

# **Fitness-Programm für unsere Bahnhöfe: systematische Sanierungs- und Erneuerungsplanung bei den SBB**

Autor(en): **Weisskopf, Thomas / Kaufmann, Urs / Däppen, Edgar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **112 (1994)**

Heft 48

PDF erstellt am: **07.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78565>

## **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.

**Projektorganisation**

*Gesamtprojektleitung:* (Kantonales Baudepartement Luzern, Abteilung Nationalstrassen) A. Sidler, R. Casiraghi (Stv.)

*Ingenieurgesellschaft Planung:* (Projektierung Strassen, Kunstbauten, Bäche) Plüss + Meyer Bauingenieure AG, Luzern (Federführung); Senn + Partner AG, Horw; Rudolf Hofer, Ingenieurbüro, Luzern; Ingenieurbüro WSB, Emmenbrücke; Burkhart Bauinformatik AG, Kriens.

Das digitale Geländemodell sowie die Strassenprojektierung wurden mit dem Programm STRATIS der Firma RIB aus Stuttgart bearbeitet. Das Programm erlaubt es den Planern, vom Achsentwurf bis zu den fertigen Plänen alles einheitlich am Bildschirm zu bearbeiten. Dazu gehören auch alle erforderlichen und möglichen Pläne und Darstellungsarten sowie alle nötigen Details und zum Schluss auch die ganze Bauabrechnung (siehe Bild 6).

In diesen Anwendungen erfolgt auch eine gezielte Schulung der am Erweiterungsprojekt beteiligten Personen.

Diese wird entweder durch die Firma Burkhart Bauinformatik AG direkt in Kriens oder durch den Softwarelieferanten RIB in Stuttgart durchgeführt. Da die Programme natürlich einer ständigen Entwicklung und Wandlung unterstehen, müssen auch die Anwender mit Weiterbildungskursen immer auf dem laufenden gehalten werden.

**Andere Projektierungsmöglichkeiten**

Die Wichtigkeit einer guten Koordination der Daten und EDV-Anwendungen zeigt sich gerade auch an der Fülle der Informationen und der Zunahme der Trassierungselemente seit dem Projektierungsbeginn. Die Anzahl der Achsen ist seit dem Bauprojekt im Dezember 1990 von 95 auf gut 400 gestiegen, und die Punkte im digitalen Geländemodell nahmen gar von anfänglich 15 000 auf 65 000 zu (siehe dazu auch den Kasten «Veränderung der technischen Daten»). Für das Ausführungsprojekt wird diese Datenmenge noch weiter anwachsen, gilt es doch, jedes bestehende Haus, jeden

Randstein, jeden Schacht usw. zu berücksichtigen.

Für die Zukunft wird man sich vermehrt mit der Frage befassen müssen, ob eine weitere Automatisierung der heute gängigen Projektierungsmethoden für Strassen sinnvoll ist. Anstatt der gängigen Geraden-Klothoiden-Bogen-Konstruktionen würden die Möglichkeiten der heutigen leistungsstarken Computer ganz andere Konstruktionsmöglichkeiten zulassen. Möglich wäre so zum Beispiel die Projektierung mit Geraden und Spline-Linien. Dies hätte den grossen Vorteil, dass sich die gebogenen Elemente bei jeglichen Änderungen automatisch anpassen würden. Rein rechnerisch wäre das bei einer Strassenprojektierung mit CAD kein Problem mehr.

Adressen der Verfasser: *Albert Sidler*, dipl. Bauing. HTL, Tiefbauamt des Kantons Luzern, Leiter der Abt. Nationalstrassen, Arsenalstrasse 43, 6010 Kriens; *Walter Meyer*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Plüss + Meyer Bauingenieure AG, Landenbergstrasse 34, 6005 Luzern; *Pierre Burkhart*, dipl. Bauing. HTL/STV, Burkhart Bauinformatik AG, Ober-Kuonimatt, 6010 Kriens.

## Fitness-Programm für unsere Bahnhöfe

Systematische Sanierungs- und Erneuerungsplanung bei den SBB

**Über 500 Mio. kWh Energie verbrauchen die SBB jährlich – Lokomotiven und Triebwagen nicht eingerechnet. 3000 Gebäude werden damit versorgt, die nach Funktion, Grösse, Standort und Energieverbrauch sehr verschieden sind. Die SBB wollten Übersicht schaffen: Mittels einer neuen Gebäudedatenbank erfolgen Unterhalts- und Sanierungsmassnahmen an Bahnhöfen und Depots, an Wohn- und Bürobauten unter Berücksichtigung von Kosten, Terminen und gesetzlichen Vorschriften systematisch.**

Die SBB verbrauchen in rund 3000 Gebäuden 340 Mio. kWh Wärme (Bild 1) und 210 Mio. kWh Strom aus dem 50-

samt 646 und 291 Mio. kWh Wärme und Strom. Die SBB-Gebäude sind nicht nur bezüglich ihrer Grösse und Art, sondern auch bezüglich des Energieverbrauches aussergewöhnlich stark differenziert: Die Hauptwerkstätte Olten beispielsweise, die zentrale Wartungsstelle für Eisenbahnwagen, verbraucht mit 27 Mio. kWh rund 8% des gesamten Wärmehaushalts der SBB. Auf der gleichen Liste figurieren aber auch 771 kleine «Wärterhäuschen» und Nebengebäude mit Energiebezugsflächen unter 100 m<sup>2</sup> und entsprechend kleinem Energieverbrauch. In einem derart viel-

gestaltigen Gebäudebestand ist Übersicht die unabdingbare Voraussetzung für die Bewertung der Objekte einerseits und für die Planung der Massnahmen und der Kosten der Sanierungs- und Erneuerungsarbeiten andererseits. Die SBB wollten aber auch die Ziele von Energie 2000 sowie die verschärften Vorschriften bezüglich Luftreinhaltung (LRV und kantonale Massnahmenpläne), verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung und Ersatz von FCKW bei Kälte- und Wärmepumpenanlagen in die landesweite Massnahmenplanung einfließen lassen. Rund ein Drittel der Heizkessel sind Jahrgang 75 und älter: LRV ist bei diesen 400 Aggregaten ein Thema.

Zu diesem Zweck wurde eine zentrale Datenbank mit allen relevanten Gebäude- und Energiedaten von annähernd 2500 Objekten geschaffen. Die zuständigen Fachleute der drei SBB-Kreise und der Generaldirektion nutzen und warten diese Datensammlung in ihrer alltäglichen Arbeit. Daten mit einem Umfang von 7200 Seiten wurden unter Anleitung einer Koordinationsstelle von fünf privaten Büros in den Jahren 1992 und 1993 erhoben (Tabelle 1).

VON THOMAS WEISSKOPF UND  
URS KAUFMANN, BASEL,  
EDGAR DÄPPEN,  
ZOLLIKOFEN

HZ-Netz (Bild 2), also ohne Traktion. Damit gehört dieser weitverstreute Gebäudepark mit einer Energiebezugsfläche von 1,6 Mio. m<sup>2</sup> zu den grössten Energieverbrauchern überhaupt, im Vergleich dazu Bundesbauten insge-

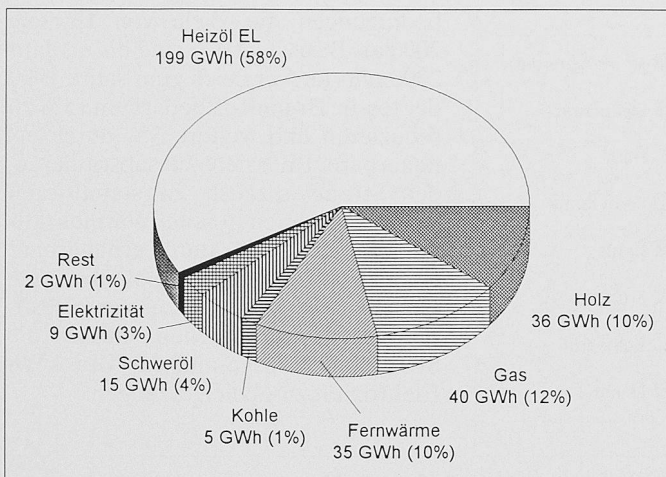


Bild 1. Heizenergieverbrauch 1991/92, insgesamt 340 GWh/a

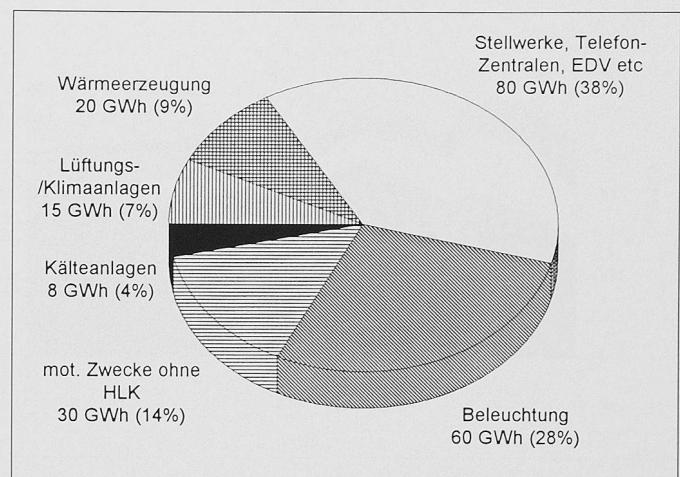


Bild 2. Elektrizitätsverbrauch aus dem 50-Hz-Netz, 1993, insgesamt 213 GWh/a

### Energiekennzahlen von 2500 Bauten

Auf die gesamte Energiebezugsfläche von 1,6 Mio. m<sup>2</sup> bezogen, beträgt die Energiekennzahl Wärme 765 MJ/m<sup>2</sup>a, diejenige der Bahnhöfe 800 MJ/m<sup>2</sup>a. Interessant ist auch der Zusammenhang von Bahnhofgröße und Wärmeenergieverbrauch: Bei Stationen unter 100 m<sup>2</sup> EBF liegt die Energiekennzahl über 1000 MJ/m<sup>2</sup>a. Die mittlere Energiekennzahl sinkt auf das «Optimum» von 600 MJ/m<sup>2</sup>a bei Bahnhöfen mit Energiebezugsflächen von rund 1000 m<sup>2</sup> und steigt bei grösseren Bahnhöfen wieder an. Mit einem spezifischen Wärmeverbrauch von 560 MJ/m<sup>2</sup>a schneiden die Mehrfamilienhäuser der SBB – im Vergleich zum schweizerischen Bestand mit 725 MJ/m<sup>2</sup>a – sehr gut ab.

Auffallend ist auch das zum Teil beachtliche Alter der Bausubstanz (Bild 3): Annähernd 30% der Gebäude stammen aus dem letzten Jahrhundert. In den 60er und 70er Jahren hat allerdings auch die SBB mit 430 neuen Gebäuden einen Bauboom erlebt. Bei den haustechnischen Einrichtungen sind gewisse Analogien zu gewerblichen und industriellen Gebäudedaten erkennbar. Beispielsweise liegt ein Fünftel der mehr als 1200 Heizkessel im Leistungsbereich von 20 bis 40 kW und 18% zwischen 100 und 200 kW. 38 Kessel leisten mehr als 1000 kW und repräsentieren rund die Hälfte der gesamten installierten Feuerungsleistung von rund 300 MW. Die Ingenieure erfassten zudem 590 Lüftungs- und 280 Klimaanlage mit einer summierten Luftfördermenge von 6,5 Mio. m<sup>3</sup>/h. Bei 62% der Anlagen handelt es sich um Kleinstanlagen mit Fördermengen unter 5000 m<sup>3</sup>/h. Die SBB betreiben aber auch an die 300 Kälte- und Wärmepumpenanlagen. Die Zahl ist insofern von Belang, als es sich bei mehr als der Hälfte der

insgesamt 26 Tonnen Kältemittel in diesen Anlagen um das «ozonschichtzerstörende» R12 handelt und mittelfristig erneuert werden muss.

Die Energieträger und ihre Anteile an der Wärmeversorgung der 340 Mio. kWh sind in Bild 4 dargestellt. Evident ist der im Vergleich zu den gesamtschweizerischen Zahlen überdurch-

schnittliche Beitrag des Holzes von 10%.

### Zielsetzungen

Für die Evaluation der Massnahmen dienten neben den bereits erwähnten beträchtlichen technischen Rand-

Beheizte Gebäude insgesamt	3000	
davon in der zentralen Datenbank enthalten	2439	
Elektrizitätsverbrauch (ohne Traktion)	210	Mio. kWh
Wärmeenergieverbrauch	340	Mio. kWh
Heizungen	1704	
davon Heizkessel	1211	
Feuerungswärmeleistung der Heizkessel	294	MW
Lüftungs- und Klimaanlage	868	
installierte Ventilatorleistung	4	MW
Kälte- und Wärmepumpenanlagen	291	
installierte Verdichterleistung	6,5	MW

Tabelle 1. Kennwerte des in der zentralen Datenbank erfassten Gebäudeparkes der SBB



Bild 3. Die Bahn braucht auch neben der Schiene Energie: Bahnhof Wichtrach im Kanton Bern

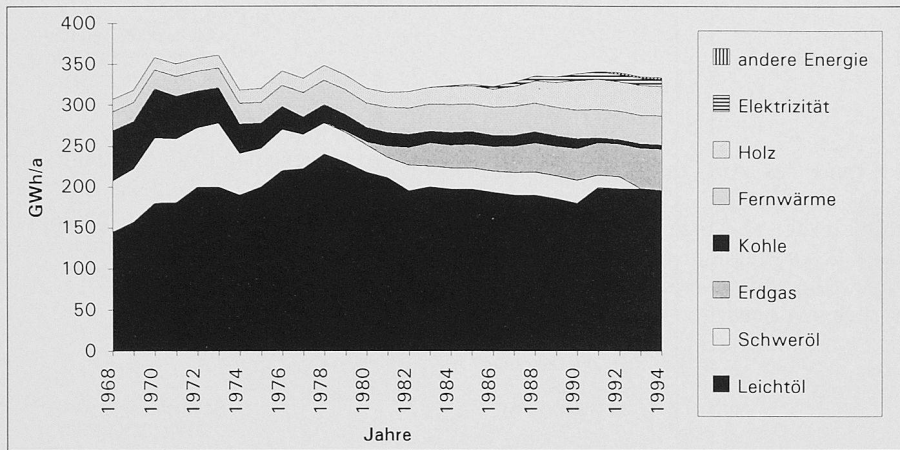


Bild 4. Die Entwicklung des Heizenergieverbrauches und der Anteile der beteiligten Energieträger, 1968 bis 1994: Elektrizität und Erdgas nehmen zu, Kohle und Schweröl werden substituiert

	Kosten bis ins Jahr 2000 zum Gesetzesvollzug und zur Erreichung der Ziele von Energie 2000 in Mio. Fr.	Erreichbare Einsparungen oder Substitution	
		Strom in Mio. kWh/a	Wärme
Sofortmassnahmen	*	*	*
Heizungssanierung	63	–	11,8
Heizkostenabrechnung	3	–	2,6
Kälte- und WP-Anlagen	11	*	1,8
Lüftungs- und Klimaanlage	35	0,9	3,9
Grobanalysen	1	–	–
Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien	18	–	8,9
Blockheizkraftwerke	7	6,4	–7,1**
Gebäudehüllen	89	–	22,3
Stromsparmassnahmen	39	12,5	–
Summe	268	21,1	44,2

Tabelle 2. Kosten und Wirkung von Sanierungsmassnahmen bei Gebäuden der SBB. \* nicht quantifiziert; \*\* zusätzlicher Verbrauch für fossile Wärmekraftkopplung (erdgasbeschickte Blockheizkraftwerke)

	Mio. kWh/a	Anteil in %
<b>Wärmeenergie:</b>		
Elektrowärmepumpen	3,6	40
Altholzverbrennung	3,0	33
Waldholz- und Restholzverbrennung	1,8	20
Solare Wasservorwärmung	0,5	6
Andere Technologien	0,1	1
Summe	9,0	100
<b>Elektrizität:</b>		
Holzbeheizte Wärmekraftkopplung	1,1	85
Photovoltaik	0,2	15
Summe Elektrizität	1,3	100

Tabelle 3. Anteile der Technologien zur Substitution von 3% des fossilen Brennstoffbedarfes und 0,5% des Elektrizitätsbedarfes durch erneuerbare Energien (gemäss den Zielen von Energie 2000)

bedingungen die Ziele von Energie 2000 als Basis. Danach sind bis ins Jahr 2000 und im Vergleich zum Jahre 1990 der fossile Brennstoffbedarf um 15% zu reduzieren und weitere 3% durch erneuerbare Energien zu substituieren, der Stromverbrauch zu stabilisieren sowie 3% durch fossile Wärmekraftkopplung und 0,5% durch erneuerbare Energien zu ersetzen. Zahlenbeispiel: Um die beiden letztgenannten Substitutionsziele zu erreichen, müssen die SBB jährlich insgesamt 7,5 Mio. kWh Elektrizität zusätzlich erzeugen.

## Massnahmen

Die eingangs erwähnte Datenbank ist massnahmenorientiert, das heisst, die EDV-Maschine generiert aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen (LRV, VHKA) und Kriterien der Werterhaltung die notwendigen und erwünschten Massnahmen mehr oder weniger automatisch. Mehr oder weniger deshalb, weil vielen Sanierungen ein Detailprojekt vorausgehen muss, das erst zu den eigentlichen Massnahmen führt. Einfacher ist dagegen die Handhabung der Software bei Sanierungen aufgrund eines definierten Wertes, beispielsweise eines Emissionsgrenzwertes oder eines spezifischen Energieverbrauches. Kosten und Wirkung von Sanierungsmassnahmen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

## Sofortmassnahmen

Sofortmassnahmen greifen mit Vorteil an den häufigsten Verlustquellen:

□ **Bauschäden:** 303 Gebäuden, die einen Fünftel der gesamten Energiebezugsfläche umfassen, weisen Bauschäden auf (Risse, Feuchteschäden).

□ **Fenster:** Mehr als ein Drittel der erfassten Geschossfläche liegt in Gebäuden mit undichten Fensterrahmen.

□ **Warmwasser:** In 555 Gebäuden – das sind 20% des Bestandes – beträgt die Solltemperatur der Wassererwärmer mehr als 60° C. In den meisten Fällen kann dieser Sollwert reduziert werden.

□ **Lüfterneuerungsanlagen:** Knapp die Hälfte der Lüftungs- und Klimaanlage weisen Betriebszeiten von über 6000 h aus. Bei diesen 385 Anlagen ist der Bedarf zu klären und die Laufzeit allenfalls zu verringern.

## Kesselsanierung

Anlass zur Sanierung einer Heizanlage ist auch bei den SBB in der Regel die lufthygienische Beurteilung des Kessels, und zwar im Hinblick auf die landesweit geltende Luftinhalteverordnung sowie die jeweilige kantonale Regelung, meist in Form eines Massnah-

menplanes. 273 Kessel mit einem 34%-Anteil an der gesamten Feuerungsleistung überschreiten die gültigen NO<sub>x</sub>-Grenzwerte, und für 73% der Anlagen, also 874 Kessel, sind keine NO<sub>x</sub>-Grenzwerte wirksam. Die 64 übrigen Kessel liegen innerhalb der Grenzwerte oder können aufgrund fehlender Messwerte nicht beurteilt werden.

Die Sanierung der Heizungsanlage ist zudem stark an die Evaluation von Varianten gebunden. Dazu zählen insbesondere Fernwärme- oder Gasanschlüsse, Blockheizkraftwerke, Wärmepumpen und moderne Holzheizungen. Für derartige Energiesysteme kann gemäss internen Richtlinien der SBB ein sogenannter Ökobonus von max. 20% in Anspruch genommen werden, das heisst die Summe der gesamten Jahreskosten – Annuität, Instandhaltung, Energie und Betrieb – darf maximal 20% höher liegen als die günstigste konventionelle Variante. Um den Nachweis für den Ökobonus zu vereinfachen, liess die SBB eine Software entwickeln, in der eine Kosten-Nutzen-Optimierung der Gebäudehülle gemäss SIA 380/1 in Korrelation mit dem Heizsystem erfolgen kann.

### Verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung

Bei 162 Heizanlagen, die 878 Wohnungen versorgen, muss aufgrund des Energienutzungsbeschlusses oder schärferer kantonaler Regelungen die VHKA eingeführt werden.

### FCKW-Kältemittel

Die 63 FCKW-haltigen Kälte- und Wärmepumpenanlagen der SBB unterliegen zwar keinerlei Sanierungsfristen. Trotzdem soll das Kältemittel R12 oder R502 aller betroffenen Anlagen innerhalb der nächsten Jahre durch sogenannte Austauschältemittel oder durch Ersatzältemittel (R134a oder R22) ersetzt werden.

## Lüftungs- und Klimaanlage

Die computergestützte Sanierungsplanung ermittelt den Erneuerungszeitpunkt für Lüftungs- und Klimaanlage aufgrund des Anlagealters und eines Malus-Systems. Das maximale Anlagealter beträgt 32 Jahre für «gute Anlagen»; dieser Maximalwert reduziert sich um 5 Jahre für Anlagen ohne Wärmerückgewinnung, um 3 Jahre für Anlagen mit mehr als 5000 Betriebsstunden und um weitere 3 Jahre für Lüftungs- und Klimaanlage mit «unbefriedigendem Betrieb». Da viele der insgesamt 864 Lüftungs- und Klimaanlage erst nach 1975 in Betrieb kamen, wird sich die Sanierung bis ins Jahr 2005 hinziehen.

### Grobanalysen

Die 100 grössten Bauten verbrauchen mehr als zwei Drittel der Heizenergie; diese Bauten mit einem Heizenergieverbrauch zwischen 0,6 und 27 Mio. kWh sollten idealerweise einer Grobanalyse unterzogen werden.

### Gebäudehülle

Annähernd 20% der Energiebezugsfläche liegen in Gebäuden mit Einfachverglasungen und weitere 30% in solchen mit undichten Fensterrahmen. Mehr als die Hälfte der EBF liegt unter einem Dach ohne Wärmedämmung. Diese Befunde lassen auf ein grosses Sanierungspotential an der Gebäudehülle schliessen, das allerdings insofern relativiert werden muss, als dass viele Hallen aus betrieblichen Gründen einen sehr grossen Luftwechsel ausweisen. Wärmetechnische Sanierungen müssen diesem Umstand Rechnung tragen. Die baulichen Mängel müssen zuerst in gesonderten Ingenieurarbeiten präzisiert und geeignete Massnahmen evaluiert werden.

### Stromsparmassnahmen

Bei einem angenommenen Wert des Stromes von 0,13 Fr./kWh, einer Pay-

back-Frist von 20 Jahren für die Stromsparmassnahmen und bei Verrechnung des erwähnten Ökobonus Energie 2000 (toleriert jährliche Mehrkosten von 20%) resultiert eine mögliche Investition pro eingesparte kWh und Jahr von Fr. 3,10. Im Vergleich dazu hat die BEW-Studie über Stromsparmassnahmen in sechs Bürobauten und Verkaufsläden 2,60 Fr./kWh ergeben.

### Energie 2000

Tabelle 3 führt geeignete Technologien sowie ihre Anteile zur Erreichung der Energie-2000-Ziele im Bereich der erneuerbaren Energien auf. Darüberhinaus ist mindestens der für den Antrieb der Wärmepumpen benötigte Strom durch fossile Wärmekraftkopplung zu decken (6 Mio. kWh pro Jahr). Standorte sind grob vorbezeichnet und werden im Rahmen von Sanierungen detaillierter geprüft.

### Weiteres Vorgehen

Die SBB wollen, trotz der schwierigen finanziellen Lage, alle gesetzlich relevanten Sanierungen fristgemäss durchführen. Energie 2000 soll indessen im Rahmen der geplanten Neu- und Umbauten erfolgen, das heisst, das an sich erwünschte Sanierungsprogramm über die 100 grössten Energieverbraucher – sie benötigen rund zwei Drittel des gesamten Heizenergiebedarfes – kann vorläufig aus finanziellen Gründen nicht realisiert werden. Der Finanzrahmen für Energie 2000-Vorhaben beträgt 120 Mio. Franken. Damit können nur knapp die Hälfte der erwünschten Projekte gemäss Tabelle 3 umgesetzt werden.

Adressen der Verfasser: *Th. Weisskopf, U. Kaufmann*, Dr. Eicher+Pauli AG, 4053 Basel, *E. Däppen*, Sektionschef Haustechnik, Abteilung Hochbau SBB, 3052 Zollikofen