Sohlausbaggerung

Autor(en): **Bodenmann, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **82 (1990)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939850

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

Hilfsmittel kann auch für einen erweiterten Aufgabenbereich eingesetzt werden (Pumpanlagen, Schaltanlagen). Selbstverständlich kann das Programm nicht garantieren, dass die Unterhaltsarbeiten auch richtig ausgeführt werden. Das Programm bietet aber Gewähr, dass zum richtigen Zeitpunkt eine Wartung angekündigt wird und die entsprechenden Informationen zur Verfügung stehen. Die Organisation der Wartung wird so wesentlich einfacher und effizienter. Dies gilt auch für die Ersatzteilbewirtschaftung, denn für jeden Anlageteil kann die entsprechende Lebensgeschichte abgerufen werden. Der programmierte, vorbeugende Unterhalt wird sich deshalb günstig auf die Betriebskosten auswirken.

Das Softwarepaket ist bis heute nur in deutscher Sprache erhältlich. Eine französische und eine englische Version befinden sich in Bearbeitung. Zum einfacheren Einstieg besteht die Möglichkeit, sich vom Nutzen des Programms, mit Hilfe einer Demo-Version, selber zu überzeugen.

Adressen der Verfasser: *Roland Hugentobler,* Masch.-Ing. HTL/STV, Hugal Turbinen & Maschinenbau, CH-9249 Algetshausen; *Philipp Schneider,* Masch.-Ing. HTL/SFI, Hugal Turbinen & Maschinenbau, CH-9249 Algetshausen; *Andreas Badertscher,* Elektro-Ing. HTL, Softline Software-Engineering, CH-3612 Steffisburg.

Verminderung des Einstaus des Kraftwerks Laufenburg durch

Sohlausbaggerung

im Oberwasser des Rheinkraftwerks Säckingen

Hans Bodenmann

Zusammenfassung

Das Rheinkraftwerk Säckingen staut das Unterwasser des Oberliegers – des Kraftwerks Laufenburg – ein und verringert die dort mögliche Energieproduktion. Der Verlust von etwa 90 Mio kWh pro Jahr wird durch Abgabe von Gratisenergie entschädigt. Zur Verringerung der Einstauverluste werden dem Rhein im Stauraum auf einer Länge von 3,6 km 1 230 000 m³ Sohlenmaterial entnommen. Dadurch können die Produktionsverluste um jährlich etwa 21,5 Mio kWh auf 68,5 Mio kWh verringert werden. Zusammen mit der Baggerung werden zusätzlich umfangreiche Sanierungsarbeiten an den Ufern ausgeführt.

Summary: Reduction of the tailwater effect at Laufenburg by dredging in the retention basin of the Säckingen hydropower Station

The hydroelectric power station on the river Rhine at Säckingen increases the natural tailwater level at the upstream located hydroelectric power station at Laufenburg. It therefore reduces there the possible energy production by approximately 90 Mio kWh annually. This energy loss has to be compensated by delivery of the same amount of energy free of charge. In order to reduce the tailwater level at Laufenburg, the geometry of the river bed is presently being increased by dredging of 1 230 000 m³ of river bed material on a length of 3.6 km. This work will decrease the annual production loss by 21.5 Mio kWh to 68.5 Mio kWh approximately. Simultaneously, extensive repair works on both river banks are being carried out.

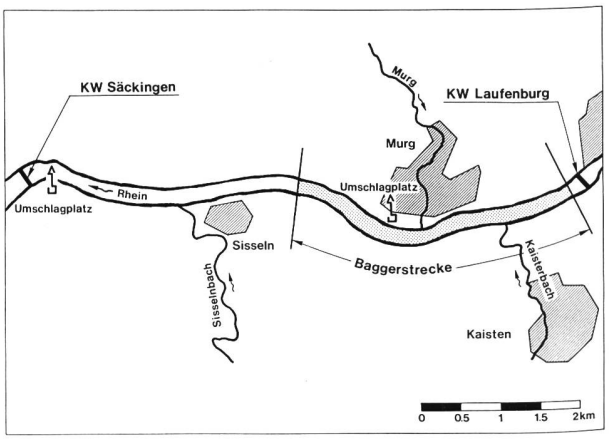

Bild 1. Übersichtsplan der Hochrheinstrecke Säckingen–Laufenburg.

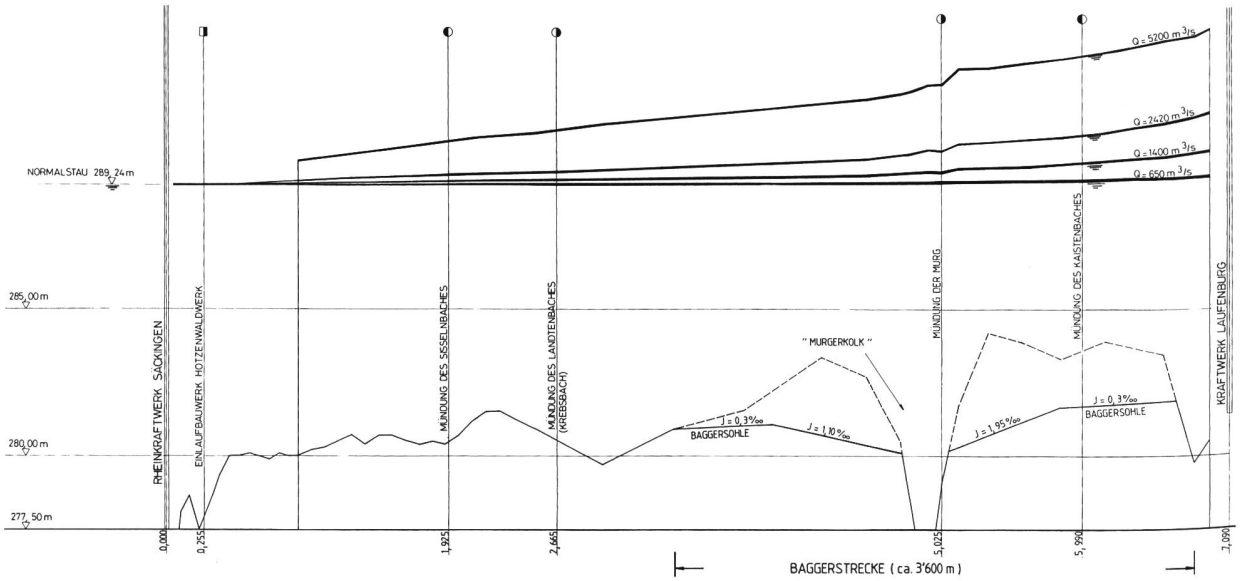

Bild 2. Überhöhtes Längenprofil der Rheinstrecke Säckingen–Laufenburg.

Résumé: Abaissement du niveau de restitution à Laufenbourg au moyen d'un dragage dans le bassin d'accumulation de l'usine hydroélectrique de Säckingen

Le niveau de rétention de l'usine de Säckingen cause une réduction du potentiel possible à l'usine hydroélectrique de Laufenbourg située en amont. La perte annuelle de la production énergique à Laufenbourg est de l'ordre de 90 mio kWh et doit être compensée d'une livraison gratuite d'énergie. Afin de réduir les pertes, on réalise actuellement un dragage de matériel du lit du Rhin sur une longueur totale de 3,6 km. Le volume du dragage s'élève à 1 230 000 m³. En réalisant ce dragage, les pertes annuelles se réduiront par 21,5 mio kWh à environ 68,5 mio kWh. Simultanément à l'excavation, des assainissements étendues sont réalisés sur les deux rives.

1. Ausgangslage

Das Rheinkraftwerk Säckingen (RKS) wurde in den Jahren 1961 bis 1966 als letztes Kraftwerk der Staukette am Hochrhein gebaut. An der Kraftwerksgesellschaft sind sowohl die deutsche wie die schweizerische Seite zu je 50% beteiligt, nämlich:

- Badenwerke AG, Karlsruhe 37,5%
- Kraftübertragungswerke Rheinfelden 12,5%
- Aargauisches Elektrizitätswerk, Aarau 25%
- Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden 25%

Das Kraftwerk Säckingen staut den Rhein auf die Kote 289,24 m ü.M. (neuer Schweizer Horizont). Wie bei den meisten übrigen Kraftwerksanlagen am Hochrhein ist auch beim RKS die Staukote so hoch angesetzt, dass der natürliche Unterwasserspiegel beim Oberlieger – dem Kraftwerk Laufenburg (KL) – erhöht wird und dort zu einer Verringerung der Nettofallhöhe und damit der möglichen Energieproduktion führt. Dieser Produktionsverlust beträgt im Mittel 90 Mio kWh im Jahr und wird durch das RKS durch Gratisabgabe der entsprechenden Energiemenge an das KL entschädigt.

Bereits beim Bau des RKS wurde ein Projekt für eine Ausbaggerung des Rheins im Oberwasser zwischen Bad-Säckingen und Laufenburg ausgearbeitet, das zum Ziel hatte, den Einstau beim KL und damit die zu entschädigende Produktionseinbusse zu verringern.

Beim Bau des Kraftwerks Säckingen traten aber mehrere unvorhergesehene Schwierigkeiten auf, welche insgesamt zu einer Überschreitung des Kostenbudgets führten, weshalb damals auf die Realisierung dieses Projektes verzichtet werden musste.

Im Zusammenhang mit der aktuellen Entwicklung auf dem Energiemarkt wurde die Projektidee Anfang der achtziger Jahre wieder aufgegriffen.

2. Das heutige Kraftwerk

Das Kraftwerk Säckingen ist mit vier Kaplanturbinen mit je einer Nennwassermenge von 325 m³/s ausgerüstet. Das Nenngefälle beträgt 6,57 m und die installierte Leistung 18400 kW pro Maschine. In einem mittleren Jahr können 475 Mio kWh produziert werden, wovon 57% auf das Sommerhalbjahr entfallen.

Der Oberwasserstauraum bis zum Kraftwerk Laufenburg hat eine Länge von 7,25 km und wird auch als Unterbecken durch das Kavernenkraftwerk der Schluchseewerk AG im Tagesrhythmus bewirtschaftet.

Innerhalb der Staustrecke sind auf beiden Seiten je zwei nennenswerte Zuflüsse zu verzeichnen, auf der Schweizer Seite die Sisseln und der Kaistenbach, auf der deutschen Seite die Murg und der Lantenbach (Bild 1). Während bei der Sisselnmündung eine Verlandung mit Feinmaterial zu beobachten ist, hat sich bei der Murgmündung sowohl eine Verlandungszunge als auch ein sehr tiefer Kolk in der Flussmitte gebildet, der die hydraulischen Abflussverhältnisse im Rhein besonders bei grösseren Abflussmengen nachhaltig beeinflusst.

Der Einstau beim Kraftwerk Laufenburg (Bild 2) beträgt z.B. bei $Q = 1400$ m³/s 120 cm und verursacht dort gemäss der mittleren Jahresabflusslinie des Rheins einen Produktionsverlust von etwa 90 Mio kWh pro Jahr. Dies entspricht fast 18% der Produktion des RKS.

3. Das Baggerprojekt

Im Jahre 1982 wurde die Gruner AG, Ingenieurunternehmung in Basel, beauftragt, ein Projekt für eine Ausbaggerung im Oberwasser auszuarbeiten, mit dem Ziel, die Einstauverluste beim Kraftwerk Laufenburg optimal zu reduzieren. Es handelt sich dabei nicht um eine Herausnahme von Geschiebetrieb (dieser betrug in den letzten 23 Jahren nur 40000 m³ Feinmaterial), sondern um eine einmalige Querschnittsaufweitung.

Aus mehreren untersuchten Varianten wurde schliesslich eine trapezförmige Sohleintiefung auf einer Länge von 3,6 km ausgewählt. Die Einzelheiten dieser Lösung wurden anschliessend anhand von Modellversuchen an der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe geprüft und optimiert. Diese Untersuchungen hatten vor allem zum Ziel, den Nachweis zu erbringen, dass das ausgebaggerte Flussprofil hydraulisch stabil bleibt und nicht durch künftige Erosionen bzw. Geschiebeablagerungen derart verändert wird, dass die gewünschte Spiegelabsenkung mittel- oder langfristig wieder verlorengehen würde. Die Modelluntersuchungen haben dann insbesondere gezeigt, dass das hydraulische Verhalten des Rheins sehr empfindlich auf die Veränderungen im Bereich der Murgmündung reagiert.

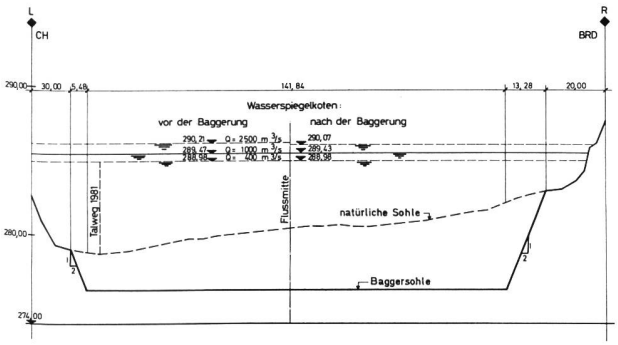

Bild 3. Typisches Baggerprofil.

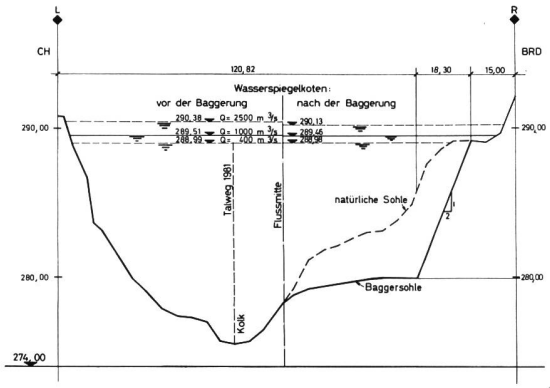

Bild 4. Typisches Baggerprofil beim «Murgerkolk».

Das zur Ausführung freigegebene Projekt sieht vor, den Rheinquerschnitt trapezförmig einzutiefen. Die im Querschnitt horizontale Sohle hat eine Breite zwischen 100 und 140 m; die Neigung der seitlichen Böschungen variiert zwischen 1:2 und 1:3 (Bild 3). Im Bereich des Kolkes bei der Murgmündung ist aufgrund der Resultate der Modellversuche der Übergang zum Kolk auszurunden (Bild 4) und im Längenprofil eine Anrampung gegen den Kolk hin erforderlich (Bild 2). Die Sohlaustiefung variiert zwischen 0,5 m und 5,0 m.
Das gesamte Baggervolumen beträgt rund 1 230 000 m³ (Festmass), das entsprechend dem Verlauf des Talweges auf die beiden Anliegerstaaten wie folgt aufzuteilen ist:

BRD: 64 % = 787 000 m³
CH: 36 % = 443 000 m³

Zum besseren Verständnis dieser Zahlen diene der folgende Vergleich: Die Gesamtmenge entspricht etwa 165 000 Lastwagen à 7,5 m³, was eine stehende Lastwagenkolonne von 1650 km Länge ergeben würde oder etwa fünfmal die Strecke Konstanz–Genf.
Mit dieser Sohlaustiefung wird eine Spiegelabsenkung beim Kraftwerk Laufenburg von 15 cm bei Niedrigwasserführung resp. 75 cm bei Mittelwasserführung erzielt. Dies entspricht einer Reduktion des jährlichen Produktionsverlustes von etwa 21,5 Mio kWh gegenüber heute.

4. Die Baggerung

Die Realisierung dieses Bauvorhabens ist mit einem aufwendigen Bewilligungsverfahren verbunden. Darauf wird an dieser Stelle jedoch nicht im einzelnen eingetreten.
Die auszuführenden Arbeiten wurden im Sommer 1987 ausgeschrieben. Bestandteil der Ausschreibung bildeten sowohl die eigentlichen Baggerungsarbeiten als auch die Entsorgung bzw. Verwertung des Baggergutes.
Erst nachdem das optimale Angebot evaluiert war, konnten schliesslich die definitiven Baubewilligungen beantragt werden. Während man auf der Schweizer Seite nur eine einzige Baubewilligung für das gesamte Bauvorhaben benötigte, waren auf deutscher Seite drei Bewilligungen erforderlich, und zwar eine für die Durchführung der Nassbaggerung und je eine für das Einrichten einer Anlegestelle am Ufer und für das Errichten eines Materialumschlagplatzes.
Nach Vorliegen der Bewilligungen und Überarbeitung des Unternehmerangebotes konnte schliesslich im August 1988 der Auftrag an die Arbeitsgemeinschaft der Firmen Schleith GmbH, Waldshut, Schwarb AG, Eiken, und Erne AG, Laufenburg, erteilt und nach Abschluss sämtlicher Installations- und Vorbereitungsarbeiten Ende Januar 1989 mit den Baggerarbeiten unterhalb des Kraftwerks Laufenburg begonnen werden.
Gebaggert wurde mit einem hydraulischen Löffelbagger Typ Liebherr 992, der auf einem Stelzenponton montiert ist (Bild 6). Der Löffelinhalt dieses Baggers beträgt 6 m³. Das Baggergut wird an eine seitlich angelegte Schute mit 300 m³ Fassungsvermögen verladen und an die Anlegestellen Murg (D) bzw. Stein (CH) transportiert und dort umgeschlagen. Während auf Schweizer Seite das Material direkt in die Deponien der Firma Schwarb abgeführt wurde, hat die Arbeitsgemeinschaft auf der deutschen Seite in Murg ein Zwischenlager mit einer Kapazität von etwa 450 000 m³ erstellt (Bild 7).
Für das Fördern werden insgesamt drei Schuten und zwei Schubboote eingesetzt. Die maximalen Tagesleistungen erreichten bisher 4000 m³ Material, entsprechend 14 Schuten.
Gebaggert wird grundsätzlich in Fliessrichtung des Rheins, wobei in 50 bis 100 m langen Streifen gearbeitet wird. Ziel jeder Etappe ist, innert Wochenfrist jeweils die gesamte Flussbreite bearbeitet zu haben. Das Stelzenponton mit dem Hydraulikbagger verfügt über keinen eigenen Antrieb. Das Verschieben in Strömungsrichtung kann jedoch selbständig erfolgen. Nach Fertigstellung eines Streifens wird das Ponton mit dem Schubboot jeweils flussaufwärts verschoben.
Der Hydraulikbagger ist mit elektronischen Geräten ausgerüstet, die es dem Baggerführer erlauben, die eigene Lage wie auch die Lage des Löffels während der Baggerbewegungen festzustellen. Diese Einrichtungen wie auch die im Abstand von 20 m vermessenen Querprofile lassen eine erstaunlich hohe Baggergenauigkeit erzielen. Die gemessenen Abweichungen liegen in der Regel innerhalb von 30 cm.
Gemäss Bauprogramm ist eine Baggerzeit von 25 Monaten vorgesehen, das heisst die Baggerung müsste Ende Februar 1991 abgeschlossen sein. Per Mitte September 1990 sind bereits 1 000 000 m³ Material gebaggert worden, und es ist zu erwarten, dass die Baggerarbeiten noch 1990 – zwei Monate früher als geplant – beendet werden können.

5. Flankierende Baumassnahmen

Die Rheinstrecke zwischen den Kraftwerken Säckingen und Laufenburg wird in vielfältiger Weise genutzt, nämlich:

- als bewirtschaftbares Unterbecken durch die Schluchseewerke
- als Fischereigewässer
- als Schiffahrtsgewässer (Ausflugsboote, Motorboote, Wasserski, Surfen)
- durch zahlreiche Industriebetriebe zur Entnahme von Brauch- und Kühlwasser
- als Vorfluter von Kläranlagen
- als Wander- und Erholungsraum (Uferwege)
- als Grundwasserspeiser der zahlreichen Trinkwasserbrunnen

Die meisten Entnahme- und Rückgabebauwerke sind mit der Baggerung in «Konflikt» gekommen und müssen deshalb umgestaltet und an die neue Flussgeometrie ange-

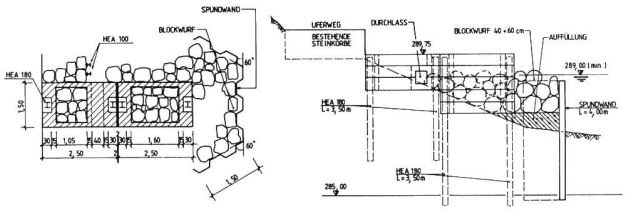

Bild 5. Grundriss und Querschnitt durch eine zweifeldrige Buhne.

Bild 6. Hydraulikbagger auf Stelzenponton.

Bild 7. Anlegestelle und Materialumschlagplatz Murg (D).

passt werden. Die meisten anderen Nutzungen haben sich vor allem auf die Uferbereiche ungünstig ausgewirkt und haben dort – zusammen mit den Hochwasserabflüssen – zu teilweise beträchtlichen Erosionsschäden geführt. Auch die von den Fischern benutzten Buhnen sind zum überwiegenden Teil zerstört und kaum mehr benutzbar.
Im Zuge der Baggerung werden deshalb diese Buhnen im Einklang mit den Forderungen der Fischereiverbände gemäss den Auflagen der Behörden wieder neu aufgebaut und die Uferbereiche instandgestellt.
Einige der Buhnen sind als Natursteinbuhnen als Steinschüttung hergestellt (Bild 8), während die meisten neuen Buhnen am Schweizer Steilufer mittels vorgefertigter Betonelemente aufgebaut und mit Blockwurf verkleidet worden sind (Bild 5).
Die Ufer wurden zum überwiegenden Teil mit einem Blockwurf saniert, der auf ein vorgängig ausgelegtes Geotextil versetzt wurde. Der Fuss des Blockwurfes ist mit grossen Steinen in die Böschung eingebunden worden und gibt ihr die erforderliche Stabilität. Das Geotextil soll die Auswaschung des Feinmaterials in der Böschung unterbinden (Bild 8).

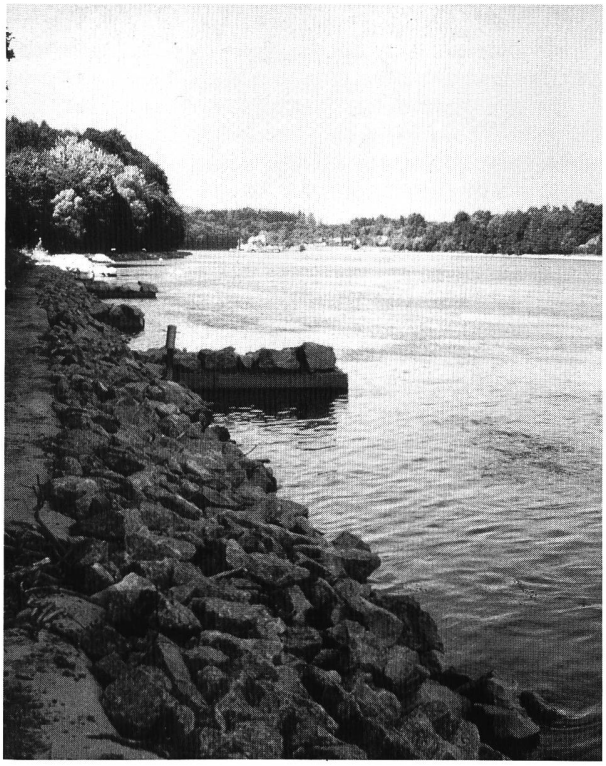

Bild 8. Fischerbuhnen und Uferverbauung.

Im Bereich zwischen dem Kraftwerk Laufenburg und der Mündung des Kaistenbaches wurden die Ufer vor Jahren mit Steinkörben befestigt. Da das Drahtmaschengeflecht teilweise durchgerostet ist und dort die Steine herausgefallen sind, ist diese Strecke mit Stahlpfählen und bewehrtem Spritzbeton verkleidet worden. Diese Spritzbetonflächen hat man zusätzlich mit einer Blockwurfvorlage etwas kaschiert. Diese Befestigungen sind bereits einem grösseren Hochwasser ausgesetzt gewesen und haben damit die erste Bewährungsprobe erfolgreich bestanden.
Auf der deutschen Seite wird eine 1,0 km lange Uferstrecke gemäss ingenieurbiologischen Kenntnissen saniert. Diese «Versuchsstrecke» wird ebenfalls mit Geotextil, Blockwurf, teils mit verwitterungsfestem, teils aus verwitterungsaktivem Material, kombiniert mit geeigneter Bepflanzung, verbaut. Diese Arbeiten sind erst in Ausführung, und es wird interessant sein, das Verhalten dieser Uferstrecke in einigen Jahren mit den «Hartverbau»-Strecken zu vergleichen.

6. Schlussbetrachtung

Das vor ziemlich genau zwei Jahren in Angriff genommene Baggerprojekt im Stauraum des Kraftwerks Säckingen steht kurz vor dem Abschluss. Dank der ausgezeichneten Zusammenarbeit aller am Projekt Beteiligten (Bauherr, Behörden, nutzungsberechtigte Anstösser, Unternehmer, Bauleitung und Projektverfasser) und auch dank der günstigen hydrologischen Bedingungen wird es gelingen, das umfangreiche Bauvorhaben trotz einigen Zwischenfällen innerhalb des vorgegebenen Terminprogramms zu vollenden. Wie die bereits festgestellten Spiegelabsenkungen im Unterwasser des Kraftwerks Laufenburg zeigen, werden die prognostizierten Werte erreicht, so dass die anvisierte Verminderung der Produktionsverluste ebenfalls erreicht wird. Die Uferverbauungen werden auch der Öffentlichkeit die Nutzung des Stauraumes als Erholungsgebiet weiterhin ermöglichen und dem Kraftwerksbetreiber die Unterhaltsarbeiten bedeutend erleichtern.

Schriftliche Fassung eines Vortrags, den der Verfasser an der Tagung vom 18. Oktober 1990 in Rheinfelden gehalten hat. Die Fachtagung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes war dem Thema «Wasserkraft am Hochrhein – ein umweltfreundlicher Beitrag an unsere Elektrizitätsversorgung» gewidmet.

Adresse des Verfassers: *Hans Bodenmann,* Gruner AG Ingenieurunternehmung, Gellertstrasse 55, Postfach 209, CH-4020 Basel (ab 1. Oktober 1990 Bernische Kraftwerke AG, Viktoriaplatz 3, CH-3001 Bern).