Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 71 (1979)
Heft: 7-8

Artikel: Verminderung der Verlandung des unteren Schelusenvorhafens Birsfelden

Autor: Jacobsen, James G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941450

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

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

Verminderung der Verlandung des unteren Schleusenvorhafens Birsfelden

In-Situ-Versuch mit einem Luftschleier

James G. Jacobsen

Einleitung

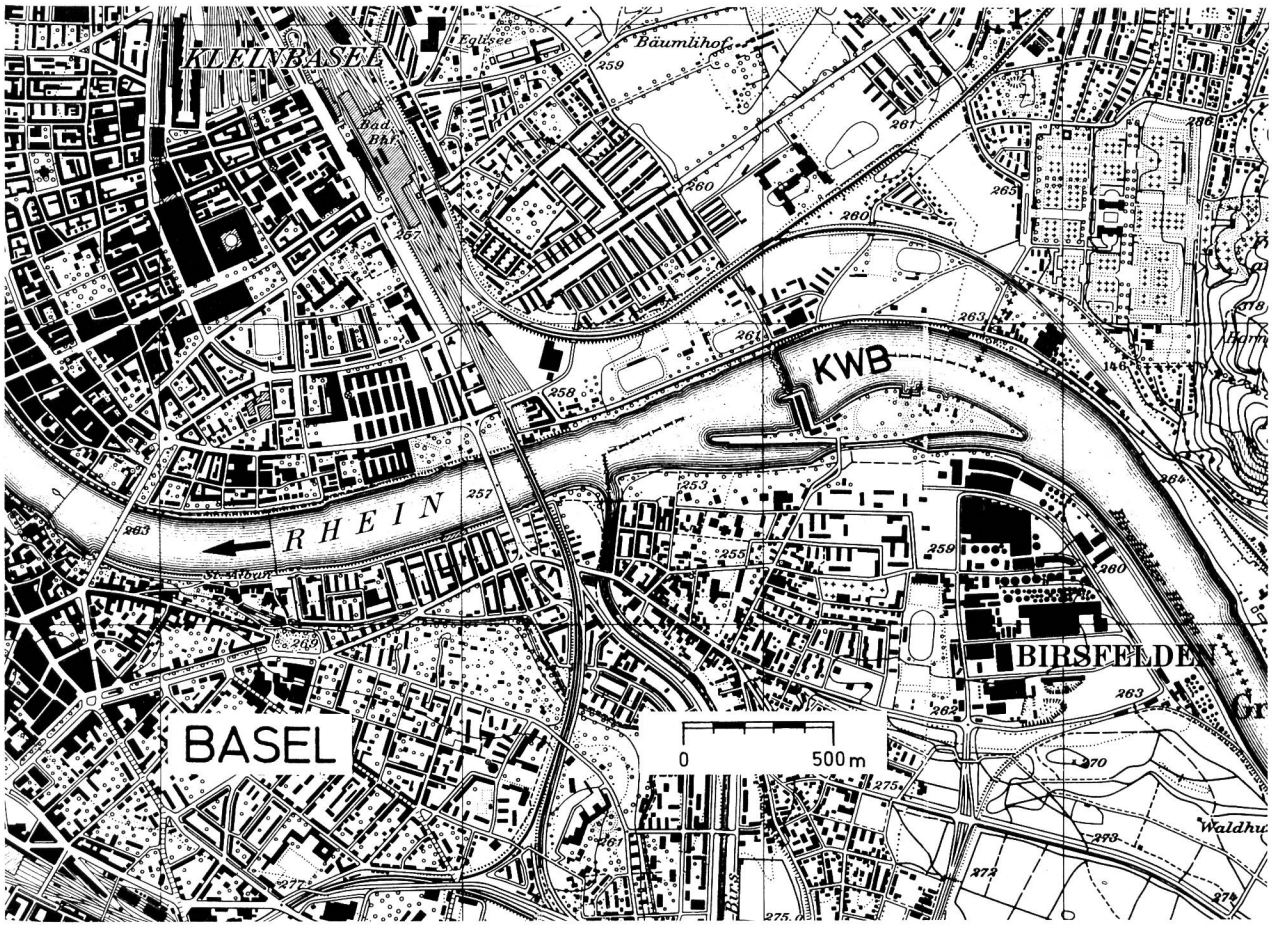
Der untere Schleusenvorhafen der Staustufe Birsfelden am Rhein nahe bei Basel (Bild 1) verlandet seit der Inbetriebnahme 1954 infolge des Absetzens von Feinsand und Silt. Dadurch wird die rege Schiffahrt behindert und periodische Baggerungen werden erforderlich. Es erwies sich als notwendig, die Ursachen dieser Verlandungen näher zu untersuchen, mit dem Ziel, durch geeignete, wirtschaftlich vertretbare Massnahmen den Aufwand für die kostspieligen Baggerungen zu reduzieren. Seit 1966 mussten jährlich durchschnittlich 12 000 m³ Verlandungsmaterial ausgebaggert und auf Deponie geführt werden.

Die Ursachen dieser Auflandungen sind im wesentlichen darin zu suchen, dass zwischen dem Fluss- und Vorhafenwasser infolge unterschiedlicher Fliessgeschwindigkeiten eine Trennschicht mit einem Geschwindigkeitssprung entsteht, in der ein Impulsaustausch erfolgt. Dieser hat die Bildung einer Wirbelzone zur Folge, in der schwebstoffbefrachtetes Flusswasser gegen Vorhafenwasser ausgetauscht wird. Die vom Trenndammkopf (Bild 2) ausgehende Diskontinuität zwischen den Fliessgeschwindigkeiten des Fluss- und Vorhafenwassers verursacht ferner eine Walzenbewegung um eine vertikale Achse. Die Drehintensität dieser Primärwalze ist proportional zur Geschwindigkeit des Rheinabflusses (in diesem Falle des in der Zentrale Birsfelden turbinierten und abströmenden Rheinwassers). Die Primärwalze bewirkt im Vorhafen weitere Walzen, die jedoch eine vorhafenaufwärts abnehmende Drehintensität aufweisen. Die Sekundärwalze dreht dabei gegenläufig zur Primär- und Tertiärwalze. Im Vorhafen bildet sich eine Gesamtwalzenbewegung aus wie bei einem Zahnradwerk (Bild 6).

Im Auftrag der Kraftwerke Birsfelden AG, KWB, wurden an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich, VAW, in mehreren Modellstudien verschiedene Varianten zur Verminderung der Verlandung überprüft. Die meisten von ihnen schieden aus wirtschaftlichen Gründen aus.

Während dieser Studien entstand die Idee, mit einem Luftschleier am Eingang des unteren Vorhafens den Austausch zwischen Fluss- und Vorhafenwasser zu erschweren, d.h. die Drehintensität der Walzen abzuschwächen. Man hatte die begründete Hoffnung, damit das Eindringen von Feststoffen und somit die Verlandungen merklich reduzieren zu können. Es wurde beschlossen, im Sommer 1974 während zwei Monaten einen Grossversuch mit einem Luftschleier durchzuführen. Für die Beurteilung eines Erfolges oder Misserfolges des Grossversuches wurden Geschwindigkeitsmessungen im Bereich des Vorhafenmundes während des Versuches mit und ohne Luftschleier vorgesehen. Weiter war beabsichtigt, die Sohle im gleichen Gebiet vor und nach dem Versuch mit Echolot aufzunehmen.

Bild 1. Die Lage der Stauanlage und der Schleuse Birsfelden.



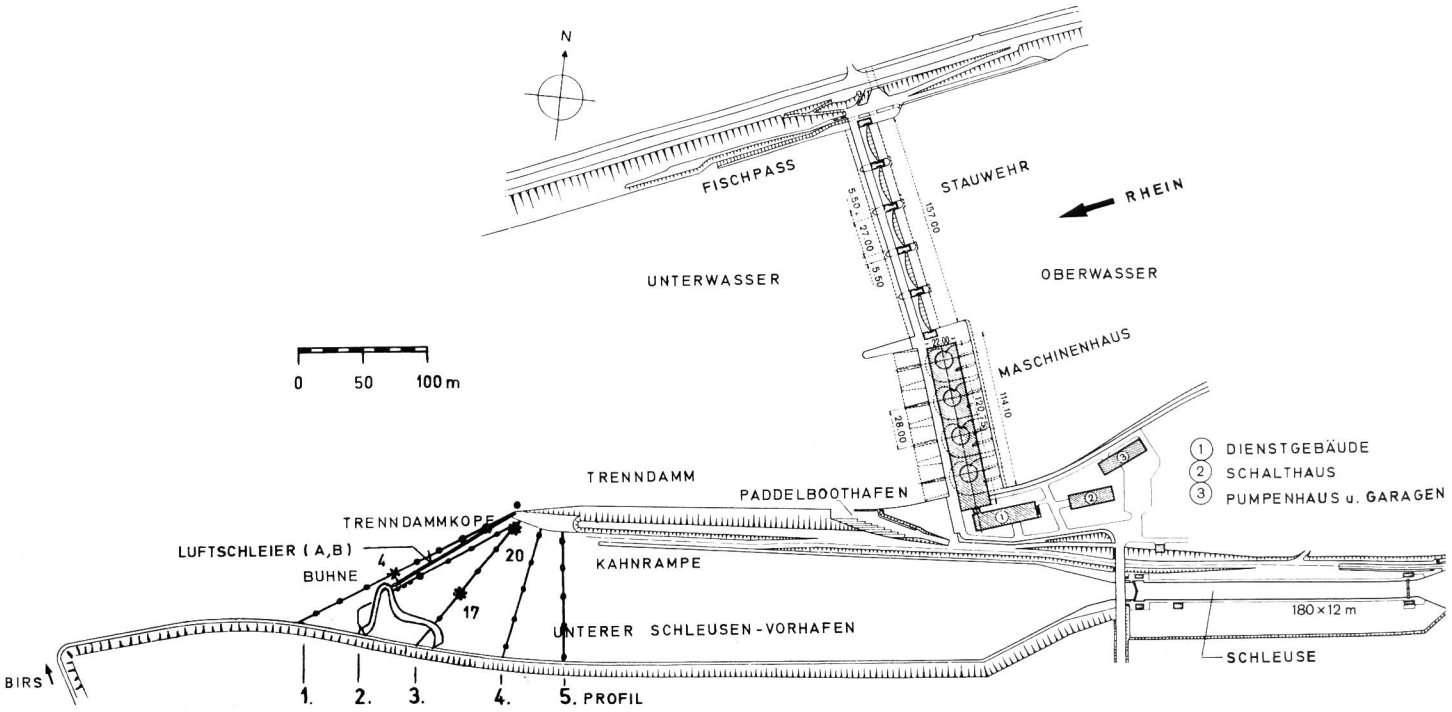


Bild 2. Die Hauptobjekte der Stauanlage Birsfelden.

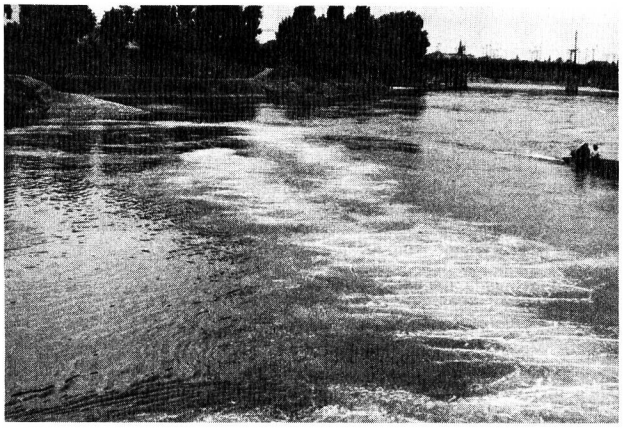


Bild 3. Ausströmende Luftblasen im unteren Vorhafen Birsfelden. Beide Schläuche des Luftschleiers sind in Betrieb; die Luftmenge beträgt 70 m³ Luft/min. Blickrichtung vom Trenndammkopf zur Buhne.

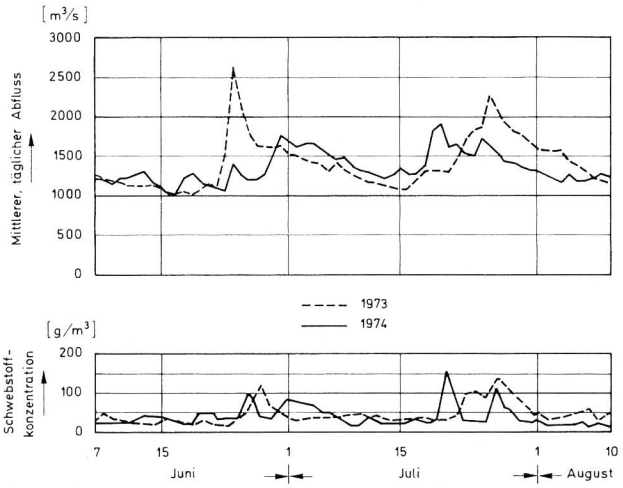


Bild 4. Abfluss und Schwebstoffkonzentration im Rhein.

Luftschleier

Für den Betrieb des Luftschleiers standen zwei Schraubenkompressoren mit einer totalen Fördermenge von 70 m³ Luft/min bei einem Arbeitsdruck von 7 atü zur Verfügung. Sie wurden im Maschinenhaus des KW Birsfelden untergebracht. Von hier wurde die Luft mittels Schläuchen zum Trenndammkopf geführt, wo eine Schaltanlage eingebaut wurde. Für die Erzeugung des eigentlichen Luftschleiers wurden zwei perforierte je 100 m lange Kunststoff-Schläuche A und B mit Innendurchmessern von 70 mm horizontal auf Sohlensollkote von 242,15 m ü.M., was 4,15 m unterhalb Mittelwasserspiegel entspricht, zwischen Trenndammkopf und Buhne verlegt (Bild 2) und mit Ankergewichten befestigt. Damit der Luftschleier möglichst wirksam sei, wurde er knapp innerhalb (vorhafenseitig) der in der Natur und im Modell festgestellten Trennlinie zwischen Fluss- und Vorhafenwasser gelegt.

Mit dem Schlauch A konnte eine auf der ganzen Länge konstante Intensität von maximal 0,7 m³ Luft/m min erzielt werden; mit dem Schlauch B hingegen liess sich eine vom Trenndammkopf bis zur Buhne linear von 0,4 auf 1,0 m³ Luft/m min ansteigende Intensität erzeugen (entsprechend der am Modell und in der Natur gemachten Feststellung, wonach die Einströmung gegen die Buhne zum Vorhafen hin am intensivsten ist). Mit der zur Verfügung stehenden Luftmenge konnten entweder der Schlauch A oder B oder beide gleichzeitig betrieben werden.

Bild 3 zeigt die an der Oberfläche austretende Luft des Luftschleiers; beide Schläuche sind in Betrieb.

Aus der Theorie [1] ist bekannt, dass ein Luftschleier in ruhendem Wasser eine gute Sperrwirkung aufweist, vor allem gegen Oberflächenströmungen — so z. B. als Ölsperre [2]. Auch als Sperre gegen Dichteströmung [3], [4] und als Mittel gegen Eisbildung [5] kommen Luftschleier zur Anwendung. Die Sperrwirkung nimmt mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit des Wassers ab. Es gibt keine Beispiele dafür, wie das Eindringen von Schwebstoffen mittels eines Luftschleiers in ein Gebiet mit nicht ruhendem Wasser, wie dies im Vorhafenmund des unteren

Schleusenvorhafens Birsfelden der Fall ist, verhindert werden kann.

Nach verschiedenen Probeläufen wurde der Luftschleierversuch am 7. Juni begonnen und dauerte bis zum 10. August 1974 [6]. In dieser Zeit herrschten hohe Rheinabflüsse mit Tagesmitteln bis zu fast 2000 m³/s (Bild 4) vor.

Geschwindigkeitsmessungen

Für die Messungen wurde ein Messflügel entwickelt (Bild 5), der den in der Natur und am hydraulischen Modell gemachten Beobachtungen Rechnung trägt, wonach die Schwierigkeit der Messung nicht unbedingt in der Ermittlung des Messwertes der Strömungsgeschwindigkeit liegt, sondern in der zeitlichen Änderung des Strömungsbildes.

Es war zu erwarten, dass die Strömungsgeschwindigkeiten keine feste Richtung aufweisen. Deshalb wurde der Messflügel in der Horizontalebene drehbar gelagert und mit einem Magnetkompass zur Registrierung der jeweiligen Flügelrichtung bzw. seines Azimuts versehen. Damit konnte zusätzlich zum Betrag der Geschwindigkeit auch deren momentane Richtung festgehalten werden. Die Ansprechgeschwindigkeit des Flügels betrug 3 cm/s.

In der Zeit vom 16. bis 24. Juli 1974 wurden die Geschwindigkeiten im unteren Vorhafenmund mit und ohne Luftschleier gemessen. Da man bestrebt war, die Messungen so ungestört wie möglich vorzunehmen, war man gezwungen, in Zeiten ohne Schiffsverkehr, d. h. in der Nacht zwischen 22.00 und 5.00 Uhr, zu messen. Gemäss Bild 2 wurde in 5 Profilen im Bereich der Primär- und Sekundärwalze bei insgesamt 38 Messvertikalen in acht verschiedenen Tiefen (0,10; 0,70; 1,40; 2,10; 2,80; 3,50; 4,20 und 4,90 m unter dem Wasserspiegel) gemessen. Die zur Zeit der Messung in den einzelnen Profilen vorhandenen Abflüsse gehen aus Tabelle 1 hervor.

Obwohl diese Messungen nicht bei gleichem Rheinabfluss stattfanden, dürfen ohne grosse Einschränkungen Vergleiche der Strömungsbilder zwischen den Zuständen mit und ohne Luftschleier angestellt werden. Dies um so mehr, als nur bei der Messung im Profil 5 ein grosser Unterschied zwischen den Abflussmengen vorlag. Die in diesem Profil ermittelten Geschwindigkeiten waren aber sehr klein.

Echolotaufnahmen

Für die Aufnahme der Sohlenzustände vor und nach dem Luftschleierversuch stand ein Fahrentholz-Echograph, Typ V/40/G (transportable Ausführung) zur Verfügung. Das Gerät wurde in einem kleinen Boot installiert und der ganze Vorhafenbereich abgefahren und vermessen. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Unterwasserstände und mit Hilfe der ausgewerteten Messstreifen konnte ein Plan von der Vorhafensohle angefertigt werden.

Beurteilung des Luftschleiers

Zur Beurteilung des Luftschleiers als Massnahme gegen die Verlandung des unteren Schleusenvorhafens standen, wie erwähnt, grundsätzlich zwei Datenreihen zur Verfügung: Die Resultate der Geschwindigkeitsmessungen und jene der Echolotaufnahmen.

Resultate der Geschwindigkeitsmessungen

Anhand der ausgewerteten Messprotokolle wurde die Strömung mit und ohne Luftschleier in Betrieb sowohl in den

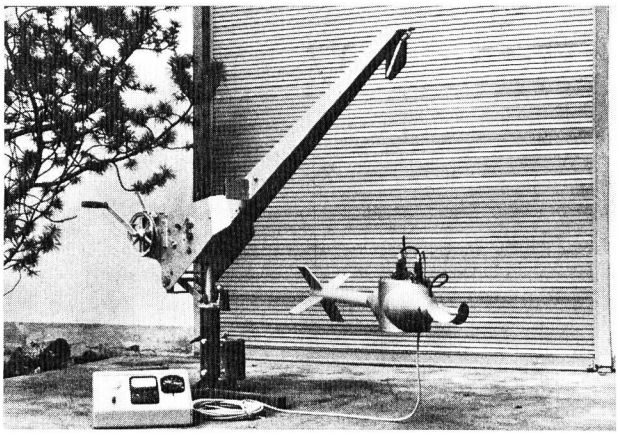


Bild 5. Der Messflügel. Am Boden steht das Anzeigegerät für Richtung und Geschwindigkeit der Strömungen. Am Kran hängt das Seilflügelgewicht mit Dynamoflügel und eingebautem Kompass.
Foto: Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

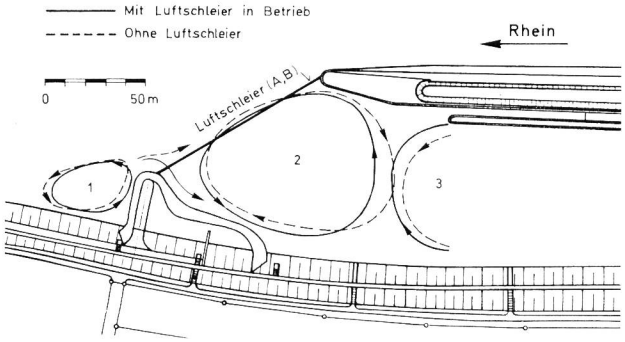


Bild 6: Strömungsbilder im Vorhafenmund.

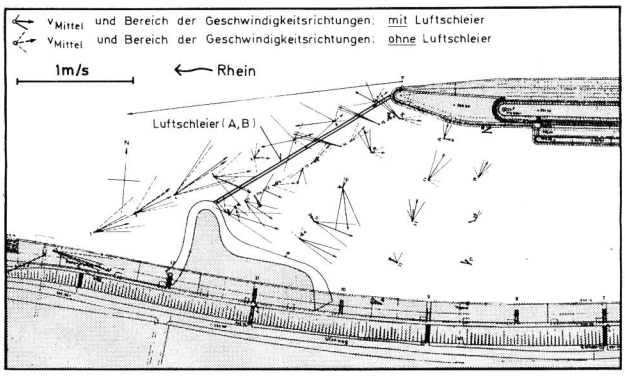


Bild 7. Strömungsgeschwindigkeiten 1,40 m unter dem Wasserspiegel.

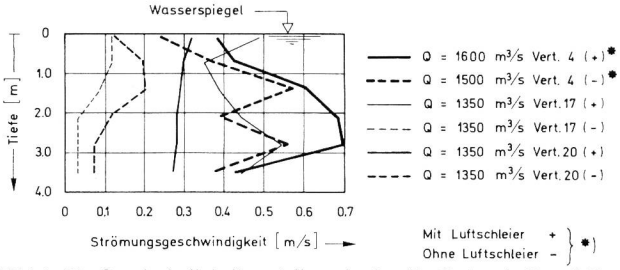


Bild 8. Die Geschwindigkeitsverteilung in den Vertikalen 4, 17 und 20.

Die Rheinabflüsse zur Zeit der Messungen in den einzelnen Profilen — Tabelle 1

Profil	1		2		3		4		5	
Zustand	mit Luftschleier	ohne Luftschleier	mit Luftschleier	ohne Luftschleier	mit Luftschleier	ohne Luftschleier	mit Luftschleier	ohne Luftschleier	mit Luftschleier	ohne Luftschleier
Abfluss in m³/s	1600	1500	1420	1330	1350	1350	1250	1220	1450	2260

Horizontalen als auch in den Vertikalen geprüft. Es lässt sich feststellen, dass der Luftschleier das Strömungsbild im Vorhafenmund spürbar beeinflusste. Die Messresultate sämtlicher Vertikalen lassen auf Strömungsbilder schliessen, wie sie für die beiden Fälle in Bild 6 prinzipiell dargestellt sind.

Aus dieser Darstellung geht hervor, dass für den Fall mit Luftschleier der Drehsinn der Walzen (vorhafenaufwärts) ab der Sekundärwalze umgekehrt wird. Da sich die Rheinwasserführung während der Messung der Profile im Vorhafenmund nicht wesentlich änderte, kann der Schluss gezogen werden, dass die Umkehrung auf die Wirkung des Luftschleiers zurückzuführen ist. Diese Umkehrung zeigt auch, dass die Walzenbewegung bzw. der Drehsinn der Walzen im Vorhafenmund labil ist. Dies geht auch aus den Geschwindigkeitsmessungen in der Sekundärwalze hervor, da hier die Geschwindigkeiten in fast keiner Messvertikalen eine feste Richtung aufweisen. Bild 7 ist eine repräsentative Darstellung der Strömungsgeschwindigkeiten für beide Fälle, 1,40 m unterhalb des Wasserspiegels.

Die grossen Schwankungen der Strömungsrichtung sind darin ebenfalls dargestellt. Die Geschwindigkeiten waren im Falle mit Luftschleier im allgemeinen — wie auch aus Bild 7 zu ersehen ist — etwas grösser als ohne Luftschleier. Im Bereich der Primärwalze unterhalb der Buhne blieben die Strömungsrichtungen in den Messvertikalen in beiden Fällen gleich.

Bild 8 zeigt die Geschwindigkeitsverteilung (der Grösse nach) in den Messvertikalen 4, 17 und 20 für beide Fälle. Auch aus dieser Abbildung geht hervor, dass die Geschwindigkeiten mit Luftschleier grösser sind als ohne, so ist z. B. in der Vertikalen 4 die maximale Geschwindigkeit 0,7 m/s mit und 0,57 m/s ohne Luftschleier. Gleichzeitig war die gemessene Geschwindigkeit des Rheinabflusses 2,5 m/s (Bild 7).

Allein aus der Tatsache, dass die Drehgeschwindigkeit der Sekundärwalze durch den Betrieb des Luftschleiers nicht abnimmt, sondern sich eher vergrössert, ersieht man, dass der Luftschleier keine Verminderung des Wasseraustausches zwischen Fluss- und Vorhafenwasser bewirkt. Dass die Sekundärwalze als Folge des Luftschleiers ihren Drehsinn umkehrt, dürfte für das zu erwartende Verlandungsvolumen keine besondere Rolle spielen: Es würden sich höchstens die Haupteintrittsbereiche und Ablagerungsschwerpunkte verschieben, und zwar aus der Nähe des Trenndammkopfes zum buhnennahen Bereich hin.

Ergebnisse der Echolotaufnahmen

Als zweite Beurteilungsmöglichkeit wurden die Sohlenzustände mit Echolotaufnahmen vor Beginn und nach Ablauf des Versuches aufgenommen und verglichen. Für die Berechnung des Verlandungsvolumens wurde nur der Bereich der Sekundärwalze berücksichtigt, weil anzunehmen ist, dass nur hier die Verlandung ausschliesslich vom eindringenden schwebstoffbefrachteten Flusswasser herrührt (weiter oben im Vorhafen ist auch das von den Schleusungen stammende Material für das Verlandungsvolumen mitbestimmend).

Nach Vergleich dieser beiden Echolotaufnahmen ergab sich für die Testperiode eine Zunahme des Verlandungsvolumens im äusseren Vorhafen von etwa 2600 m³ — eine Menge, die eindeutig mit dem Austauschwasser vom Rhein durch den Luftschleier hereintransportiert wurde.

Um dieses Resultat beurteilen zu können, wurde eine bezüglich Rheinwasserführung und Schwebstoffkonzentration vergleichbare Periode mit einem bekannten Verlandungsvolumen gesucht. Der Sommer 1973 erwies sich als Vergleichsperiode besonders geeignet. Sowohl die Abflussverhältnisse als auch die Schwebstoffkonzentration des Rheins wiesen während beider Sommer ähnlichen Charakter auf (Bild 4). Aufgrund bestehender Echolotaufnahmen der Vergleichsperiode 1973 konnte errechnet werden, dass sich im Sommer 1973 etwa 2500 m³ Feststoffe im Vorhafenmund abgesetzt hatten.

Dies würde also heissen, dass sich die gleichen Feststoffmengen von etwa 2500 m³ sowohl mit Luftschleierbetrieb (Juni bis August 1974) als auch ohne (Juni bis August 1973) im äusseren Vorhafen ablagerten.

Schlussfolgerung

Nach Überprüfung und Auswertung der gesammelten Daten und nach dem Vergleich der Zustände mit und ohne Luftschleierbetrieb ist der Schluss zu ziehen, dass der Luftschleier die Verlandungsmenge nicht merkbar veränderte. Somit erscheint der Luftschleier als Massnahme zur Verminderung der Verlandung des unteren Schleusenvorhafens nicht geeignet. Deshalb konnte dem Auftraggeber, d. h. der Kraftwerke Birsfelden AG, die definitive Installation einer solchen Anlage nicht empfohlen werden. Trotz des erheblichen materiellen Aufwandes hat sich der Grossversuch aber gelohnt, hat er doch die Verwendungsmöglichkeit eines Luftschleiers zur Verminderung der Auflandung unter Bedingungen wie im unteren Vorhafen Birsfelden eindeutig geklärt, wenn auch im negativen Sinne.

Der KW Birsfelden AG sei an dieser Stelle für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Resultate des von ihr durchgeführten Versuchs bestens gedankt. Dank gebührt ferner dem Ingenieurbüro Maggia AG für die Überwachung des Versuches und die Auswertung der Resultate, dem Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft für die Entwicklung des Strömungsmessers und die Überlassung der Messergebnisse sowie der Deutschen Bundesanstalt für Gewässerkunde, die die wertvollen Daten zu Bild 4 zur Verfügung stellte.

Literaturhinweise

[1] Kobus, H.: Bemessungsgrundlagen und Anwendungen für Luftschleier im Wasserbau. Erich Schmidt Verlag, 1973.

[2] Verner, B.: Druckluft-Olsperren. Dimensionierung und praktische Anwendung. «Schiff und Hafen» Heft 1, 1972.

[3] Simmons, H. B.: Potential benefits of pneumatic barriers in estuaries. «ASCE Journal of the Hydraulics Division» Hy 3, 1967.

[4] de Necker, J. and Knol, J.: Results of experiments with an air-bubble screen against siltation in the Rotterdam Harbour. 5. Intern. Harbour Congress, Antwerpen, Juni 1968.

[5] Carstens, T.: Prevention of ice formation by forced mixing. Proceeding from the First Intern. Conference on Port and Ocean Engineering under Artic Conditions, Techn. Univ. of Norway 1971, Volume 1.

[6] Jacobsen, J.G.: The use of an air-bubble screen to prevent the silting up of a Rhine river harbour, Proceedings des 17. IAHR-Kongresses, 1977, Baden-Baden, BRD.

Adresse des Verfassers: James G. Jacobsen, c/o Norconsult A.S., Maries vei 20, N - 1322 Hövik bei Oslo, früher an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, Gloriastrasse, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.