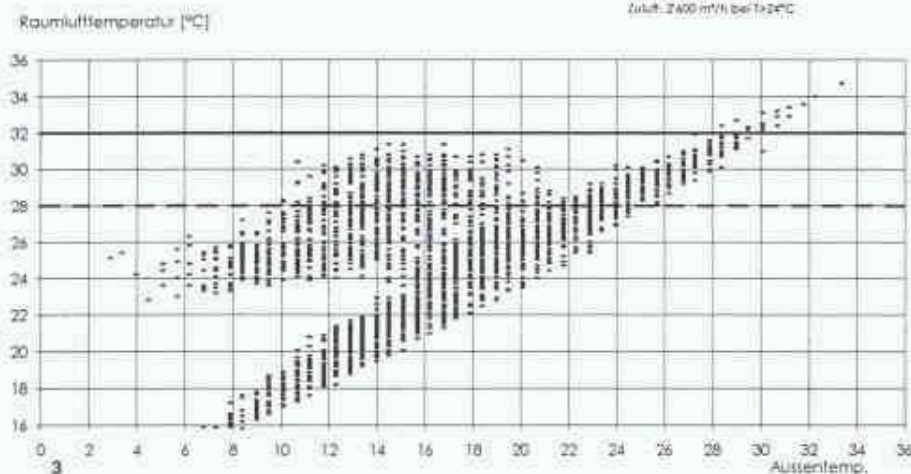
2
Schnitt durch die Bodenplatte und drei vorgefertigte Betonelemente. Die Wandteile werden mit Sand, Blähton (Lecca) oder Luft, die Deckenwannen mit Aushubmaterial gefüllt

sentlichen sind das Schränke mit Rechnern und Relais - sind im Hauptraum (68 m³) untergebracht. Im Umformerraum wird der aus dem Ortsnetz stammende elektrische Strom in seiner Spannung und Frequenz modifiziert und dabei von «Verschmutzungen», insbesondere von hochfrequenten Oberwellen, befreit. Fällt das Ortsnetz aus, formen die Frequenz- und Spannungswandler Bahnstrom um und ermöglichen damit eine vollständig redundante Stromversorgung des Stellwerkes. Im Umformerraum sind ausserdem Batte-

rien der USV-Anlage eingebaut, die den Betrieb der Sicherungsanlagen bei Ausfall beider Elektrizitätsversorgungsnetze sicherstellen. Ausserdem sind in diesem Umformerraum der Eingangsbereich und der Lüftungsmonoblock untergebracht.

Die internen Lasten werden von den SBB-Fachleuten der Signaltechnik für den Raum mit den Sicherungsanlagen auf 55 bis 65 W/m², insgesamt 3,85 bis 4,5 kW, für den Umformerraum - ohne Eingangsbereich - auf 179 W/m² oder 2,5 kW veranschlagt. In der Nacht sinkt aufgrund der

Aussenwände: Lecco
Zuluft: 2400 m³/h bei 12°C



reduzierten Leuchtstärke der Signale die Abwärme der Sicherungsanlagen um 15%. Bei der Simulation wurde konsequent der schlechteste Fall - im Winter die niedrigsten, im Sommer die höchsten internen Lasten - angenommen. Die für die Simulation verwendeten Wetterdaten entsprechen dem sogenannten Design-Year, ein aus mehreren Jahren geformtes Referenzjahr, das aber keine extremen Kälte- und Hitzeperioden enthält. Wieweit sich dieser Mangel auf den tatsächlichen Betrieb auswirkt, wird sich zeigen müssen.

Die Lüftungsanlage

Steigt die Raumlufttemperatur über 24°C - im Umformerraum 26°C - und gleichzeitig 1,5 K über die Aussen-temperatur, schaltet das dreistufige Lüftungsaggregat automatisch ein. Die Aussenluftfrate beträgt auf Stufe drei 2600 m³/h für den grossen, 1300 m³/h für den kleineren Umformerraum, was einem Luftwechsel von 14/h bzw. 31/h entspricht.

Das Aggregat bläst die Zuluft getrennt in die Hohlböden der beiden Räume, von

3

Die mit DOE berechneten Stundenwerte der Lufttemperaturen im Raum der Sicherungsanlagen zwischen 1. Juni und 30. September in Abhängigkeit der Aussen-temperatur. Die Temperatur von 32°C wird nur während einigen wenigen Stunden überschritten. Der simulierte Einfluss der Lüftungsanlage erzeugt eine «Schere» unterhalb der Einschalttemperatur von 24°C (Simulation)

4

Vergleich der Raumlufttemperaturen nach einem Defekt der Lüftungsanlage am 28. Juni um 12.00 Uhr für eine schwere und eine leichte Bauhülle (Simulation)

5

Raumlufttemperaturen im Sommer bei ausgeschalteter Lüftungsanlage für eine leichte und eine schwere Bauhülle. Die an sich «unmöglichen» Verhältnisse visualisieren die Funktion der Bauhülle zur Amplitudendämpfung. Beim Massivbau wird der Raumlufttemperaturverlauf im wesentlichen durch die geringfügig schwankenden internen Lasten bestimmt, beim Leichtbau gibt das Aussenklima den Takt an (Simulation)

Beteiligte

Bauherrschaft: Kreisdirektion II der SBB, 6002 Luzern; Vertreter der Bauherrschaft: Johannes Schaub, dipl. Architekt ETH/SIA

Für Belange der Haustechnik: Peter Kräubenbühl, Haustechnik-Ing. HTL

Beurteilungsgremium: Karl Heini, dipl. Ing. ETH/SIA, Oberingenieur, Luzern, Vorsitz; Werner Felber, dipl. Arch. SIA, Chef Sektion Hochbau, Luzern; Uli Huber, Architekt BSA/SIA/SWB, Chef Abteilung Hochbau, Bern; Nello Legnani, El. Ing. HTL, Stv. Chef Sektion Signaltechnik und Telekommunikation, Luzern; Johannes Schaub, dipl. Arch. ETH/SIA, Stv. Chef Sektion Hochbau, Luzern; Hans Werten, dipl. El. Ing. ETH, Chef Abteilung Signaltechnik und Telekommunikation, Bern; Fachspezialist mit Beratender Stimme: Peter Kräubenbühl, Haustechnik-Ing. HTL, Sektion Haustechnik, Bern.

Architekt: Morger & Degelo, Architekten BSA/SIA, 4056 Basel

Energieingenieur: Waldhauser Haustechnik, Ingenieure ASIC/SIA, Mario Rögis, 4142 Münchenstein

wo sie einerseits über die nach unten und oben offenen Schaltschränke aufsteigt und andererseits über Bodenauslässe in den Raum gelangt und sich erwärmt. An der Decke wird die Abluft gefasst und über einen Dachaufbau nach aussen geleitet - ein weitgehend geführter Luftstrom also. Eine Kältemaschine ist nicht vorgesehen.

Die Rechnerschränke sind zusätzlich mit Ventilatoren ausgerüstet, die einen zur Luftersatzanlage parallelen Umluftstrom erzeugen (Luft einlass unten, Auslass oben). Diese dezentralen Umluftanlagen

unterstützen die thermische Ankopplung des Raumes an die Bodenplatte und ans Erdreich. (Was Lieferung und Elektrizitätsverbrauch anbelangt, sind diese Umluftgeräte Teil der Rechnerschranke und nicht des Gebäudes.)

Stromspar-Initiative im Gigawattstunden-Format

In Anbetracht der grossen Zahl geplanter Objekte, hat die Simulation eine weit über den Prototyp in Murgenthal hinausgehende Bedeutung. Die Bauherrschaft und ihre Beauftragten suchen Parameter, anhand derer ein Gebäude aufgrund des Standortes, der internen Lasten und der wünschbaren Grösse modifiziert werden kann. (Der modulare Aufbau von Bauhülle und Einrichtungen lässt den Planern diesbezüglich viel Spielraum.) Murgenthal, soviel zeigen die Simulationen, funktioniert: Mit einem jährlichen Energieverbrauch von rund 1000 kWh für den Antrieb des Lüftungsgerätes lassen sich die beiden Räume innerhalb der SBB-Vorgaben von maximal 35°C und minimal 15°C - bzw. von 38°C und 12°C für den Umformer-raum - halten. Lediglich während zwei Stunden steigt die Temperatur im Raum der Sicherungsanlagen über 34°C, und während 19 Stunden ist es wärmer als 32°C, während 166 Stunden wärmer als 30°C. Das Lüftungsgerät ist jährlich während 2700 Stunden in Betrieb (31% des Jahres). Im Vergleich zu einem üblichen Stellwerk braucht Murgenthal für Luftersatz und Wärmeabfuhr lediglich 7% an Elektrizität. Die von den SBB mit dem neuen «Normierten Gebäude für Bahntechnik» lancierte Stromsparinitiative hat demnach Gigawattstunden-Format.

Interpretation der Simulationsergebnisse

Die ungenaue Prognose zum Wärmeabfluss über das Erdreich und zu den internen Lasten werten das Simulationsergebnis zweifelsohne ab, um so mehr als dass beide Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die zu erwartenden Raumlufttemperaturen haben.

Der Beitrag der Bauhülle zur Verhinderung von Temperaturspitzen sinkt naturgemäss mit steigendem Luftwechsel: Die Lüftung «koppelt» den Raum mehr oder weniger von der Masse ab.

Während des Stellwerk-Betriebes mit ausgeschalteter Lüftung - jährlich über 6000 Stunden - ist der Einfluss der Bauhüllen-

Energie 2000 bei den SBB

Energie 2000 heisst bei den SBB - nicht nur, aber vor allem - Strom sparen. Gelegenheiten dazu sind reichlich vorhanden. Seit 1990 evaluieren die Bundesbahnen bauliche, haustechnische und fahrdienstliche Massnahmen zur effizienten Energieverwendung und zur Nutzung erneuerbarer Energien als Beitrag zum Aktionsprogramm Energie 2000; aufgrund der knappen Finanzmittel werden die Vorhaben allerdings etappiert oder mit Gesamtanierungen kombiniert. Geringere Investitions-, Wartungs- und Unterhaltskosten stehen in der Regel im Vordergrund. Dies führt in den meisten Fällen zu einer verbesserten Energienutzung.

masse dagegen erheblich, und zwar in zweifacher Hinsicht. Durch die deutliche Amplitudendämpfung werden die Zeiten mit kritischen Temperaturen - im Sommer und im Winter - reduziert. Zudem verlängert sich die Interventionsdauer in einem schweren Bau bei Ausfall der Lüftung. Bei einer definierten und geforderten Verfügbarkeit der Stellwerke lassen sich so Strom- und Wartungskosten sparen.

Die Speicherefähigkeit der Bauhülle definiert, wie erwähnt, die Dämpfung der Temperaturamplitude; das Niveau, auf dem diese Temperaturschwankungen stattfinden, ist indessen - bei ausgeschalteter Lüftung - durch die internen Lasten gegeben. Abgesehen von geringfügigen nächtlichen Absenkungen aufgrund der reduzierten Leuchtstärke der Signale und des intermittierenden Ventilatorbetriebs sind diese Lasten rund um die Uhr und über das ganze Jahr konstant. Auch diesbezüglich unterscheiden sich Stellwerke deutlich von Bürobauteilen.

Eine helle Oberfläche - hellgrau, beige oder gelb - statt die realisierte grauschwarze reduziert den Energieverbrauch um lediglich 3% (Absorptionsfaktor 0,55 statt 0,75).

Standard verkürzt Abwicklung

Das NGB-Konzept weist - im Vergleich mit konventionellen Stellwerken - neben der erwähnten Strom- und Wartungskosteneinsparung drei Vorteile auf:

- Einfache, standardisierte Projektentwicklung
- Kurze Planungs- und Realisierungszeit
- Geringe Jahreskosten für Bau, Betrieb und Unterhalt
- Hohe Anpassbarkeit an lokale Gegebenheiten (Flexibilität, Adaptabilität, Variabilität)
- Grosse Schutzwirkung (Brand, Vandalismus)

Ein ausgeklügeltes redundantes Alarmsystem signalisiert einen allfälligen Ausfall der Lüftungsanlage. Mit mobilen Kühl- und Heizgeräten könnten Piquettendienste sofort intervenieren.

Rechenhilfe aus Amerika

Das wärmetechnische Verhalten der Stellwerkzelle Murgenthal wurde mit dem Gebäude- und Haustechnik-Simulationsprogramm DOE-2E simuliert, das bereits eine lange Liste von Versionen und Validierungen aufweisen kann. Die erste Version «DOE-1», 1978 am Lawrence Berkeley Laboratory in Berkeley (USA) entwickelt, lief ursprünglich unter dem Betriebssystem Unix; später wurde das Programm wie auch jüngere Versionen für PC-Anwendungen umgeschrieben. Der Name DOE stammt vom wichtigsten Geldgeber: Department of Energie. In der Schweiz ist die seit 1994 verfügbare Version 2.1E in rund 100 Ingenieur- und Energieberatungsbüros im Einsatz. Die Abteilung Haustechnik der Empa wirkt als Beta-Tester (aber nicht als Verkäufer) des Programms - zurzeit der Version Power-DOE - die voraussichtlich 1997 in den Handel kommt.

Adresse des Verfassers:

Othmar Humm, Fachjournalist, Gubelstrasse 59, 8050 Zürich

Literatur

SBB: Normierte Gebäude für Bahntechnik, Studienauftrag an mehrere Architekten. Bericht des Beurteilungsgremiums. SBB-Kreisdirektion Luzern, 1995.

SBB - Energie 2000: Temperaturen und interne Wärmelasten in Stellwerken. Schlussbericht. Dr. Eicher + Pauli AG, Liestal 1996.