

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Hassing, Reinhard**

## **Lockstropumpen – Einsatzkonzept und Erfahrungen**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/101996>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Hassing, Reinhard (2012): Lockstropumpen – Einsatzkonzept und Erfahrungen. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen - Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau; Bundesanstalt für Gewässerkunde. S. 49-54.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## Lockstropmpumpen – Einsatzkonzept und Erfahrungen

Dr.-Ing. Reinhard Hassinger, Universität Kassel

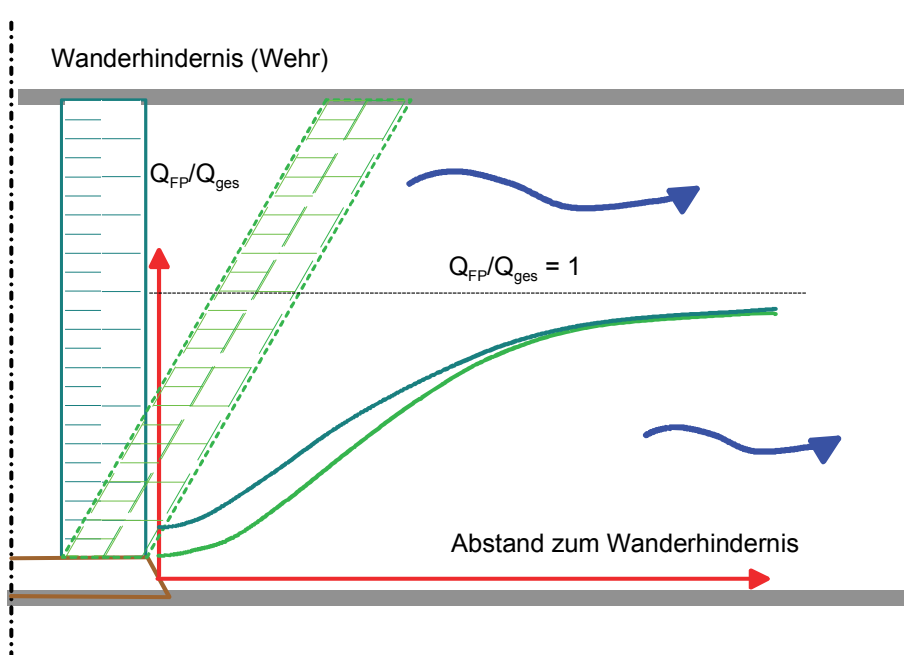
### Einleitung und Problemstellung

Die Rolle des Durchflusses für die Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen wird immer noch kontrovers diskutiert. Allgemein herrscht die Vorstellung, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der Fisch beim Aufstieg einem bestimmten Wanderkorridor folgt, umso größer ist, je größer der Abflussanteil ist, der aus diesem Gewässerarm herausströmt. Deshalb wird bei der Auslegung von Fischaufstiegen gefordert, dass der ausfließende Leitstrom zur konkurrierenden Strömung in einem bestimmten Verhältnis stehen muss. Wenn dieser Abfluss aus dem Oberwasser entnommen wird, entsteht eine Konkurrenzsituation, da der Abflussanteil der vorhandenen Turbine weggenommen wird. Die Betreiber werden einer Reduzierung des Zufluss zur Turbine in der Regel nicht ohne Gegenwehr zustimmen.

Die Lockstropmpumpen bieten eine Chance, das Problemfeld des für ökologische Zwecke abzugebenden Wassers entschärfen, indem die hydraulischen Anforderungen zur Auffindbarkeit mit geringerem Wasserbedarf erfüllt werden.

### Anmerkungen zum Durchfluss als Parameter bei der Auslegung von Fischaufstiegsanlagen

Der an einem Fischpasseinstieg benötigte Abfluss ist stark von der Position abhängig. Die grundlegenden Zusammenhänge können qualitativ wie folgt dargestellt werden.



*Bild 1:  
Qualitative Abhängigkeit  
des Durchflusses im  
Einstieg einer Fischauf-  
stiegsanlage in  
Abhängigkeit vom  
Abstand zum  
Wanderhindernis bei  
gleichen Effizianzfor-  
derungen*

Die Aussagen dieser Grafik sind folgende:

1. Bei gleicher Anforderung an die Effizienz der Anlage nimmt der relative Durchfluss mit zunehmendem Abstand vom Wanderhindernis stark zu.
2. In größerer Entfernung muss ein großer Teil des Durchflusses als Lockstrom wirksam werden.
3. Direkt am Wanderhindernis hängt der Abflussbedarf von der Leitwirkung des Hindernisses ab. Bei guter Leitwirkung ist hier der Durchflussanspruch eher gering (Mader, 2006).

Fazit: Beginnt ein Fischpass nicht an der optimalen Position, kann dies nur durch enorme Steigerung des Lockstroms kompensiert werden. Der zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Effizienz nötige Durchfluss nimmt mit der Entfernung zum Wanderhindernis stark zu. Konstante relative Durchflüsse können diesem Zusammenhang nicht gerecht werden. In größerer Entfernung sind die benötigten Durchflüsse i.d.R. nicht mehr herstellbar. Bei optimaler Position ist der am Einstieg benötigte Durchfluss vergleichsweise klein. Bei zusätzlich wirksamer Leitwirkung nimmt der Abflussbedarf weiter ab.

Die bei der Planung von Fischaufstiegen anzuwendenden Kriterien können grob in solche zur Sicherstellung der Auffindbarkeit und solche zur Gewährleistung der Passierbarkeit unterteilt werden. Der Durchfluss spielt in beiden Gruppen eine unterschiedliche Rolle:

- Bei der Auffindbarkeit ist der Durchfluss eine maßgebliche Größe, die als Prozentsatz des konkurrierenden Abflusses gefordert wird. Zusätzlich gilt, dass der Lockstrom im Unterwasser spürbar sein soll und dass er in einem bestimmten Winkel einmündet.
- Im Hinblick auf die Passierbarkeit folgt der notwendige Abfluss z.B. bei den beckenartigen Fischpässen indirekt aus den Bemessungswerten von Schlitzweite, Wassertiefe und Höhenabfall am Schlitz. Daraus ergibt sich üblicherweise ein Abfluss, der wegen der heute eingeschränkten Strömungsgeschwindigkeiten in Engstellen (korrespondiert mit Höhenabfall) für die Erzeugung eines Leitstroms oft zu gering ist. Bei der wesentlichen Bemessungsgröße „Leistungsdichte“ wirkt der Durchfluss invers, was bedeutet, dass die Anforderungen zur Energiedissipation umso leichter einzuhalten sind, je geringer der Abfluss ist.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass insbesondere bei nicht ganz optimaler Position des Einstiegs der dort nötige Abfluss oft deutlich größer ist als der Durchfluss, der im Fischpass für die Sicherstellung einer guten Passierbarkeit notwendig wäre. Damit stellt sich die Aufgabe, dem Fischpass kurz vor dem Einstieg den als Lockstrom benötigten Durchfluss hinzuzugeben.

### **Bekannte Lösungen**

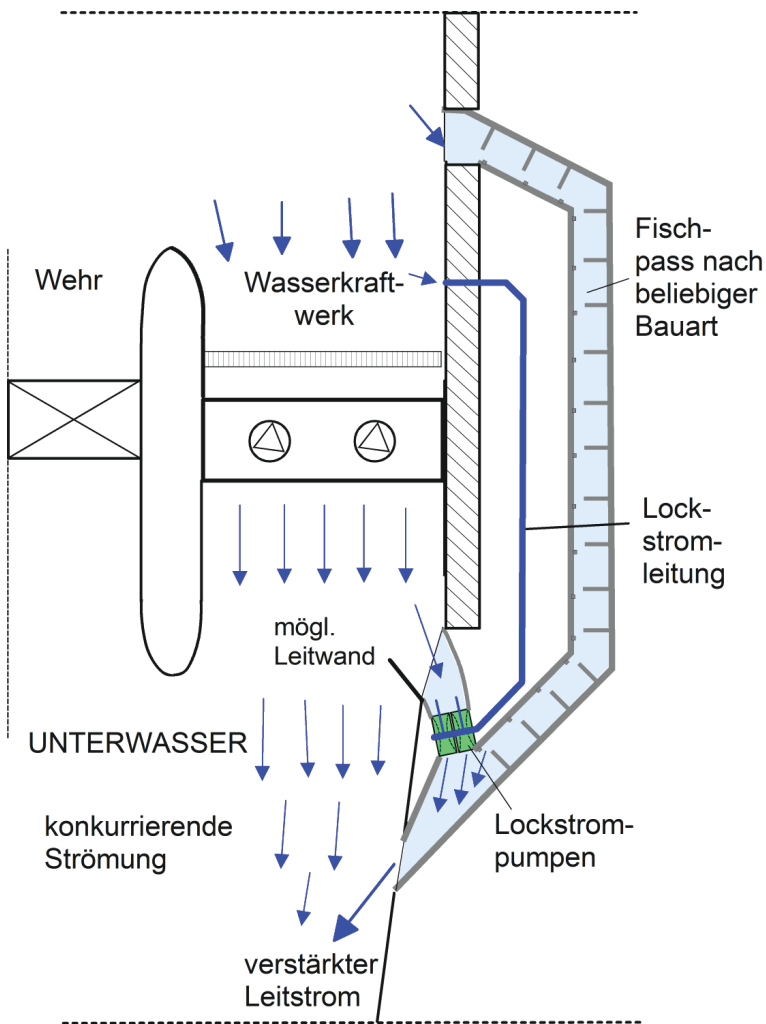
Wenn man die triviale Lösung, nämlich den gesamten Fischpass für den am Einstieg benötigten Durchfluss auszulegen, wegen der hohen Kosten nicht weiter betrachtet, kommt als bekannte Lösung die Zugabe der zusätzlichen Dotation im Einstiegsbereich in Betracht. Diese Lösung hat jedoch mehrere Nachteile, nämlich dass

- das gesamte Zusatzwasser der Turbine wegegenommen wird,
- dass dafür eine vergleichsweise großkalibrige Leitung zu bauen ist und,

- dass am Ende der Leitung überschüssige hydraulische Leistung vorhanden ist, die unschädlich umzuwandeln ist. Hierfür sind zusätzliche Bauwerke und/oder vergrößerte Becken nötig.

### Lösungskonzept der Lockstrompumpe

Das Konzept der Lockstrompumpe basiert auf der Idee, nur einen kleinen Teil des benötigten Zusatzwassers aus dem Oberwasser zu nehmen und die darin frei werdende hydraulische Leistung zu nutzen, um Wasser aus dem Turbinenabstrom in den Auslaufbereich des Fischpasses hinein zu befördern. In Bild 2 ist eine grundsätzliche Anordnung dargestellt.

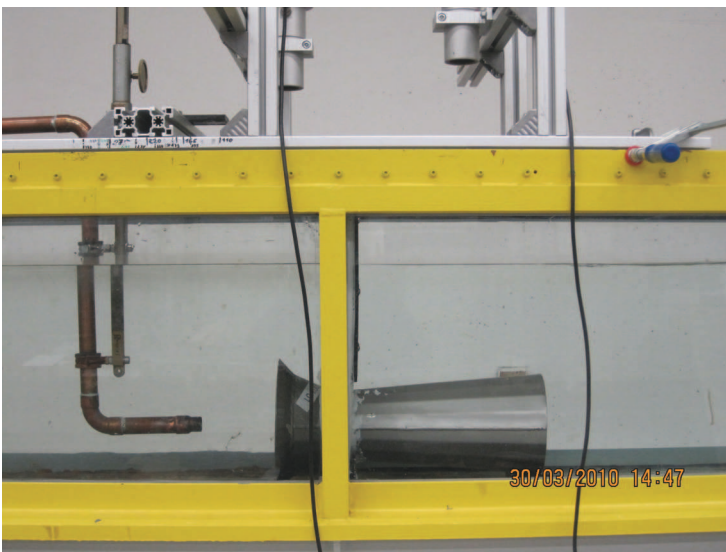


*Bild 2: Prinzipielle Anordnung einer Lockstrompumpenanlage*

Als hydraulische „Maschine“ bietet sich dazu die Strahlpumpe an, in der ein turbulenter Freistrahls seinen Impuls an das umgebende Fluid überträgt, so dass das dieses Wasser mitgerissen wird. Der Durchfluss im Strahl nimmt über die Fließlänge des Strahls kontinuierlich zu, während die mittlere Geschwindigkeit abnimmt. Dieses Phänomen spielt sich in einem Raum ab, der einer Venturidüsen ähnelt, so dass einerseits kein Rückfluss möglich ist und andererseits ein enger Querschnitt mit hoher Geschwindigkeit und hoher Turbulenz als Einwandersperre für Fische dient.

### Hydraulik der Lockstropmpumpe und Bemessung

Die Strahlpumpen sind durch eine sehr flache Kennlinie charakterisiert. Das bedeutet, dass die Förderhöhe einen großen Einfluss auf die Förderleistung hat. Da die Lockstropmpumpen vom Unterwasser in das Unterwasser fördern, entspricht die Förderhöhe den Verlusten bei der Durchströmung des Kanals vom Turbinen-Unterwasser zu den Lockstropmpumpen, durch diese hindurch und durch den Auslauf des Fischpasses, der zur Erzeugung einer ausreichenden Geschwindigkeit in der Regel mit einer gewissen Einengung versehen ist.



*Bild 3: Lockstropmpumpe mit Düse  
im Labor*

Vorteilhaft für die Förderleistung ist es demzufolge, wenn mithilfe einer Leiteinrichtung Wasser aus dem Turbinenabstrom in die Lockstropmpumpen hineingeleitet wird.

Im Labor der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau in der Universität Kassel wurde eine in Vorversuchen als günstig erkannte Geometrie genauer untersucht (Rahn, 2011; Bild 3). Für diese Geometrie, die vergleichsweise einfach aus Stahlblech (als Metall-Lockstropmpumpe oder als verlorene Schaltung in einem Betonfertigteil) hergestellt werden kann, wurde in Bemessungsverfahren abgeleitet. Eingangsgröße für die Bemessung ist unter der Voraussetzung, dass ein bestimmter Gesamtabfluss zu fördern ist, das Verhältnis zwischen „Förderhöhe“ und Geschwindigkeitshöhe der Düsenströmung, die wiederum von der Fallhöhe und den Verlusten in der Düsenzuleitung abhängt. In der Abschätzung der „Förderhöhe“ im Betrieb liegt eine der Schwierigkeiten bei der Bemessung. Daraus ergeben sich die Abmessungen, das Förderverhältnis, der Düsendurchmesser und der Düsenabstand. In einem iterativen Prozess sind die geometrischen und hydraulischen Größen so abzustimmen, dass der geforderte Durchfluss möglichst wirtschaftlich dargestellt wird.

Bei ansteigendem Unterwasserstand nimmt die Fallhöhe an der Stauanlage ab. Da aber in der Regel die Querschnitte im Verlauf der Lockstromführung zunehmen und die Verluste abnehmen, hängt es von den örtlichen Bedingungen ab, wie groß der Unterschied in der Förderleistung zwischen  $Q_{30}$  und  $Q_{330}$  ist.

## Fallbeispiele

### Kraftwerk Villach (Drau)

Die erste Lockstrompumpenanlage wurde in Villach an der Drau errichtet. Hier hat sie die Aufgabe, ein künstliches Nebengewässer der Drau so mit Wasser zu versorgen, dass dort viele Fische einwandern, denn der Fischaufstieg schließt an diesem Nebengewässer an. Nebenziel war, im Nebengewässer einen so großen Durchfluss zu erzeugen, dass die nach Hochwasser verbleibenden Sandablagerungen ausgespült werden. Diese machten früher regelmäßige Baggerarbeiten nötig.



*Bild 4: Lockstrompumpen in Villach an der Drau*

Messungen ergaben, dass bei einer Gesamtfallhöhe von über 9 m die Förderleistung den Erwartungen entsprach. Mit einem Durchfluss von knapp 120 l/s durch 7 Düsen und 7 Lockstrompumpen kann ein Durchfluss von 1300 l/s in das Nebengewässer hinein gefördert werden. Zwischenzeitlich wurden die Düsen etwas vergrößert, so dass bei abnehmendem Förderverhältnis ein größerer Düsenstrom auch einen größeren Gesamtdurchfluss erzeugt.

Die Anlage wurde hinsichtlich der ökologischen Funktion durch die Boku Wien (Prof. Schmutz) untersucht. Die Ergebnisse sind leider nicht veröffentlicht. Allerdings kann bei einem Durchflussverhältnis zum Drauabfluss von weniger als 1% und einem erheblichen Abstand zur Stauanlage auch keine hohe Effizienz erwartet werden.



### **Kraftwerk Lengfurth (Main)**

Eine jüngere Lockrumpfpumpenanlage wurde im letzten Herbst am Main an der Wasserkraft- und Stauanlage Lengfurth/Main eingebaut.



*Bild 5: Lockstrompumpen an der Stauanlage Lengfurth/Main*

Die Anlage wurde unter gegen gegebenen nicht optimalen Randbedingungen neben den Auslaufbereich des Fischpasses gesetzt. Der Ausstrom vereinigt sich direkt mit dem Fischpassauslauf. Als Einwandersperre ist eine kammähnliche Konstruktion vorgesehen.

Die Anlage wird in Kürze hydraulisch und fischökologisch untersucht. Bereits direkt nach Inbetriebnahme war festzustellen, dass die Zuführung des Düsenstroms über eine Heberleitung problemlos möglich ist. Der Heber kann auf einfache Weise mit einem Wassersauger angeworfen werden.

### **Fazit**

Für die hydraulische Bemessung der Lockstrompumpen und der Düsenleitungen sind verlässliche Grundlagen vorhanden, wenn die Verluste im Verlauf der Leitung zutreffend abgeschätzt werden. Ergebnisse zur Lockwirkung auf Fische liegen bisher nicht vor. Zu untersuchen ist auch noch die Sperrwirkung der hochturbulenten und schnellen Strömung in den Engpassquerschnitten. Allerdings liegen auch zur Effizienz von Lockstromverstärkungen herkömmlicher Art noch keine spezifischen Effizienznachweise vor.

### **Literatur**

Mader, Helmut (2006): Konfliktlösungen im Spannungsfeld zwischen ökologischer Funktion und anthropogener Nutzung von Fließgewässern. Vortrag WS 2006/2007 Boku Wien  
(<http://iwhw.boku.ac.at/LVA816308/TEIL6WS20062007.pdf>)

Rahn, Silvia (2011): Hydraulische Untersuchungen einer Lockstrompumpe. Master-Projektarbeit an der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau, Universität Kassel, Kassel, 2011 (unveröffentlicht)