

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 86 (1994)  
**Heft:** 11-12

**Artikel:** Die Überflutungssicherheit von Talsperren  
**Autor:** Vischer, Daniel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-940827>

### **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:** 28.12.2025

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

# Die Überflutungssicherheit von Talsperren

Bericht aus dem Hubert-Engels-Institut in Dresden

Daniel Vischer

Am Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik der Technischen Universität Dresden – dem nach seinem Gründer benannten *Hubert-Engels-Institut* – befasst sich Dr. Ing. *Reinhard Pohl* unter anderem mit der Überflutungssicherheit von Talsperren bei Hochwasser. Anlässlich eines längeren Aufenthalts an diesem Institut erhielt der Verfasser Einblick in die Methodik:

Bei einem Bauwerk tritt dann ein Versagen ein, wenn seine Belastung grösser wird als sein Widerstand. Was aber lässt sich bei der Überflutungsgefahr einer Talsperre als Belastung und was als Widerstand bezeichnen? Welche hydrologischen Grössen kommen dafür in Frage? Ist es die Wasserfracht, ein Abfluss oder eine Höhenkote?

Pohl hat sich dafür entschieden, den Vergleich auf der Basis von Höhenkoten zu führen (Bild 1). Als Belastung bezeichnet er die Summe aus einem Anfangswasserstand  $h$  im Stausee, einen durch das Hochwasser verursachten Anstieg  $r$  des Wasserstandes und einer erforderlichen Freibordhöhe  $b$ . Dementsprechend kann er als Widerstand die Kronenhöhe  $k$  (niedrigster Punkt) einführen. Der Versagensfall tritt also bei

$$h + r + b > k$$

oder

$$h + r + b - k > 0$$

ein, und seine Wahrscheinlichkeit lässt sich mit der Wahrscheinlichkeit der Kombinationen von  $h$ ,  $r$  und  $b$  verknüpfen.

Die Wahrscheinlichkeit des Anfangswasserstandes  $h$  – das ist der Speicherstand bei Beginn eines Hochwasserzuflusses – ergibt sich aus der Statistik der Stauseebewirtschaftung. Die vom Hochwasser beanspruchte zusätzliche Stauhöhe  $r$  lässt sich aus einer Retentionsrechnung ermit-

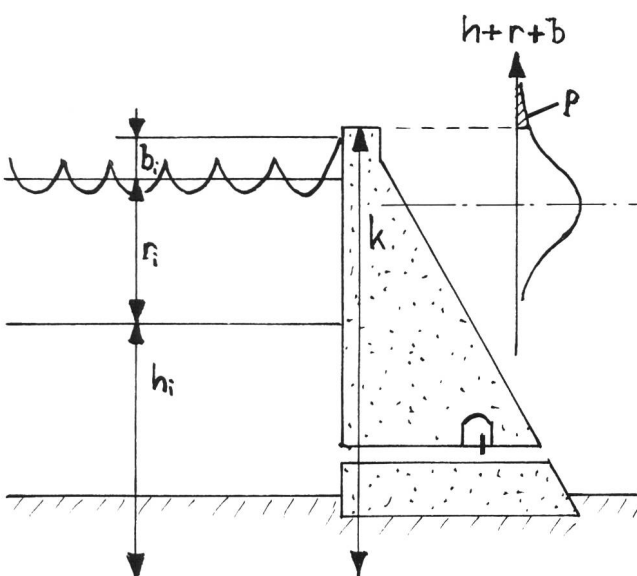


Bild 1. Talsperre mit Stausee. Wasserstand  $h$  bei Hochwasserbeginn, Höhe  $r$  des vom Hochwasser beanspruchten Stauraumes, windwellenbedingtes Freibord  $b$ , Kronenhöhe  $k$ , Überflutungswahrscheinlichkeit  $p$  (Index  $i$  für einen Einzelfall).

eln. Das Ergebnis hängt – abgesehen von der Stauseefläche – von der Wahrscheinlichkeit der Hochwasserwelle (Spitze und Fracht beziehungsweise Anstiegszeit) und der Wahrscheinlichkeit des Öffnungsgrades der Betriebsorgane – das heisst der Hochwasserentlastung, des Grundablasses und der Entnahme – ab. Das erforderliche Freibord  $b$  macht Pohl von der Grösse der Windwellen abhängig und bringt über eine entsprechende Formel den Einfluss und damit auch die Wahrscheinlichkeit der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung ins Spiel. Die Wahrscheinlichkeit einer Kombination von  $h$ ,  $r$  und  $b$  resultiert folglich aus einer Verknüpfung der Wahrscheinlichkeit von sechs Grunddaten: Anfangswasserstand, Hochwasserspitzen, Hochwasser-Anstiegszeit, Öffnungsgrad der Betriebsorgane, Windgeschwindigkeit, Windrichtung.

Bei den für mehrere ostdeutsche Talsperren durchgeführten Untersuchungen hat Pohl bis jetzt vorausgesetzt, dass die erwähnten Grunddaten stochastisch voneinander unabhängig sind. Dann lässt sich die Wahrscheinlichkeit der Summe von  $h$ ,  $r$ ,  $b$  und  $k$  einfach bestimmen. Pohl bediente sich dabei der Monte-Carlo-Methode.

Für den Nichtfachmann kann das entsprechende Vorgehen wie folgt geschildert werden: Man stellt eine Urne auf, die 100 Zettel mit Werten des Anfangswasserstandes enthält. Falls zum Beispiel drei Anfangswasserstände  $h_1$ ,  $h_2$  und  $h_3$  bekannt sind, denen die Wahrscheinlichkeiten 20, 50 und 30 % zugeordnet werden können, tragen 20 Zettel den Wert  $h_1$ , 50 Zettel den Wert  $h_2$  und 30 Zettel den Wert  $h_3$ . Dann bereitet man auf ähnliche Weise je eine Urne für die Hochwasserspitze, die Hochwasser-Anstiegszeit, den Öffnungsgrad der Betriebsorgane, die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung vor. Gemäss den sechs Grunddaten stehen also sechs Urnen nebeneinander. Nun entnimmt man in einer ersten Ziehung jeder Urne einen Wert und berechnet daraus den Summanden  $h + r + b - k$ . Ist dieser positiv, handelt es sich um einen Treffer; er zeigt also einen Versagens- beziehungsweise einen Überflutungsfall an. Ist er negativ, wird er als Niete gezählt. Nach dieser ersten Ziehung und Berechnung führt man eine zweite, dritte, vierte usw. Ziehung und Berechnung durch, bis man eine repräsentative Anzahl von Ergebnissen hat. Die Versagens- beziehungsweise Überflutungswahrscheinlichkeit  $p$  ergibt sich konsequenterweise aus dem Quotienten zwischen der Anzahl  $m$  der Treffer und der Anzahl  $s$  der Ziehungen:

$$p = \frac{m}{s}$$

Bezeichnet man die Anzahl der Nieten mit  $n$ , gilt Selbstverständlich  $m + n = s$ . Die Gegenwahrscheinlichkeit, das heisst die Wahrscheinlichkeit  $q$  des Nichtversagens oder des Bestehens und damit der Sicherheit der Talsperre im Hochwasserfall ist folglich:

$$q = 1 - p = \frac{n}{s}$$

Selbstverständlich führte Pohl diese Ziehungen nicht mit Urnen, sondern mit dem Computer durch, ebenso wie die anschließende Berechnung der entscheidenden Grösse  $h + r + b - k$  und deren Wahrscheinlichkeitsverteilung (Bild 1). Das ermöglichte es ihm – und darin liegt auch der Vorzug einer solchen Methode –, verschiedene Sensitivitätsanalysen durchzuführen. Von den Fragestellungen, die er bearbeitete, seien hier nur vier erwähnt:

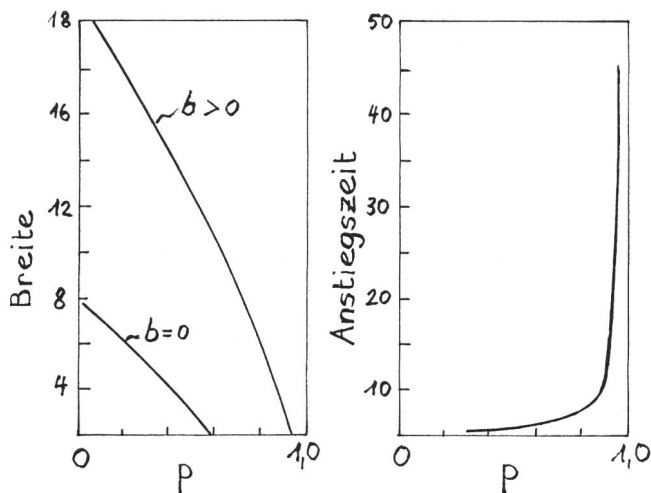


Bild 2. Überflutungswahrscheinlichkeit in Funktion verschiedener Parameter: Links die Breite des Stürmüberfalls in Metern mit und ohne Vorgabe eines (konstanten) Freibords, rechts die Anstiegszeit der Hochwasserwelle in Stunden (bei Anstiegszeiten unter 10 Stunden ist hier das Ergebnis sensitiv, bei grösseren Werten nicht).

- Wie gross ist der Einfluss des Freibords? Das heisst, wie gross ist die Überflutungswahrscheinlichkeit der Talsperre, wenn man ein Überschwappen von Windwellen zulässt? (Bild 2, links, zeigt ein Beispiel in Funktion der Breite einer Hochwasserentlastung.)
- Wie gross ist bei gegebener Hochwasserspitze der Einfluss der Hochwasser-Anstiegszeit? (Dieser Wert kann statistisch ja meistens schlechter erfasst werden als die Hochwasserspitze; Bild 2 rechts).
- Wie empfindlich macht sich die Versagenswahrscheinlichkeit gewisser Betriebsorgane auf das Ergebnis bemerkbar?
- Wie stark wird die Überflutungswahrscheinlichkeit betroffen, wenn sich die Speicherbewirtschaftung grundlegend ändert?

Es versteht sich, dass man solche Ergebnisse angesichts der Voraussetzung der stochastischen Unabhängigkeit der Grunddaten vorsichtig werten muss. Es könnte ja sein, dass grosse Hochwasser und starke Winde irgendwie zusammenhängen. In einigen Gebieten treten Hochwasser bei Stürmen auf, in anderen dagegen infolge von Starkregen bei eher mässigen Winden. Auch andere Verquickungen der Grunddaten sind denkbar. Pohl ist deshalb daran, seine Methodik für stochastisch abhängige Grunddaten auszuweiten. Dabei befindet er sich allerdings zusammen mit andern Hydrologen und Wasserwirtschaftlern, die sich mit der Überflutungssicherheit von Talsperren befassen, an der Front aktueller Risikoforschung.

Abschliessend möchte der Verfasser noch beifügen, dass die gleiche Methodik auch im Flussbau angewendet werden könnte, um die Überflutungssicherheit der Ufer oder Dämme zu bestimmen. Anstelle der Einflüsse von Regulierorganen und des Windes liessen sich beispielsweise die Einflüsse einer stochastischen Sohlenausgangslage und der Geschiebeführung berücksichtigen.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Daniel Vischer, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.

## Hilfswehr beim Kraftwerk Rheinau repariert

Mit dem Einsatz eines Grosshelikopters fanden im Kraftwerk Rheinau (Erag) Ende November 1994 die Reparaturarbeiten an einem Hilfswehr ihren erfolgreichen Abschluss. In der ersten Jahreshälfte entstand am unteren der beiden Hilfswehre innerhalb der markanten Rheinschlaufe ein Defekt an einer Wehrschütze. Die am deutschen Rheinufer liegende Wehröffnung konnte seither nicht mehr reguliert werden.

Damit die Reparaturarbeiten durchgeführt werden konnten, musste die Wehrklappe Ende August trockengelegt werden. Dazu wurden ober- und unterwasserseitig Notverschlüsse montiert. Im Bereich der dazwischenliegenden Wehröffnung konnte das Wasser anschliessend abgepumpt und der Schaden der Reparaturrequipe zugänglich gemacht werden.

Die zum Einbau der Notverschlüsse erforderlichen Lehnenträger sind 28 Meter lang und rund neun Tonnen schwer. Diese werden üblicherweise in einem aufwendigen, heiklen Verfahren auf dem Wasser eingeschwommen und montiert, was nur unter optimalen Wasserverhältnissen möglich ist. Man hatte deshalb bei den Nordostschweizerischen Kraftwerken (NOK), die für die Betriebsführung des Kraftwerks Rheinau verantwortlich sind, nach neuen Wegen für den Einbau der Notverschlüsse gesucht und sie auch gefunden: Wie schon oft bei heiklen Transport- und Montageaufgaben erwies sich der Helikopter als schnellere und kostengünstigere Alternative.

Da die neun Tonnen schweren Lehnenträger die Nutzlast des stärksten in der Schweiz verfügbaren Helis wesentlich überschritten, mussten die Träger in «flugfähige» Abschnitte zerlegt und eine neue Montagetechnik entwickelt werden. In Zusammenarbeit mit einem Metallbauunternehmen wurden die Träger modifiziert und in drei Elemente aufgeteilt, von denen das schwerste 3,3 Tonnen wiegt. Bei der Gewichtsplanung ging man von der Tragkraft eines Helis vom Typ Super Puma aus, der bis 4,5 Tonnen Last heben kann.

Trotz minuziöser Vorbereitungen hatte sich das neue Verfahren in der Praxis zuerst zu bewähren. Die Verantwortlichen sahen dem ersten Montageflug Ende August deshalb mit Spannung entgegen. Die Aktion erwies sich als Erfolg: Innerhalb von 36 Minuten flog der Heli die insgesamt sechs Elemente ohne Probleme zu den Montagestellen, wo die Teile jeweils sofort angebaut wurden.

Die anschliessend in Angriff genommenen Reparaturarbeiten am beschädigten Wehr konnten im November abgeschlossen und die Wehröffnung wieder geflutet werden. Die inzwischen nicht mehr benötigten Notverschlüsse sind nun demontiert worden – auch diesmal wieder mit Hilfe des «fliegenden Super-Berglöwen». Wie Kraftwerk-Betriebsleiter Oskar Frey und Projektleiter Hans Jakob Keller von den NOK bestätigten, war die neuentwickelte Montagetechnik mit Hilfe des Helikopters so erfolgreich, dass künftige Einbauten von Notverschlüssen nur noch mit Hilfe des neuen Verfahrens erfolgen und auch für andere NOK-Flusskraftwerke geprüft werden.

Oskar Frey, Betriebsleiter Elektrizitätswerk Rheinau AG (Erag), CH-8462 Rheinau.