

# Druckpendelungen im Leitungssystem von Wasserkraftanlagen mit Wasserschloss

Autor(en): **Hochstatter, Josef / Lein, Günter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 6

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74044>

## **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.

bes und des Massenschwerpunktes sowie die Massenverteilung in Wände und Decken.

Es muss auf alle Fälle beachtet werden, dass die Wellenschwingungszeit nie mit der Eigenfrequenz der Betonelemente zusammenfallen darf, da sonst das System sehr stark aufgeschaukelt werden kann und entsprechend hohe Kräfte auftreten.

Die von uns bis jetzt gebauten Molenanlagen weisen Breiten von 3-4 Metern auf, bei einem Freibord von 50-80 cm. Es sind aber bereits grössere Molenelemente im Projektstadium, die für Boden- und Genfersee bestimmt sind. Auch Studien für Hochseeverhältnisse sind in Arbeit.

Die Wellendämpfungswirkung der Schwimmlensysteme Fehlmann ist ausgezeichnet. Sie liegt entgegen den Modellstudien nicht bei 70-80%, son-

dern bei 90 und mehr Prozent, dies vor allem bei Sturmwellen. Die Bewegungen der gelenkig verbundenen Elemente sind sehr klein (einige cm). Auch ein gelegentliches Überspülen der Molenelemente durch Wellenkämme und Flugwasser spielt keine Rolle bei der Wellendämpfung, vielmehr hilft es bei der Reinigung der Betonelemente mit.

### Schlussbemerkung

Schwimmolen aus Beton im allgemeinen und nach dem System Fehlmann stehen bereits seit rund einem Jahrzehnt in Betrieb und haben sich während dieser Zeit bewährt. Es hat sich gezeigt, dass Schwimmlen gegenüber dem herkömmlichen Hafenaufbau viele Vorteile aufweisen (Wasserstand-unabhängig,

kein Faulwasser im Hafenbecken, unabhängig von Bodenverhältnissen usw.) und in schwierigen Bodenverhältnissen bzw. bei grosser Wassertiefe einen Hafenaufbau überhaupt erst ermöglichen. Die Herstellung der Betonelemente ist unabhängig vom Hafenaufbau, d. h. eine ganze Hafenanlage kann auf dem See weg praktisch vorgefertigt eingeschommen werden, so dass die Erholungsgebiete, in denen zumeist die Hafenanlagen erstellt werden, durch Bauemissionen nur wenig beeinträchtigt werden.

Adresse des Verfassers: B. Fehlmann, Fehlmann Zug AG, Chamerstrasse 104, 6301 Zug

## Druckpendelungen im Leitungssystem von Wasserkraftanlagen mit Wasserschloss

Von Josef Hochstatter und Günter Lein, Stuttgart

Der vorliegende Beitrag hat zum Ziel, am Beispiel einer fiktiven Hochdruck-Wasserkraftanlage mit oberwasserseitigem Wasserschloss darzulegen, mit welchen Druckänderungen der Stollen belastet wird und wie sich das Verhältnis Stollenlänge/Rohrleitungslänge auf diese Belastung auswirkt. Auch für die Druckleitung ergeben sich interessante Folgerungen.

Aus der Literatur ist hinlänglich bekannt, dass Stollen durch Wasserschlosser nicht vollständig vor Druckstössen, die von den Maschinen ausgehen, geschützt sind. Angaben über die tatsächliche Druckbeanspruchung der Stollen liegen jedoch nur spärlich vor. In den meisten Fällen wird nur der Druck berücksichtigt, der sich aus der Wasserspiegelschwankung und einer eventuellen Drosselung im Wasserschloss ergibt. Er nimmt - beginnend an der Abzweigung

zum Wasserschloss - linear mit der Länge ab (vgl. auch Bild 7). Die tatsächliche Druckbeanspruchung kann beträchtlich von dieser vereinfachten Vorstellung abweichen. Besonders stark wirkt sich dabei eine lange durchströmte untere Kammer mit relativ kleinem Querschnitt aus, wie sie bei Wasserschlossern in Hochdruckanlagen häufig ausgeführt wird.

Gemäss Bild 1 besteht die fiktive Wasserkraftanlage aus einem Oberbecken,

einem nahezu horizontal verlaufenden Stollen, einem Wasserschloss mit langer Unterkammer mit oder ohne Drosselung am Ende der Kammer, einer

Tabelle 1. Daten der fiktiven Anlage

|  |  |
|--|--|
| Fallhöhe der Anlage                    | $H_N = 1500 \text{ m}$                         |
| Anzahl der Turbinen                    | $n = 3$  |
| Anzahl der Düsen pro Turbine           | $i_D = 4$                                      |
| Nenndurchfluss von 3 Turbinen          | $Q_N = 36 \text{ m}^3/\text{s}$                |
| Leerlaufdurchfluss von 3 Turbinen      | $Q_o = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$               |
| Schliesszeit von Leerlauföffnung aus   | $t_s = 2 \text{ s}$                            |
| <b>Druckrohrleitung (1)</b>            |  |
| Länge                                  | $L_1 = 3000 \text{ m}$                         |
| Durchmesser                            | $D_1 = 2,5 \text{ m}$                          |
| Rohrreibungsbeiwert                    | $\lambda_1 = 0,013$                            |
| Wellengeschwindigkeit                  | $a_1 = 1200 \text{ m/s}$                       |
| <b>Stollen (2)</b>                     |  |
| Länge                                  | $L_2 = 3000 \dots (300) \dots 14000 \text{ m}$ |
| Durchmesser                            | $D_2 = 3,4 \text{ m}$                          |
| Rohrreibungsbeiwert                    | $\lambda_2 = 0,012$                            |
| Wellengeschwindigkeit                  | $a_2 = 1200 \text{ m/s}$                       |
| <b>Wasserschloss Untere Kammer (3)</b> |  |
| Länge                                  | $L_3 = 300 \text{ m}$                          |
| Durchmesser                            | $D_3 = 3 \text{ m}$                            |
| Rohrreibungsbeiwert                    | $\lambda_3 = 0,013$                            |
| Wellengeschwindigkeit                  | $a_3 = 1200 \text{ m/s}$                       |
| <b>Hauptschacht</b>                    |  |
| Querschnittsfläche                     | $A_4 = 0,0235 \cdot L_2 \cdot 1 \text{ m}$     |
| Höhenkote der Drossel                  | $z_3 = 1460$                                   |
| Drosselbeiwert                         | $\xi = 0 \text{ oder } 22,5$                   |

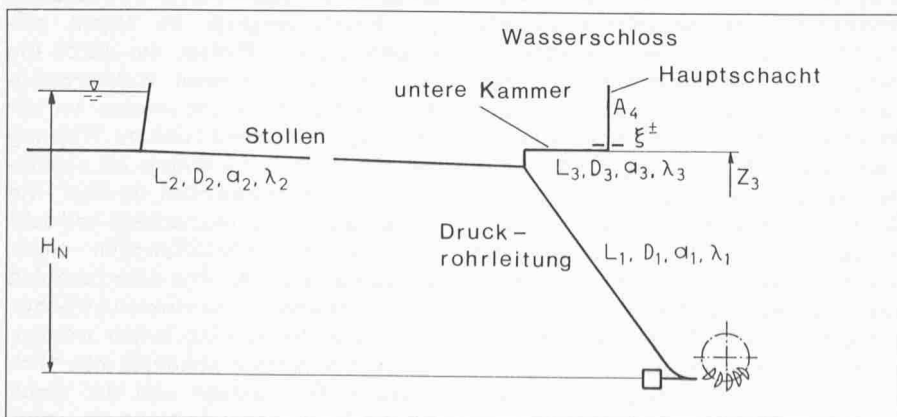


Bild 1. Prinzipische Skizze der Anlage

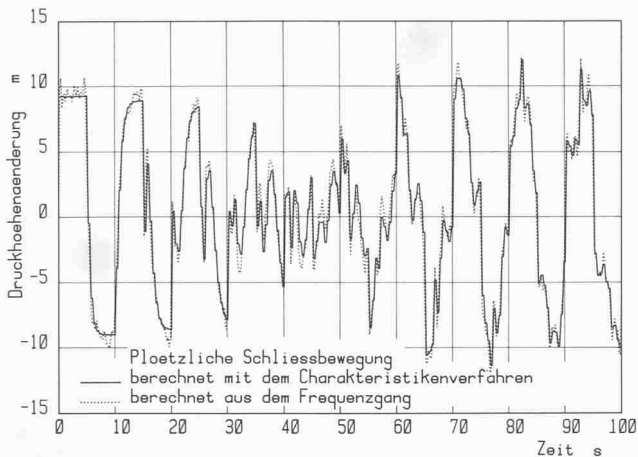


Bild 2. Vergleich des zeitlichen Druckverlaufes an den Düsen nach einer plötzlichen Schliessbewegung, berechnet mit zwei verschiedenen Methoden

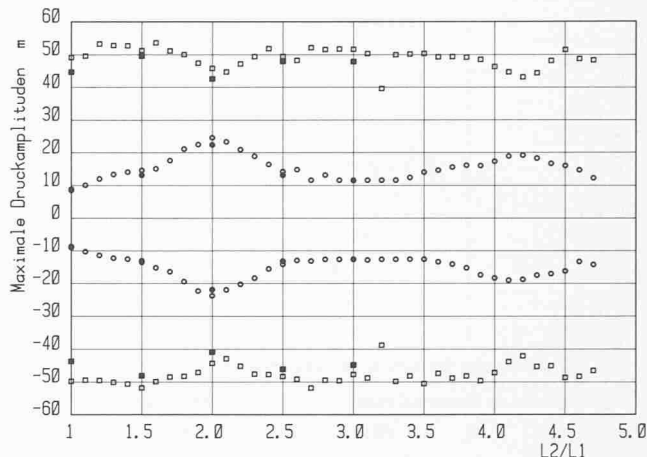


Bild 3. Maximale Druckamplituden in der Druckleitung an den Düsen (□ ohne, ■ mit Drossel) und im Stollen (○ ohne, ● mit Drossel) dargestellt über dem Verhältnis Stollenlänge/Druckrohrleitungslänge

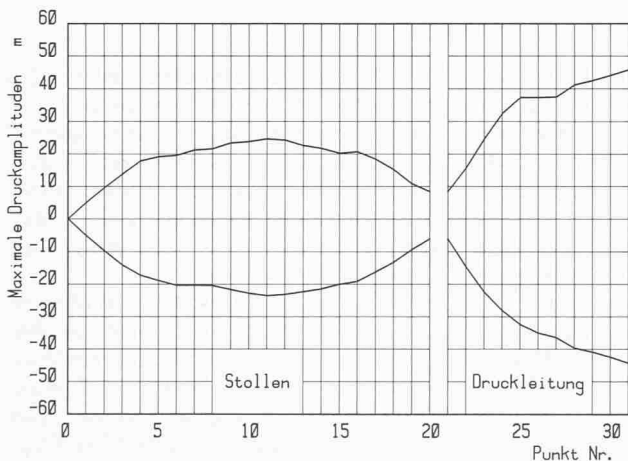


Bild 4. Maximale Druckamplituden entlang des gestreckten Rohrleitungssystems, gültig für das Längenverhältnis 2:1

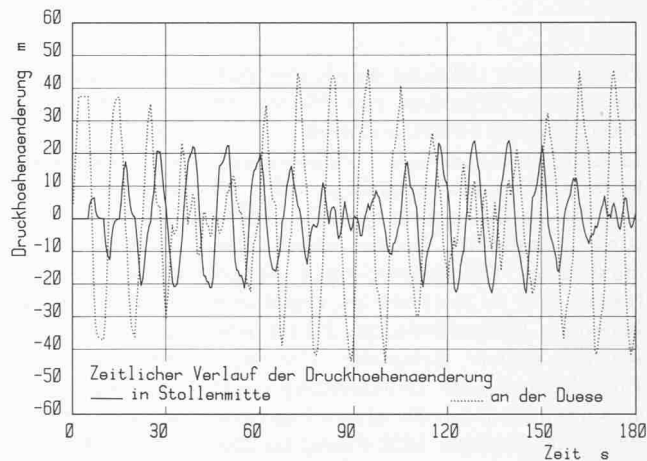


Bild 5. Zeitlicher Druckverlauf an den Düsen und in Stollenmitte, gültig für das Längenverhältnis 2:1

Druckleitung und dem Kraftwerk. Im Kraftwerk seien Pelton-turbinen installiert. Diese Überlegungen gelten aber analog auch bei anderen Maschinentypen.

Wie im folgenden gezeigt wird, ist die Druckbelastung des Stollens besonders gross, wenn Druckpendelungen entstehen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Düsenadeln der Turbinen von kleiner Öffnung aus schliessen. In solchen Fällen entstehen nach Beendigung des Schliessvorganges oft minutenlang andauernde Druckpendelungen, die erst allmählich unter dem Einfluss der Rohrreibung abklingen. Gerade solche Druckpendelungen wirken sich auch im Stollen aus.

Für die in Bild 1 skizzierte Hochdruckanlage mit den in Tabelle 1 angegebenen Daten wurden Berechnungen durchgeführt, welche die Zusammenhänge deutlich machen sollen. Für die im Abschnitt «Berechnungsergebnisse» besprochenen Berechnungen wird der extreme Fall angenommen, dass alle Düsen synchron von Leerlauföffnung aus innerhalb des Bruchteiles einer Reflexionszeit der Druckleitung schliessen. Bedingt durch die Düsencharakteristik und die bei kleinem Durchfluss geringe Reibung ergeben sich in diesem Bereich

bei gleicher prozentualer Düsenbewegung die grössten Druckänderungen im System, während die Wasserspiegelbewegung im Wasserschloss gering bleibt. An den Düsen entsteht im angenommenen Fall eine Druckerhöhung von 37,5 m, die von Beendigung des Schliessvorganges bis zum Ende der ersten Reflexionszeit der Druckleitung in konstanter Höhe erhalten bleibt. Die Zeit der Schliessbewegung wurde deshalb so kurz gewählt, weil sie den Einfluss des Wasserschlosses auf den Druckverlauf an den Düsen deutlich werden lässt.

### Berechnungsmethode

Fast alle Berechnungen wurden unter Berücksichtigung der Elastizität des Wassers und der Wandungen mit Hilfe des Charakteristikenverfahrens auf einem Tischrechner HP 9825 A durchgeführt. Neben den üblichen Vereinfachungen der Methode (z. B. stationärer Reibungsansatz) wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Verluste des Abzweigstückes am Fusse des Wasserschlosses werden vernachlässigt;

- das Wasser im Hauptschacht des Wasserschlosses sowie dessen Wandung werden als unelastisch angesehen.

Diese Vereinfachungen mögen vor allem bei langen Rechenzeiten zu Abweichungen von der Wirklichkeit führen, dürften aber prinzipiell an den Ergebnissen nichts ändern.

Um Programmierfehler auszuschalten, wurde ausserdem der Druckverlauf an den Düsen für den idealisierten Fall einer ruckartigen Schliessbewegung zusätzlich auf eine völlig andere Art berechnet: Mit Hilfe der Impedanzmethode wurde unter gleichen Voraussetzungen der Frequenzgang des Wasserführungssystems ermittelt und daraus ebenfalls der Druckverlauf an den Düsen (Übergangsfunktion) bestimmt. Die Übereinstimmung beider Methoden ist gut, wie Bild 2 zeigt.

### Berechnungsergebnisse

Wie bereits erwähnt, gelten die folgenden Ergebnisse für eine Schliessbewegung der Düsenadeln im Bruchteil einer Reflexionszeit von Leerlaufstellung aus. Bei konstanter Länge der

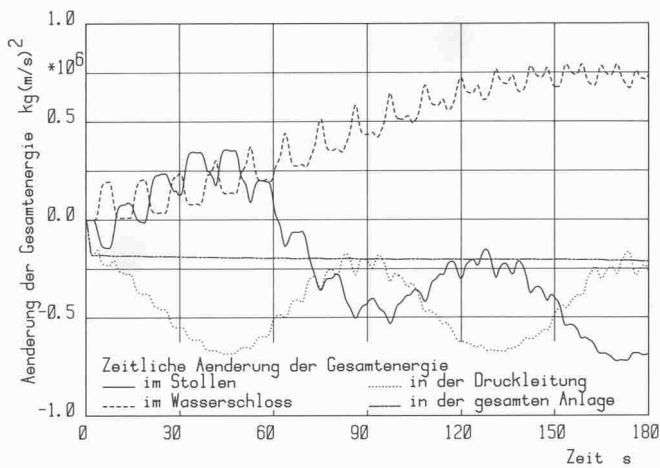


Bild 6. Energieänderungen in den Systemteilen Stollen, Druckrohrleitung, Wasserschloss und im gesamten System, gültig für das Längenverhältnis 2:1, dargestellt über der Zeit

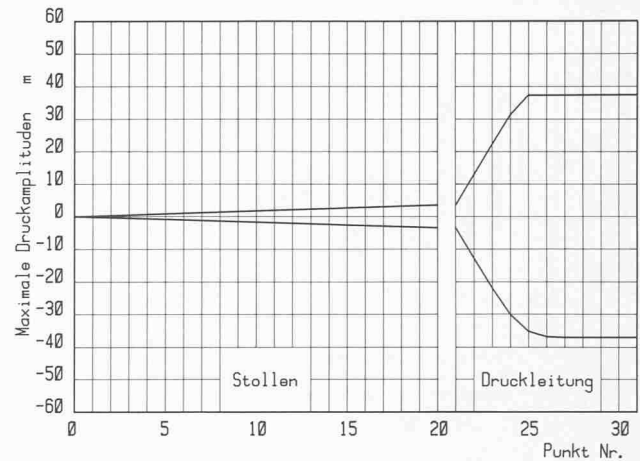


Bild 7. Maximalwerte der Druckamplituden über dem gestreckten Rohrleitungssystem, gültig für das Längenverhältnis 2:1, wobei die Elastizität des Wassers und der Wandungen im Teilsystem Stollen / Wasserschloss vernachlässigt wurde

Druckleitung (3000 m) wurde die Stollenlänge in Schritten von 300 m von 3000 m bis auf 14 000 m variiert.

In Bild 3 sind über dem Verhältnis Stollenlänge/Druckleitungslänge die an den Düsen und an der jeweils ungünstigsten Stelle des Stollens errechneten maximalen Druckänderungen aufgetragen. Wie zu erwarten ist, ergibt sich bei einem Längenverhältnis 2:1 im Stollen die grösste Belastung. Die erste Eigenfrequenz der Druckleitung deckt sich dann etwa mit der ersten Eigenfrequenz des Stollens. Bild 4 zeigt für diesen Fall die grössten Druckamplituden entlang des Leitungssystemes. Wie zu erwarten, ergeben sich im Stollen die grössten Drücke in der Mitte, während der Druck in der Druckleitung mit der Entfernung von der Düse abnimmt. Am Abzweig zum Wasserschloss stellt sich eine Amplitude ein, die wesentlich geringer ist, als die an den Düsen und in der Stollenmitte. Die Druckschwankungen in Stollenmitte erreichen nahezu 60 Prozent der an den Düsen. Entsprechend wird die zweite Eigenfrequenz des Stollens bei einem Längenverhältnis von ca. 4:1 angeregt, wie sich aus Bild 3 ergibt.

Wie zu vermuten war, ist der Einfluss der Drossel am Fusse des Wasserschloss-Hauptschachtes bei den hier untersuchten kleinen Durchflüssen verschwindend gering.

Verblüffend ist die Tatsache, dass im betrachteten Lastfall die grössten Druckänderungen an den Düsen grösser als 37,5 m – das ist der Wert, der in der ersten Reflexionszeit entsteht – und zudem mit dem Längenverhältnis veränderlich ist. Diese höheren Werte treten natürlich erst nach der ersten Reflexionszeit auf.

Zur Erläuterung soll Bild 5 betrachtet werden. Dort ist über der Zeit der errechnete Verlauf des Druckes in Stollenmitte und an den Düsen für den Resonanzfall, also für das Längenverhältnis 2, aufgetragen. Es stellen sich

Schwingungszustände in Form von Schwebungen ein; die an den Düsen in den ersten Reflexionszeiten entstehenden Druckpendelungen bringen allmählich auch die Wassersäule im Stollen zum Schwingen, und zwar mit der niedrigsten Eigenfrequenz. Mit dem Einschwingen des Stollens verringern sich die Druckpendelungen an den Düsen. Wenn in Stollenmitte das Maximum erreicht ist, erreichen die Druckschwingungen an den Düsen ihr Minimum. Von den Schwingungen im Stollen werden nun wiederum Schwingungen in der Druckleitung angeregt, um dann dort nach ca. 90 s ein Maximum zu erreichen, das etwas höher liegt als in der ersten Reflexionszeit. Im weiteren Verlauf nehmen dann unter dem Einfluss der Reibung die Amplituden der Druckschwingungen allmählich ab. Die Schwingungszeit der Schwebungen beträgt im untersuchten fiktiven Fall ca. 90 s.

Wie Bild 6 zeigt, handelt es sich tatsächlich um einen periodischen Energieaustausch zwischen Stollen und Druckleitung, wobei die Energiespeicherung im Wasserschloss überlagert ist. Die aufgetragenen Energieänderungen enthalten jeweils die Änderungen der Spannungsenergie infolge der Elastizität des Wassers und der Wandung und der Geschwindigkeitsenergie, beide summiert über den jeweiligen Leitungsteil. Nach einem Sprung am Anfang verringert sich die Gesamtenergie im System unter dem Einfluss der Reibung fast linear, wobei die Reibungsenergie in innere Energie übergeht.

Auch bei anderen Längenverhältnissen stellen sich Schwebungen ein, die allerdings nicht so ausgeprägt sind. Aufzeichnungen des Druckverlaufes an den Düsen zweier Hochdruckanlagen nahe Leerlaufstellung nach einer Stellbewegung, die den Verfassern freundlicherweise von Fa. Voith GmbH, Heidenheim, zur Einsichtnahme überlassen wurden, zeigen diesen Effekt tatsäch-

lich. In allen berechneten Fällen, also zumindest im Leerlaufbereich, wird der Druck an den Düsen vorübergehend grösser als in der ersten Reflexionszeit. Dieser Effekt lässt sich an dem Messdiagramm nicht nachweisen, da in diesen Fällen die Schliesszeit grösser als die Reflexionszeit war.

Bild 7 zeigt die grössten Druckänderungen im System für den gleichen Lastfall, wenn im System Wasserschloss – Stollen Wasser und Wandung unelastisch angesetzt werden. Der Vergleich von Bild 4 und Bild 7 ist frappierend.

## Folgerungen

Aus den Ergebnissen lässt sich folgern:

- Zwischen Druckstollen und Druckleitung findet ein Austausch der mechanischen Energie statt, welcher Schwebungen der Druckschwingungen im Teillastbereich erzeugt.
- Die grössten Druckänderungen im Stollen betragen im untersuchten Lastfall ca. 25 bis 65 Prozent der an den Düsen innerhalb der ersten Reflexionszeit erreichten Werte. Die grössten Werte ergeben sich im Resonanzfall, bei Längenverhältnissen 2:1 und 4:1.
- Im gleichen Lastbereich treten die grössten Druckamplituden an den Düsen nicht innerhalb der ersten Reflexionszeit, sondern später auf.
- Zur Bemessung der Druckstollen müssen die hier behandelten Lastfälle – Schliessbewegungen im Teillastbereich – berücksichtigt werden. Die Berechnung ist dabei zeitlich weit über die eigentliche Stellbewegung hinaus weiterzuführen.

Im allgemeinen kann man aus geologischen und topographischen Gründen die Lage des Wasserschlosses nur wenig verändern. In manchen Fällen wird man also gezwungen sein, auch ungün-



stige Längenverhältnisse in Kauf zu nehmen.

Welche Massnahmen sind nun in einem solchen Fall zu treffen, um den Stollen der Anlage vor hohen oder zu hohen Druckänderungen zu schützen? Wie bereits eingangs erwähnt, ist mit den am wenigsten gedämpften Druckpendelungen bei kleinen Düsen- oder Leitapparatöffnungen zu rechnen. Man wird

deshalb in solchen Fällen stets *gestufte Stellgesetze* vorsehen müssen, bei denen nahe der Schliessstellung nur geringe Druckänderungen an den Maschinen erzeugt werden; dann sind auch die längere Zeit anstehenden Druckpendelungen im Stollen gering. Ausserdem muss durch ausreichende Stabilisierung dafür gesorgt werden, dass z. B. nach dem Anfahren im Leerlauf keine länger an-

dauernden Druckpendelungen entstehen.

Adresse der Verfasser: Dr.-Ing. J. Hochstatter, und Prof. Dr.-Ing. G. Lein, Institut für hydraulische Strömungsmaschinen, Universität Stuttgart, Holzgartenstr. 15 A, D-7 Stuttgart I.

## Thesen für den Landschaftsschutz

Unter dem Titel «Der Landschaftswandel. Zur Veränderung schweizerischer Kulturlandschaften im 20. Jahrhundert» ist als Sonderdruck aus den Tätigkeitsberichten der Naturforschenden Gesellschaft Baselland, Bd. 30 und als Bericht 191 der Eidg. Versuchsanstalt für das forstliche Versuchswesen in Birmensdorf eine umfangreiche Dokumentation von Klaus C. Ewald erschienen. Ihr Verfasser, Geograph und Mitarbeiter an der oben genannten Anstalt, schildert darin auf 256 Seiten, ergänzt durch 14 Tabellen, 132 Abbildungen und 14 Kartenausschnitten, wie sich unsere «Naturlandschaft» in den letzten Jahrzehnten verändert hat, ja, wie ihr der Garaus gemacht worden ist. Die Veröffentlichung schliesst mit *Folgerungen*, die wir unseren Lesern nicht vorenthalten wollen.

### Der gegenwärtig übliche Umgang mit der Landschaft wird ihren komplexen Verhältnissen nicht gerecht

Die Reste der Naturlandschaft sind unersetzbar. Die naturnahen Elemente und Flächen sind nicht manipulierbar und nicht rekonstruierbar. Sie stellen heute in ihrer Gesamtheit Objekte des Naturschutzes oder des Landschaftsschutzes dar. Als Bestandteile und Merkmale der Landschaft haben sie eine differenzierte Kulturlandschaftsgeschichte hinter sich, oder sie sind Resultate einer langen multikulturellen Nutzung – sind Teile einer komplex verzahnten traditionellen Kulturlandschaft. Deshalb kann die übliche, disziplinär getrennte Betrachtung, Beplanung, Behandlung und Nutzung der Landschaft nach den Gesichtspunkten Siedlung, Verkehr, Industrie, Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft usw. dieser Komplexität nicht gerecht werden.

### Die Beseitigung der Reste der Naturlandschaft und der naturnahen Bereiche hat sprunghaft zugenommen

In Anbetracht des belegten stupenden und irreversiblen Schwundes der beschränkt vorhandenen Reste der Naturlandschaft und der naturnahen Gebiete innert kürzester Frist ist der Zeitpunkt abzuschätzen, zu dem es keine solchen Bereiche mehr geben wird. In einigen Untersuchungsgebieten dürfte das zwischen 1980 und 1990 der Fall sein.

### Gestalt und Inhalt einer Landschaft sind nicht statisch

Das Relative der vermeintlichen Statik und die Verletzbarkeit sogenannt ein-

zigartiger oder einmaliger Objekte sowie der Charaktermerkmale traditioneller Kulturlandschaft ist mit Beispielen aus den Untersuchungsgebieten und anhand von KLN-Objekten belegt worden.

### Die Erkenntnisse der Nichtwiederholbarkeit in Natur und Landschaft müssen das Hantieren mit Natur und Landschaft ersetzen

Die Schaffung von «Ersatz» für zerstörte Reste der Naturlandschaft und ähnlichem belegt das Verkennen der Irreversibilität in der Landschaft. Diese Aktionen, als Alibi-Naturschutz oder sogenannte Landschaftspflege betrieben, beruhigen das Gewissen. Analoges trifft zu für die «biologischen Ausgleichsräume», die menschlichem Vergeltungsdenken entspringen. Diese dienen vor allem als Ausrede oder Einrede bei der Beseitigung von Resten der Naturlandschaft oder von naturnahen Bereichen.

### Die Landschaftsplanung ist allen anderen Planungen und Landschaftsveränderungen überzuordnen

Die Praxis, die Landschaft zu beplanen, nachdem alle andern Teilpläne angefertigt oder bereits ausgeführt oder gar Güterzusammenlegungen mit Meliorationen durchgeführt worden sind, ist im Blick auf die irreversiblen und erheblichen Verluste an Naturgut nur noch Pseudolandschaftsplanung. Eine Landschaftsplanung muss als erste und übergeordnete Planung an die Hand genommen werden, um so eine landschaftsrechtliche Verteilung der Nutzungen zu erreichen.

### Die Landschaftsplanung muss sich an den Potenzen und Valenzen einer Landschaft orientieren

Der Landschaftswandel in den Untersuchungsgebieten belegt, dass monokulturelle, intensive Nutzung Objekte des Naturschutzes, wie die Reste der Naturlandschaft, naturnahe Elemente und Bereiche usw., beseitigt. Um eine Emanzipation dieser Eigenwerte der Landschaft und deren Erhaltung zu erreichen, sind im Rahmen der genannten übergeordneten Planung landschaftliche Zustandsermittlungen durchzuführen. Daraus sind Nutzungsdifferenzierungen, die sich an den naturräumlichen Gegebenheiten orientieren, abzuleiten.

### Charakter und Kulturwert einer Landschaft müssen massgebend sein für Art und Grad der Landschaftsveränderungen

Um den traditionellen Kulturlandschaften oder den davon noch verbliebenen Teilen den Charakter und den Kulturwert zu erhalten, sind vor jeder Gesamtmelioration und anderen Veränderungsmaßnahmen landschaftliche Zustandsermittlungen durchzuführen. Sie sollen dazu verhelfen, die neuen Nutzungen den Potenzen der Landschaft anzupassen und wahrhaft nachhaltig zu konzipieren. Dazu gehört die An- und Einpassung der technischen Massnahmen in die Landschaft und nicht das umgekehrte Verfahren. Dieses Vorgehen ermöglicht, ein Nutzungsnebeneinander und -übereinander zustande zu bringen, das in landschaftlicher Hinsicht als koordiniert gelten kann.

### Naturschutz ist unbedingt als selbständige Hauptnutzung anzuerkennen

Naturschutz – ob auf Objekte oder Flächen bezogen – ist als selbständige Hauptnutzung anzuerkennen, da er – wie es am Beispiel der Untersuchungsgebiete gezeigt wird – bei den heutigen Nutzungsmöglichkeiten nur in seltenen Fällen eine Nebennutzung oder gar ein Nebenprodukt sein kann. Das Ziel dieser Bestrebungen, die auch Gebiete mit keiner landwirtschaftlichen Nutzung (also aufgelassene Gebiete sowie Flä-