

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103 (1985)
Heft: 7

Artikel: Überwachung des Energieverbrauches von Bauten: elektronische Datenerfassung und -verarbeitung
Autor: Glauser, Ernst C. / Gugerli, Heinrich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75721>

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: 15.05.2025

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

Überwachung des Energieverbrauches von Bauten

Elektronische Datenerfassung und -verarbeitung

Von Ernst C. Glauser und Heinrich Gugerli, Zürich

Statistische Untersuchungen des Energieverbrauchs von Gebäuden zeigen, dass sich mit der energiebewussten Nutzung und dem sorgfältigen Betrieb und Unterhalt sehr viel Energie einsparen lässt. Leider besitzt der Mensch kein Gefühl für die thermischen Vorgänge in einem Haus, welches bei einem verantwortungsbewussten Mieter oder Hauswart ein energiegerechtes Verhalten bewirken könnte. Weil der Einblick in die Zusammenhänge fehlt und die Noten in Form der Heizkostenabrechnung sehr spät und pauschal erteilt werden, fehlt auch bei viel Einsicht und gutem Willen die Möglichkeit, wirkungsvolle Massnahmen zu treffen.

Der anschliessende Beitrag beschreibt an einem Beispiel, wie diesem Mangel begegnet werden könnte. Während der Heizperiode 1983/84 wurde im Heizungsraum der Überbauung Stadelhofer Passage in Zürich eine Anlage zur Erfassung und Überwachung des Betriebes und des Energieverbrauchs eingerichtet. Mittels der heute zur Verfügung stehenden Hilfsmittel der Mikroelektronik werden die Betriebszustände und die Energiebilanz laufend erfasst, ausgewertet, auf einem Bildschirm dargestellt und als Grundlage einer umfassenden Auswertung und Heizkostenabrechnung nach Ablauf der Heizperiode auf einer Diskette festgehalten. Die Ausführungen beziehen sich auf die Datenerfassung und Überwachung, wobei die Anlagenteile vorgegeben waren.

Ausgangslage

Bauwerk

Ende 1983 wurden inmitten Zürichs, in der Ecke der Stadelhoferstrasse und Schanzengasse, ein städtebaulich höchst interessantes Bauvorhaben, die Stadelhofer Passage, fertiggestellt. In unmittelbarer Umgebung der unter Denkmalschutz stehenden Patrizierhäuser «Zum Sonnenhof» und «Zum Baumwollhof» entstand in der Sprache zeitgemässer Architektur ein stark gegliederter Gebäudekomplex, der nebeneinander die verschiedensten Funktionen beherbergt. Das Bauwerk wird ausführlich und umfassend in der Broschüre «Stadelhofer Passage» beschrieben, welche vom Bauherrn zur feierlichen Eröffnung herausgegeben wurde [1].

Heizsystem

Das zentrale Heizsystem der Stadelhofer Passage, das im Endausbau auch den Baumwollhof und den Sonnenhof mit Raumwärme und Warmwasser versorgt, besteht im wesentlichen aus den folgenden Bestandteilen:

- 2 Heizkessel mit je einem Zweistufenbrenner von 230 bzw. 580 kW Leistung für Gas- und Ölfeuerung
- 1 Brauchwasser-Wärmepumpe, die mit der Abwärme der beiden Heizkessel Warmwasser erzeugt

- 1 Warmwasser-Speicher mit 4 Boilerzellen von je 750 Litern Inhalt
- 1 Kondensator
- 1 Expansionsanlage, 700 Liter
- 1 Haupt- und 1 Nebenverteiler 90/60 °C

Als Vorbereitung einer wirksamen Betriebsüberwachung und einer differen-

zierten Heizkostenabrechnung wurde das Heizsystem mit zahlreichen Zählern und Sensoren ausgerüstet. Der grösste Teil der dadurch anfallenden Impulse wird im Schaltschrank zusammengefasst und von Zählern registriert. Es handelt sich dabei im wesentlichen um folgende Instrumente:

- 1 offizieller Gaszähler des Gaswerks
- 5 Betriebsstundenzähler für alle Brennerstufen und die Wärmepumpe
- 2 Abgastemperaturfühler
- 20 Wärmezähler für Raumwärme und Warmwasser
- diverse Aussentemperaturfühler

Betriebsüberwachung und Heizkostenabrechnung

Seit der Inbetriebnahme der Heizanlage im Oktober 1983 werden die Zählwerke einmal wöchentlich abgelesen, ausgewertet und dem theoretisch ermittelten Wärmebedarf gegenübergestellt. Diese Untersuchungen sollten die folgenden Grundlagen liefern:

- Anweisungen und Empfehlungen für einen störungsfreien und möglichst wirtschaftlichen Betrieb der Anlage. Die Ergebnisse sollten im entsprechenden Teil einer umfassenden Betriebs- und Unterhaltsanleitung festgehalten werden.
- Grundlagen für die Heizkostenabrechnung, welche die Kosten mög-

Bild 1. Gerät zur Erfassung und Überwachung des Energieverbrauchs von Bauwerken, montiert im Heizungsraum der Stadelhofer Passage.

Erkennbar sind (eingelassen in die Frontplatte) der 10"-Bildschirm, die Tastatur und das 3"-Floppy-Laufwerk. Nicht eingebaut ist der Streifendrucker, der sich aber ohne weiteres in der Frontplatte und im Gehäuse unterbringen liesse.



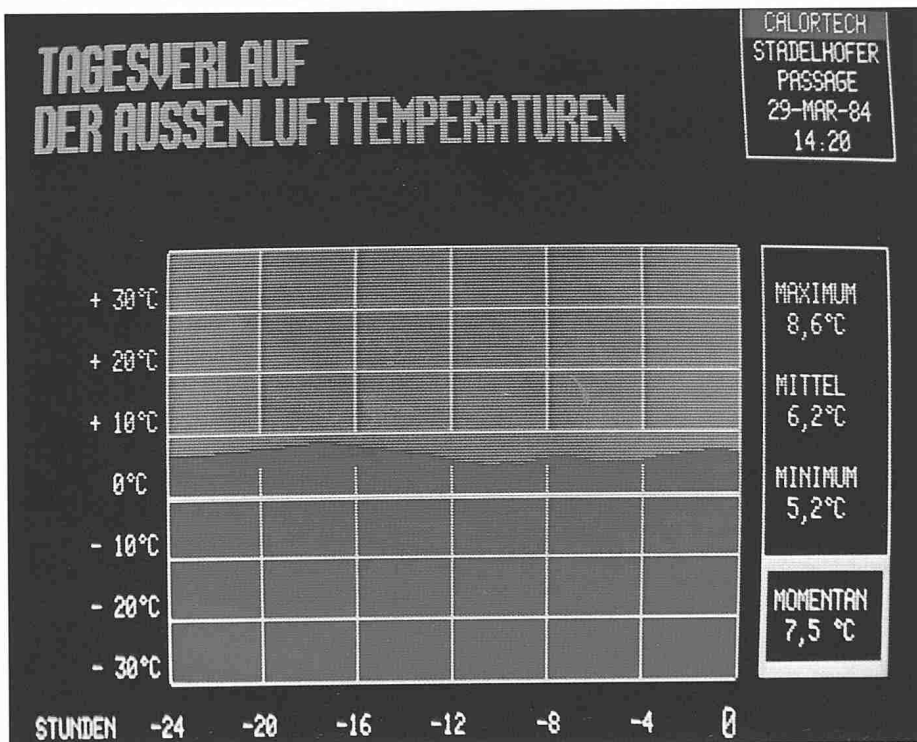
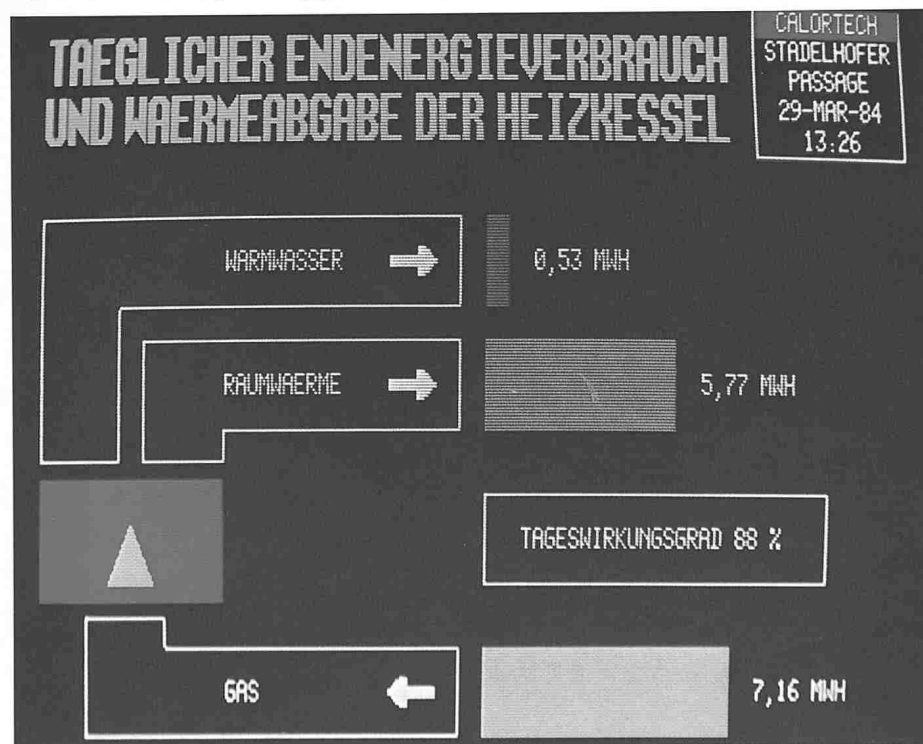


Bild 2. Verlauf der Aussenlufttemperaturen der vergangenen 24 Stunden, ab 29. März 1984, 14.20 Uhr. Angabe von Maximal-, Minimal- und Tagesmittelwerten sowie des Momentanwertes der Aussenlufttemperatur.

Bild 3. Darstellung (graphisch und numerisch) des Endenergieverbrauchs unten (aus Gaszähler mit Impulsgeber) und der Nutzenergieabgabe für Warmwasser und Raumheizung oben (Wärmezähler) sowie, daraus abgeleitet, Mitte: der Tageswirkungsgrad des Heizsystems.



lichst weitgehend entsprechend dem gemessenen Verbrauch der Abnehmer oder Abnehmergruppen aufteilt.

Bei der Bearbeitung dieser Aufgaben entstand die Idee, wie die bei der Erfassung des Energieverbrauchs, der Betriebsüberwachung und Heizkostenabrechnung anfallenden Aufgaben schnell, zuverlässig und mit einem Minimum an Aufwand gelöst werden könnten.

Automatische Verbrauchserfassung und Betriebsüberwachung

Veranlassung und Ziel

Für die oben beschriebene Überwachung der Heizanlage wurden Formulare entwickelt, wie sie in ähnlicher Form an vielen Stellen in der Literatur beschrieben werden (z.B. in [2] und [3]). Es zeigte sich jedoch bald, dass eine derartige Betriebsüberwachung längerfristig zu aufwendig werden würde. Es wurde deshalb beschlossen, zur Lösung dieser Aufgabe die heute verfügbaren Mittel der Sensortechnik und Mikroelektronik einzusetzen.

Das Gerät sollte sich dabei *ausschliesslich auf die im bestehenden Heizsystem eingebauten Sensoren* stützen. Im Interesse der Kosten wurde ganz bewusst darauf verzichtet, zusätzliche Fühler vorzusehen, obschon dies im Interesse der Genauigkeit und Aussagefähigkeit wünschbar gewesen wäre.

Geräteaufbau

Das Gerät besteht im wesentlichen aus dem Rechner, Farbbildschirm, Floppy-Disk-Laufwerk, Streifendrucker (in Demonstrationsanlage nicht eingebaut) und der Tastatur mit den folgenden technischen Daten:

Rechner:

Zentraleinheit bis 64 kB RAM/ROM
Farbgrafik-Modul
Druckerschnittstelle
Modemschnittstelle
Floppy Controller
alle Ein- und Ausgänge galvanisch getrennt

Farb-Display:

10"-Bildschirm 512×512 Punkte
RGB-Signal-Grafik-Darstellung

Floppy:

3" double density
ein-/doppelseitig 250/500 kB, 40/80 tracks
robuste Kunststoff-Diskette mit Staubschutz

Drucker:

Thermostreifendrucker, 40 Zeichen/

Zeile oder Matrixdrucker 80 Zeichen/
Zeile

Tastatur:

12 Drucktasten zur Steuerung aller
Funktionen

Konzept der Informationsverarbeitung

Die Informationen der Sensoren werden grundsätzlich entsprechend verschiedener Zielsetzungen für den Zeitraum eines Tages (24 h) und einer Woche (7×24 h) registriert, verarbeitet und dargestellt. Die Tageswerte sollen in erster Linie einen Einblick in den Betrieb der Heizanlage ermöglichen. Die Wochenwerte werden derart aufbereitet, dass die Effizienz des Energieeinsatzes im gesamten, vom Heizsystem versorgten Bereich beurteilt werden kann.

Die Darstellungen auf dem Bildschirm sind immer aktuell, d.h. sie erfassen ausgehend vom Beobachtungszeitpunkt entsprechend der Datum- und Zeitanzeige auf dem Bildschirm die vergangenen 24 Stunden bzw. 7×24 Stunden.

Sämtliche Tageswerte werden jeweils um Mitternacht (0.00 Uhr) auf die Diskette geschrieben, um in dieser Form nach Ablauf der Heizperiode in eine automatische Auswertung und Heizkostenabrechnung einzugehen.

Ist das Gerät mit einem Streifendrucker ausgerüstet, so kann damit jederzeit ein Protokoll des zuletzt auf die Diskette geschriebenen Satzes von Tageswerten ausgedruckt werden.

Auf dem Bildschirm der Anlage (Bild 1) erscheinen entsprechend dem soeben beschriebenen Verarbeitungskonzept die folgenden Darstellungen:

Tageswerte

Ziel:

Beurteilung des Betriebszustandes der Heizanlage

Darstellungen:

- ☐ Tagesverlauf der Aussenlufttemperatur (Bild 2)
- ☐ tägliche Betriebszeiten von Heizkessel und Wärmepumpe
- ☐ täglicher Endenergieverbrauch und Wärmeabgabe der Heizkessel (Bild 3)
- ☐ tägliche Wärmeabgabe an Heizgruppen (Bild 4)

Wochenwerte

Ziel:

Beurteilung der Effizienz des Energieeinsatzes im gesamten Bereich

Darstellungen:

- ☐ Wochenverlauf der Aussenlufttemperaturen (analog zu Bild 2)
- ☐ Verbrauchsdiagramme getrennt für
 - Endenergieverbrauch (Gas)

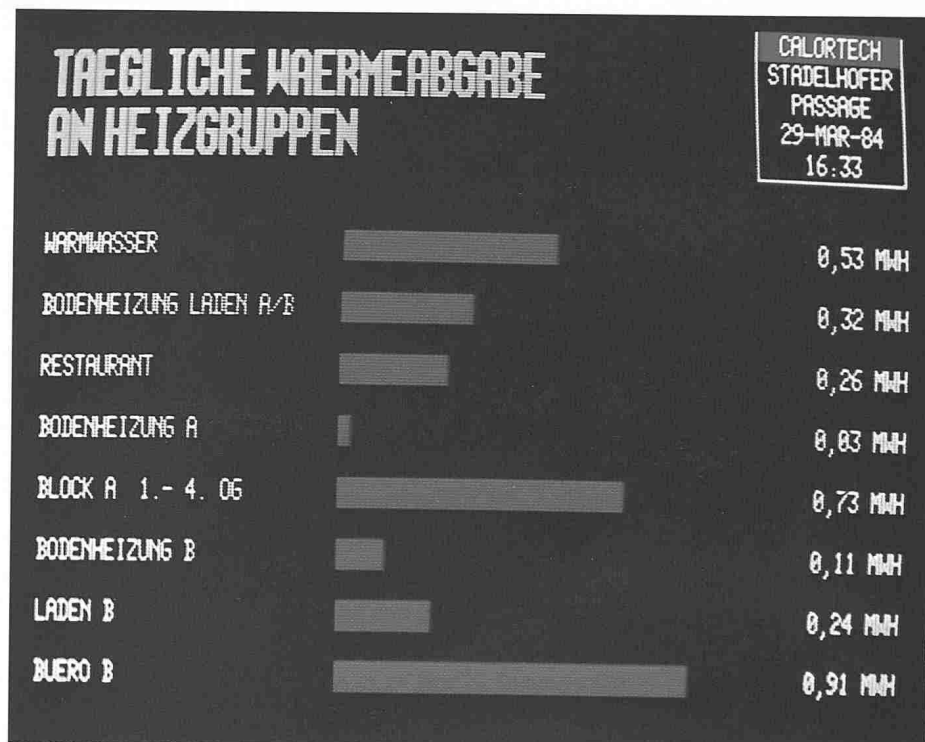
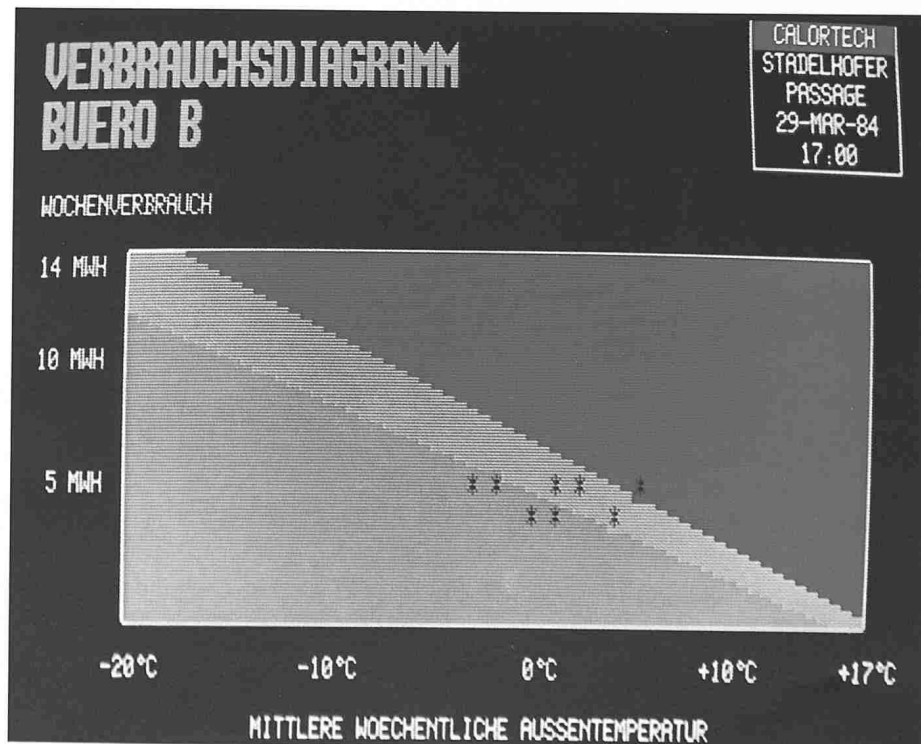


Bild 4. Darstellung (graphisch und numerisch) der Wärmeabgaben der vergangenen 24 Stunden ab 29. März 1984, 16.33 Uhr, für insgesamt 20 Heizgruppen. Rollender Bildschirm und am Ende der 20 Abnehmer zusätzliche Angabe der totalen Wärmeabgabe. Analog liessen sich mühelos auch spezifische Verbrauchszahlen (Energiekennzahlen), Vor- und Rücklauftemperaturen sowie Durchflussmengen aufzeichnen.

Bild 5. Die (lineare) Beziehung zwischen Wochenverbrauch (z.B. ausgedrückt als Brennerlaufzeit, Endenergieverbrauch oder Nettoenergieabgabe) und der mittleren wöchentlichen Aussentemperatur, aufgrund von Messungen oder theoretischen Bedarfsberechnungen ermittelt, dient zur Beurteilung der Wochenverbräuche, im Bild beispielsweise des Verbrauches des Büros B. Der Wert der laufenden Woche wird durch regelmässiges Blinken gekennzeichnet. Punkte im gelben Sektor entsprechen den Soll-Werten innerhalb eines Bereiches von $\pm 10\%$, solche im grünen Sektor weisen auf günstige Verbrauchsverhältnisse und solche im roten Sektor auf Unstimmigkeiten hin.



- gesamte Wärmeabgabe des Heizsystems
- Wärmeabgabe an Verbraucher (z.B. Büro B, Bild 5)

Einsatz- und Ausbaumöglichkeiten

Die Anlage in der Stadelhofer Passage wurde ausschliesslich aus praktischen Gründen im Heizungskeller eingerichtet. Der Standort des Gerätes ist jedoch beliebig und könnte sich z.B. in der Wohnung des Abwartes, bei der Immobilienverwaltung oder bei der mit der Heizungsüberwachung betrauten Firma befinden. Es ist selbstverständlich, dass bei der gleichzeitigen Überwachung mehrerer Immobilien die Betriebsinformationen auf denselben

Ausgabeeinheiten (Bildschirm, Floppy Disk, Drucker usw.) wiedergegeben werden können.

Mit Hilfe der im Gerät verarbeiteten Informationen und zusätzlicher Optimalisierungskriterien könnten natürlich auch *Steuerimpulse* produziert werden. Es wurde ganz bewusst darauf verzichtet, da bei bestehenden Anlagen nicht unbedingt angenommen werden kann, dass die eingebaute Heizungsregelung den entsprechenden Anforderungen nicht mehr genügt. Bei neuen Anlagen ist es demgegenüber sicher sinnvoll, die der Datenerfassung, Überwachung und Steuerung dienenden Funktionen in demselben Gerät zu vereinigen.

Literatur

- [1] «Stadelhofer Passage 1984», Festschrift zur Eröffnung der Stadelhofer Passage, Spaltenstein AG Immobilien, Siewerdtstrasse 8, 8050 Zürich
- [2] «Energiegerechter Betrieb haustechnischer Anlagen», Leitfaden für Betriebsfachleute, Bundesamt für Konjunkturfüragen, 3003 Bern, 1982
- [3] E. Stocker, «Energiestatistik und Erfolgskontrolle», Schweizer Energiefachbuch 1983/84

Adresse der Verfasser: Dr. Ernst C. Glauser, dipl. Ing. ETH, und Dr. Heinrich Gugerli, dipl. Ing. ETH, GSS Glauser, Studer, Stüssi, Ingenieure AG, Witikonstrasse 15, 8032 Zürich.

Sanierung des grossen Rheinflalfelsens

Die Sektion Schaffhausen des SIA besichtigte am 17.1.85 die Sanierungsbaustelle mit 40 Teilnehmern unter Führung von H. Schnetzler (Kantonsingenieur, Schaffhausen). Für die Sanierung des auf der Kantonsgrenze stehenden Felsens ist der Kanton Zürich zuständig (R. Härri, dipl. Bauing. ETH/SIA, kant. Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Zürich). Die Sanierungsarbeiten kommen im Februar zum Abschluss.

Felszustand

Touristen erreichen den grossen Rheinflalfelsen per Boot. Eine schmale Treppe führt zur kleinen Plattform auf der Felspitze. Die beiden markanten Malmkalkfelsen in der Mitte des Falls sind nach neueren Untersuchungen statisch stabil und auch bei grosser Wasserführung nicht durch Vibrationen gefährdet.

Der Rheinflall entstand vor etwa 6000 Jahren, d.h. nach der letzten Eiszeit. Der heutige Rhein fällt rund 25 m über eine Felsflanke in ein querliegendes, zwischeneiszeitliches Rheinbett. Der Fall scheint sich seit seinem Entstehen erst etwa 20 m zurückgefres-

sen zu haben. Doch ist damit zu rechnen, dass Erosion und Verwitterung die Standfestigkeit des grossen Felsens schwächen. Der kleinere Felsen erhielt schon Ende des letzten Jahrhunderts an seinem wasserseitigen Bein eine Vormauerung gegen Abrieb.

Sanierung

Die Regierungen der beiden Kantone beschlossen daher 1983, der Erosion am mittleren Felsen mit einfachen Mitteln vorzubeugen.

Die unteren drei bis vier Meter der dem Wasseranprall ausgesetzten Felswand und der unterschneitene Bereich gegenüber dem kleinen Felsen erhalten eine widerstandsfähige, mehrschichtige Spritzbetonverkleidung von gesamthaft 12 bis 15 cm Stärke.

Nach sorgfältigem Reinigen und Sandstrahlen der Oberfläche werden die Klüfte verfüllt und ausinjiziert. Korrosionsschutz Anker halten die Armierungsnetze. Dank der Spritzapplikation passt sich die harte, frostbeständige Abrasionsschicht der Fels-oberfläche gut an. Die äusserste Schicht ist passend eingefärbt.

Die Wasserführung schwankt zwischen rund 120 und 1000 m³/s. Daher kann die Sanierung nur während der Wintermonate erfolgen. Wegen der im Winter 1983/84 zu grossen Wasserführung mussten die Arbeiten auf diesen Winter verschoben werden.

Die Baustelle

Beträchtliche Installations- und Erschliessungsarbeiten waren erforderlich. Nach Erprobung im November wurde eine wirksame Wasserabdämmung errichtet, indem 300 Gross-Sandsäcke (je etwa 300 kg) mittels Helikopter zu Wasserleitdämmen oberhalb des Felsens zusammengesetzt wurden.

Über den 130 m langen Zugangssteg, der auch eine 12 m breite Wasserrinne überbrückt, führen die Versorgungsleitungen zur Baustelle. Das Gerüst am Felsen ist mit Folien abgedeckt und so vor Eis, Kälte und Spritzwasser genügend geschützt. Auch die landseitigen Installationen sind wintersicher, die Spritzbetonaufbereitung ist in einem beheizten Zelt untergebracht.

Nachdem das Gerüst bei grosser Kälte (bis -20 °C) im Januar erstellt wurde, sollten die Sanierungsarbeiten bis Mitte Februar 1985 zum Abschluss kommen. (BP)

Bild 1. Spritzbetonverkleidung als Erosionsschutz

Bild 2. Sanierungsbaustelle mit Zugangssteg

