

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 116 (1998)
Heft: 8

Artikel: Energie 2000 bei den SBB: Einsatz standardisierter
Umsetzungshilfsmittel in Bereichen mit grossem Sparpotential bei den
Hochbauten der SBB
Autor: Weisskopf, Thomas / Kaufmann, Urs / Däppen, Edgar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79456>

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: 01.04.2025

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

Thomas Weisskopf, Büren, Urs Kaufmann, Liestal, und Edgar Däppen, Zollikofen

Energie 2000 bei den SBB

Einsatz standardisierter Umsetzungshilfsmittel in Bereichen mit grossem Sparpotential bei den Hochbauten der SBB

Über 500 Mio. kWh Energie (Wärme und Strom) verbrauchen die SBB jährlich im Gebäudebereich – Lokomotiven und Triebwagen nicht eingerechnet. In Bereichen mit grossem Einsparpotential wurden standardisierte Hilfsmittel für Planung und Schulung geschaffen, damit Massnahmen, die gesetzlich vorgeschrieben sowie aus Altersgründen und energetisch erforderlich sind, schnell, effizient und wirtschaftlich umgesetzt werden können. Die Schulung des Personals wird für die Zielerreichung zu einem Schlüsselfaktor.

Die Schweizerischen Bundesbahnen SBB verfügen über rund 6500 Gebäude mit einem Bauvolumen von knapp 20 Mio. m³ und einem Wiederbeschaffungswert von rund 6,3 Mia. Franken. Umfassende programmatische Arbeiten hinsichtlich der Erreichung der Ziele des bundesrätlichen Aktionsprogramms Energie 2000 sind bereits vorhanden. Ein Kostendach von 120 Mio. Franken für entsprechende Umsetzungsmassnahmen ist gesetzt: Im Bereich Hochbau sind Zielbeiträge vorwiegend im Rahmen von geplanten Neu- und Um-

bauten auszuschöpfen. Massnahmen bei Umbauten müssen im Einklang mit dem natürlichen Sanierungsrhythmus stehen. Seit 1991 wurden bei den fossilen Energieträgern bereits Einsparungen von 7,5% realisiert. In Bereichen mit grossem Einsparpotential sind standardisierte Hilfsmittel für Planung und Schulung geschaffen worden, um eine möglichst effiziente Umsetzung zu erzielen. Die Weiterbildung des Personals wird zu einem Schlüsselfaktor bei der Zielerreichung.

Im Rahmen des Umsetzungsprogramms, das die SBB auf Antrag der Baudirektion «Hochbau/Haustechnik» im Mai 1995 in Auftrag gegeben hatte, wurden Massnahmen und Hilfsmittel umsetzungsreif ausgearbeitet [1]. Der vorliegende Beitrag gibt dazu einen Überblick. Über die umfassende Erhebung der Gebäude und Haustechnikanlagen der SBB wurde in einem früheren Beitrag berichtet [2].

Umsetzungsprogramm

Das Umsetzungsprogramm enthält folgende Instrumente:

- Standardisierte energetische Feinanalysen zum Erkennen von Einsparpotentialen und Dokumentieren

von SBB-spezifischen Vergleichswerten

- Planungsrichtlinien mit Erfahrungswerten für interne und externe Planer
- Rechenmodell für klimarelevante Parameter bei Stellwerken
- Pflichtenheft für die Betriebsoptimierung bei neuen Haustechnikanlagen
- Weiterbildung für Hausmeister (Elektrosparkurse)
- Weiterbildung für Technische Dienste (Betriebsoptimierung bei komplexen Haustechnikanlagen)

Feinanalysen

An fünf Standorten, bei denen bis zum Jahre 2000 Umbauprojekte anstehen, wurden energetische Muster-Feinanalysen erstellt. Diese Feinanalysen hatten zum Ziel, Erfahrungen mit diesem Planungsschritt zu sammeln und das Vorgehen, die Wirtschaftlichkeitsrechnung sowie die Darstellung zu standardisieren. Allgemein gültige Erkenntnisse flossen in die Planungsrichtlinien ein.

In den fünf Feinanalysen wurden insgesamt 40 Sofortmassnahmen und 116 kurzfristige und abhängige Budgetmassnahmen vorgeschlagen. Mit Investitionen von knapp 29 Mio. Franken könnten die Jahreskosten bei den fünf untersuchten Standorten um 840 000 Franken, der Elektrizitätsverbrauch um 20% und der Brennstoffverbrauch um 45% gesenkt werden.

Planungsrichtlinien

Im Vordergrund stand die Klassifizierung von Massnahmen in bezug auf die Wirtschaftlichkeit und den Sanierungsgrund. Die SBB führen bei Investitionen konsequent Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nach der Barwertmethode durch. Eine Investition ist dann rentabel, wenn der sogenannte Nettokapitalwert (NPV) bzw. der Return on Investment (ROI) positiv ist. Da bei isolierter Betrachtung haustechnischer Anlagen den Ausgaben in der Regel keine Einnahmen gegenüberstehen, ergeben sich häufig negative NPV. Die Auswertung der fünf Feinanalysen zeigte denn auch, dass nur 12 der 116 vorgeschlagenen Budgetmassnahmen einen positiven NPV bzw. ROI aufweisen. Massnahmen mit einem negativen NPV müssen deshalb einer vertieften Betrachtung unterzogen werden. Der NPV der Sanierungsmassnahme muss mit dem NPV der Weiterführung des Ist-Zustands und gegebenenfalls mit dem NPV der zeitlich verzögerten Sanierung über den ganzen Betrachtungszeitraum verglichen und die Sensitivität gegenüber der Teuerung geprüft werden. Da diese Betrachtung auf-

1
Neues Lokomotivdepot, Basel



Objekt	Rangierbahnhof Muttenz	Gare de la Praille Genève	Stellwerk Olten	Rangierbahnhof Limmattal	Bahnhof Schaffhausen	Total
Nutzung	Stellwerk Dienstgebäude Wagenreparatur Lokremise	Schalterhallen Büro	Stellwerk	Stellwerk Dienstgebäude Wagenreparatur Lokremise	Bahnhof/Zoll Güterexpedition Aperto	
Bruttogeschossfläche [m ²]		10 206	5 579	unbekannt	11 378	
Energiebezugsfläche ¹⁾ [m ²]	23 980	8 341	4 333	15 490	10 240	62 384
Brennstoffverbrauch Ist ²⁾ [MWh/a]	6 900	1 663	680	6 140	2 600	17 983
Elektrizitätsverbrauch Ist [MWh/a]	7 054	590	930	4 118	1 700	14 392
Kosten Feinanalyse (exkl. MWSt) [Fr.]	42 400	15 000	21 000	31 000	18 600	128 000

¹⁾beheizte Bruttogeschossfläche

²⁾klimabereinigter Brennstoffverbrauch

2

Standorte der fünf Feinanalysen

wendig und abstrakt ist, wurden in einem vereinfachenden Ansatz die Massnahmen mit einem negativen NPV vorerst nach ihrem Kosten-/Nutzen-Verhältnis (K/N) in drei Kategorien eingeteilt. 20 Budgetmassnahmen weisen ein gutes K/N-Verhältnis bis 1,2 auf. Der mittlere K/N beträgt 0,9. Diese Massnahmen sind daher als Paket wirtschaftlich, obwohl der ROI im Mittel minus 1,7% beträgt. Bei den 22 Budgetmassnahmen mit einem K/N-Verhältnis zwischen 1,3 und 2 kann eine Realisation trotz einem mittleren ROI von minus 3,1% unumgänglich sein, wenn die Massnahmen wegen gesetzlicher Vorgaben oder des baulichen Zustands angezeigt sind. Mehr als die Hälfte aller Budgetmassnahmen weisen K/N-Verhältnisse von über 2 auf. Ihr Anteil an den Kosteneinsparungen der Budgetmassnahmen beträgt lediglich 26%, obwohl dafür fast 70% der Investitionen eingesetzt werden müssten. Solche Massnahmen sollen nur aus gesetzlichen Gründen oder zur Substanzerhaltung realisiert werden.

Bei der betriebswirtschaftlichen Beurteilung von Sanierungsvarianten sind die Zielsetzungen von «Energie 2000» zu berücksichtigen. Dazu wird der Ökobonus angewandt. Das heisst, eine energetisch sinnvolle Variante darf gegenüber der wirtschaftlich günstigsten (bzw. dem Weiterbetreiben des Ist-Zustands) einen um 20% schlechteren NPV aufweisen.

Die gesamten Nebenkosten bei Geschäftsgebäuden mit hohem Technisierungsgrad können 80 bis 150 Fr./m², bei Wohnbauten 20 Fr./m² ausmachen. Bei der Realisation aller Budgetmassnahmen der fünf Feinanalysen könnten die jährlichen Betriebskosten pro Quadratmeter Energiebezugsfläche um 11 bis 12 Franken gesenkt werden.

Nettokapitalwert (NPV)

Summe der Barwerte der Investitionen und der Unterhalts-/Betriebskosten (Einsparungen)

Barwert

Heutiger Wert einer zukünftigen Zahlung bzw. Einsparung unter Berücksichtigung der Verzinsung

Return on Investment (ROI)

$\frac{\text{NPV}}{\text{Nutzungsdauer [Jahre]}} \cdot 100$
Barwert der Investitionen · 0,5

Rechenmodell für Stellwerke

Um den Betrieb der Sicherungsanlagen zu gewährleisten, müssen bestimmte klimatische Bedingungen eingehalten werden. Die früher eingebauten Lüftungs- bzw. Klimaanlage sind aber aus heutiger Sicht oftmals überdimensioniert.

In den kommenden Jahren müssen etliche kleine und mittlere Stellwerke neu gebaut werden. Ausgehend von den Resultaten eines Studienauftrags wird bei diesen Neubauten die Gebäudehülle so weit optimiert, dass eine kleine Lüftungsanlage zur Lüfterneuerung und Raumkühlung mittels Aussenluft genügt [3].

Weiter werden viele bestehende Stellwerke modernisiert. Die Haustechnikanlagen sind dabei so zu sanieren, dass die Investitionen und die Energiekosten möglichst tief gehalten werden können.

Mit dem geschaffenen Rechenmodell kann der Einfluss der Gebäudehülle und des gewählten Haustechnikkonzepts auf die Raumtemperatur mit geringem Berechnungsaufwand fallspezifisch quantifiziert werden. Messwerte aus den Stellwerken Henschiken und Wettingen wurden über längere Zeit erfasst und ausgewertet und lieferten so Grundlagen für das Rechenmodell.

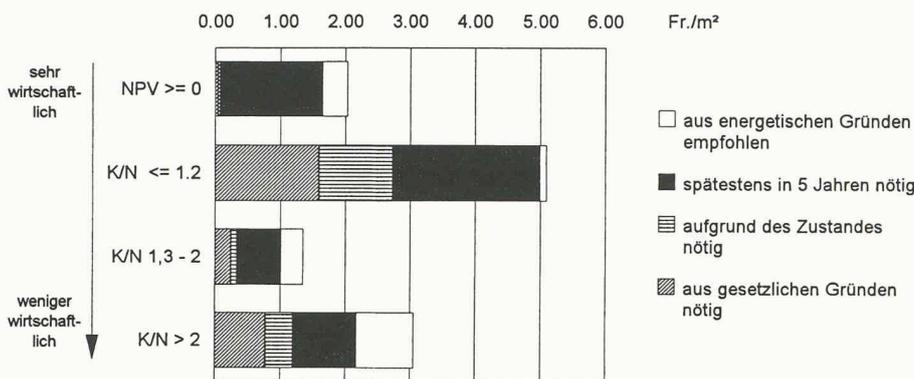
Dass auf die teure Installation von Klimaspaltgeräten in unterirdischen Stellwerken mit internen Lasten bis 40 W/m² in Zukunft wohl verzichtet wird, ist ein erstes Fazit aus den Modellanwendungen.

Das Rechenmodell wurde ins Handbuch «Gebäude und Räume für Bahntechnik» integriert und mit einer Weisung in Kraft gesetzt.

3

Budgetmassnahmen der fünf Feinanalysen, gruppiert nach deren Wirtschaftlichkeit. NPV: Nettokapitalwert, K/N: Kosten-/Nutzen-Verhältnis, EBF: Energiebezugsfläche (= beheizte BGF)

Kriterium Wirtschaft- lichkeit	Anz. Massn.	Investition	Jahreseinsparungen			Jährl. Kosteneinsp. Fr./m ² Fläche (EBF)	Anteil
			Elektro [MWh/a]	Wärme	Kosten [Fr./a]		
NPV ≥ 0	12	991 400	745	363	127 000	2,0	18%
K/N ≤ 1,2	20	5 184 660	1 246	2 625	317 950	5,1	44%
K/N 1,3-2	22	2 552 600	296	1 027	84 380	1,4	12%
K/N > 2	62	19 949 600	416	3 664	190 640	3,1	26%
Total	116	28 678 260	2 703	7 679	719 970	11,6	100%



4

Durch alle Budgetmassnahmen der fünf Feinanalysen erzielbare Jahreskosteneinsparungen pro m² untersuchter Energiebezugsfläche

Pflichtenheft Betriebsoptimierung

Neue Haustechnikanlagen sind im allgemeinen korrekt dimensioniert, wenn die aktuellen Erkenntnisse und Planungsregeln eingehalten werden. Die Anlagen werden in einreguliertem Zustand dem Betreiber übergeben. Die Erfahrungen zeigen aber, dass komplexe Anlagen durch Spezialisten während rund eines halben bis ganzen Jahres beobachtet werden sollten und durch eine erstmalige eigentliche Betriebsoptimierung an die effektive Gebäudenutzung anzupassen sind.

Haustechnikanlagen sollten, nicht zuletzt wegen immer öfters erfolgenden Umnutzungen von Gebäuden, auch entsprechend optimierbar ausgelegt werden. Dies ist im Planungsprozess gebührend zu berücksichtigen. Um einen optimalen Anlagenbetrieb aufrechtzuerhalten, sind nach der erstmaligen Betriebsoptimierung zudem weitere periodische Optimierungen nötig.

Das erarbeitete Pflichtenheft dient dazu, die Bestellerkompetenz beim Baufachorgan der SBB hinsichtlich Betriebsoptimierung von (neuen) Haustechnikanlagen im Planungs- und am Anfang des Nutzungsprozesses zu festigen und Hilfsmittel für diese Tätigkeit anzubieten. Es wurde stark auf die vorliegenden Publikationen von «Energie 2000» zu diesem Thema abgestützt. Das Pflichtenheft gliedert sich nach den Planungs- und Nutzungsphasen des SIA-Leistungsmodells 95 (LM 95).

Ende 1997 wurde die Anwendung dieses Instruments beim Baufachorgan geschult.

Weiterbildung Hausmeister

Für die Betreuer einfacherer Haustechnikanlagen (Hausmeister) existiert bei den SBB bereits seit 1990 ein Kurs, der einen theoretischen und praktischen Überblick über Betrieb und Unterhalt von

Heizungs-, Lüftungs- und Sanitäreinrichtungen vermittelt. Um die zunehmend wichtigen Fragen des sparsamen Umgangs mit elektrischer Energie vermitteln zu können, ist ein Elektroparkurs für Hausmeister geschaffen worden. Er thematisiert auf sehr praktische Weise den energiesparenden Betrieb und Unterhalt von Beleuchtungs-, Lüftungs-, Elektroboiler- und Heizungsanlagen.

Es wurden fünf halbtägige Kurse durchgeführt, und rund 65 Mitarbeiter der SBB wurden geschult.

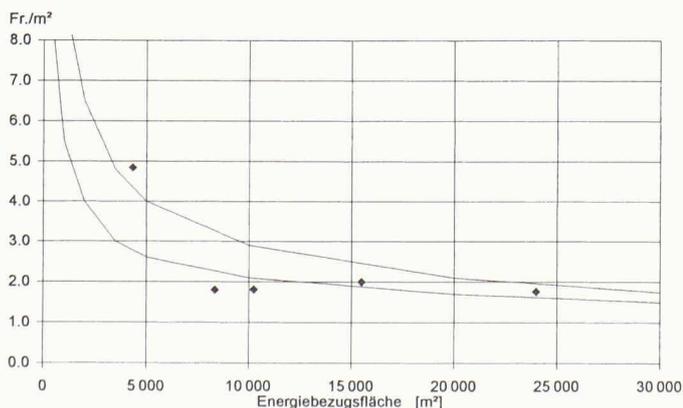
Die kompletten Kursunterlagen zur Schulung weiterer Mitarbeiter liegen vor. Ferner wurde eine Kursevaluation durchgeführt, die eine gute bis sehr gute Bewertung zeigt. Der Kurs wird, zusammengelegt mit dem ursprünglichen Hausmeisterkurs, auch künftig angeboten. In dieser Form wurde der viertägige Kurs im November 1997 erstmals durchgeführt.

Weiterbildung Technische Dienste

Im Rahmen des Umsetzungsprogramms wurden den Technischen Diensten der 20 grössten Objekte der SBB das Know-how für die Betriebsoptimierung inklusive dem notwendigen Wissen über Energiebuchhaltung und Anlagenüberwachung mit einem ganztägigen Kurs, gefolgt von einer eintägigen Anlagebegehung (zweiter Kurstag), vermittelt. Insgesamt wurden fast 60 Mitarbeiter der SBB geschult. Am zweiten Kurstag setzten die bezeichneten Technischen Dienste zusammen mit einem Referenten das am Einführungstag erworbene Wissen in der Praxis um. Bei ausgewählten Anlagen wurden Betriebsoptimierungs-Massnahmen erarbeitet und deren Umsetzung eingeleitet. Betriebsoptimierungs-Protokolle wurden für alle begangenen Objekte erstellt. Die

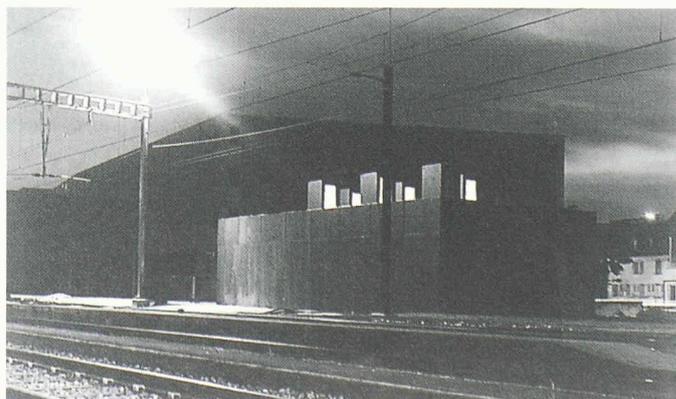
5

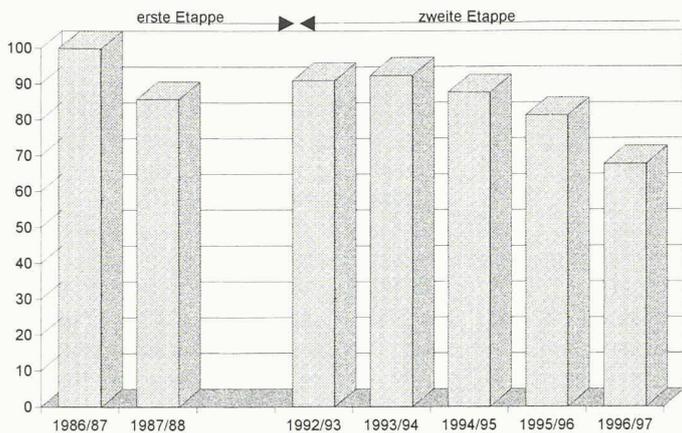
Spezifische Richtkosten für Feinanalysen in Abhängigkeit der zu untersuchenden Energiebezugsfläche (ohne MWSt, Preise 1996)



6

Stellwerk als neuentwickeltes Normgebäude, Murgenthal





7

Energetische Erfolgskontrolle im Dienst- (DG) und Aufnahmegebäude (AG) Romanshorn. Dargestellt ist der Energieverbrauch in % (100% = 1986/87). Sanierung erste Etappe: 1987 Neuer Gas-/Öl-Heizkessel für die Raumheizung und die Trinkwasserversorgung.

Sanierung zweite Etappe mit BO der Anlagen: 1994 Kessel- und Boilertemperaturen tiefer gestellt; 1995 Kesselfolgeschaltung musste erneuert werden, Hydraulik sowie Zu- und Abschaltung der Heizkessel angepasst bzw. optimiert; 1996 Sanierung der Gruppenregulierung, Heizkurven und Betriebszeiten der Gruppenregulierungen optimiert

erste Erfolgskontrolle steht im Frühjahr 1998 an.

Ziel des Kurses war nicht in erster Linie die Vermittlung von haustechnischem Fachwissen. Vielmehr sollte dem Kursteilnehmer eine Methodik vermittelt werden, wie er allfällige Optimierungspotentiale erkennen und eine sich daraus ergebende Betriebsoptimierung durchführen kann. An Beispielen, die häufig vorkommende Betriebsoptimierungen darstellen, wurde die Methodik geübt.

Die kompletten Kursunterlagen zur Schulung weiterer Technischer Dienste liegen vor. Im November 1997 schulten die SBB die Technischen Dienste weiterer 20 Standorte. Das Ziel, die zweite Kursreihe mit internen Fachreferenten zu gestalten, wurde bereits realisiert.

Kosten und Nutzen des Umsetzungsprogramms

Die einmaligen Kosten des Umsetzungsprogramms beliefen sich ohne Eigenleistungen der SBB auf rund 400 000 Franken. Davon übernahm das Bundesamt für Energiewirtschaft (Energie 2000) einen Kostenbeitrag von 25%.

Der Nutzen des Umsetzungsprogramms kann zum jetzigen Zeitpunkt, ausgehend von den heutigen Energiekosten, erst abgeschätzt werden. Insgesamt kann aber festgehalten werden, dass sich das durchgeführte Umsetzungsprogramm innerhalb weniger Jahre amortisieren lässt.

Gesamthaft sollte der beeinflussbare Stromverbrauch der Hochbauten im Jahre 2000 gegenüber 1991 (Basis: SBB - Energie 2000) um rund 5% und der Wärmeverbrauch um etwa 10% gesenkt werden können. Darauf basierend können ab dem Jahre 2000 die Energiekosten jährlich um rund 2 Mio. Franken gesenkt werden (heutige Preise). Nicht berücksichtigt sind dabei die zusätzlich erzielbaren Investitionseinsparungen durch die verminderte installierte Anlageleistung.

Ausblick

Mit dem beschriebenen Umsetzungsprogramm sind die wesentlichen Hilfsmittel in den Bereichen mit grossem Energiesparpotential bei Hochbauten geschaffen, ausgetestet, verfeinert und in die Abläufe implementiert worden. Die vorhandenen Hilfsmittel sollen konsequent eingesetzt werden. Entsprechende periodische interne Schulungen sind vorgesehen. Programmatische Arbeiten werden in den nächsten Jahren im Bereich Hochbau nicht nötig sein, da mit dem geplanten Nachfolgeprogramm zu «Energie 2000» der SBB die Kontinuität gegeben ist.

Einen wichtigen Stellenwert wird künftig die betriebsweite Energiebuchhaltung einnehmen, muss sie doch die anvisierten Energieeinsparungen aufzeigen.

Adresse der Verfasser:

Thomas Weisskopf, Weisskopf Partners, Seewenstrasse 24, 4413 Büren, Urs Kaufmann, Dr. Eicher + Pauli AG, Kasernenstr. 21, 4410 Liestal, Edgar Däppen, Chef Sektionschef Haustechnik, Abteilung Hochbau SBB, Industriestrasse 1, 3052 Zollikofen

Literatur

[1]

Dr. Eicher + Pauli AG im Auftrag der SBB-Generaldirektion Hb/Ht: SBB - Energie 2000. Umsetzungsprogramm Energie in Hochbauten, Schlussbericht, Zollikofen/Liestal, 25. April 1997. Zu jedem Programmschwerpunkt wurden umfassende Berichte und Dokumentationen verfasst.

[2]

Weisskopf T., Kaufmann U., Däppen E.: Fitness-Programm für unsere Bahnhöfe. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 48, S. 1004 ff., 1994

[3]

Humm O.: Sensible Technik mit archaischen Mitteln schützen. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 33/34, S. 688 ff., 1996