

## **Verlegung der Entlastungsanlagen von Talsperren bei Hochwasser**

Frank Roesler, Volker Bettzieche

### **1 Einführung**

Die Funktionsfähigkeit ihrer Hochwasserentlastungsanlagen ist für Talsperren von grundlegender Bedeutung. Sie muss jederzeit sichergestellt sein. Bei extremen Wettersituationen, die gleichzeitig starken Wind und Hochwasser mit sich bringen, scheint die Möglichkeit zu bestehen, dass eine größere Menge Treibgut, z.B. Bäume, in das gefüllte Speicherbecken einer Talsperre fällt, zur Hochwasserentlastungsanlage getrieben wird und diese verlegt. Gleichwohl sind derartige Vorkommnisse, die zu nennenswerten Problemen geführt hätten, bisher zumindest aus Deutschland nicht bekannt.

Zur Eingrenzung der Problematik hat der Ruhrverband Essen im Auftrag des Fachausschusses 2.2 Talsperren im DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau) eine Umfrage unter den Talsperrenbetreibern in Deutschland durchgeführt. Von 34 Betreibern waren 23 bereit, die zur Verfügung gestellten Fragebögen für insgesamt 83 Talsperren auszufüllen.

Unter den untersuchten Talsperren befinden sich aus der Gruppe mit den höchsten Absperrbauwerken Deutschlands u.a. die Sperren Rappbode, Schwammenauel, Hohenwarte, Oker, Sorpe und Grane. Die ebenfalls in die Untersuchung eingeflossenen Talsperren Bleiloch, Eder, Roßhaupten, Muldestausee und Möhne gehören zu den 10 Sperren mit dem größten Stauvolumen Deutschlands. Aber auch viele kleinere Talsperren mit Stauvolumina von weniger als 2 hm<sup>3</sup> oder Absperrbauwerkshöhen von weniger als 10 m wurden beachtet. Somit ergibt sich insgesamt eine ausgewogene und aussagekräftige Bandbreite der in Deutschland vorhandenen Talsperren.

### **2 Aufbau des Fragebogens**

Der den Talsperrenbetreibern ausgehändigte Fragebogen war jeweils für eine Talsperre gültig und bestand aus zwei Abschnitten. Der erste Teil umfasste eine genaue Spezifikation der auszuwertenden Talsperre hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Kenngrößen, Absperrbauwerk, Hochwasserentlastung und Umfeld der Anlage. Mit Hilfe dieser Angaben konnten die einzelnen Talsperren zu Gruppen zusammengefasst werden. Ziel der Auswertung war es, Kriterien zu finden, die eine eventuelle Verlegung der Hochwasserentlastungsanlage begünstigen.

Im zweiten Teil des Fragebogens wurden die bisherigen Beobachtungen hinsichtlich des Antriebes von Schwemmgut im Talsperrenbecken allgemein sowie speziell an der Entlastungsanlage erfragt. Außerdem wurden die Erfahrungen bezüglich der Verlegung der Hochwasserentlastung behandelt.

Die Begriffe Schwemmgutanfall und Verlegung sind in diesem Zusammenhang deutlich zu unterscheiden. Das Vorhandensein von Schwemmgut ist nicht mit einer beginnenden Verlegung gleichzusetzen, da die Funktionstüchtigkeit der Hochwasserentlastung nicht zwangsweise eingeschränkt wird.

Im Fragebogen sollte die Beschaffenheit des beobachteten Schwemmgutes, die Häufigkeit des Auftretens, die jeweilige Menge und Beräumbarkeit sowie eine mögliche Verlegungsgefahr bzw. der festgestellte Grad der Verlegung eingetragen werden. Im Ganzen wurde dieser Teil des Fragebogens bewusst allgemein gehalten, um dem ausfüllenden Betreiber genug Ermessensspielraum zur Darstellung der in der Betriebszeit der Talsperre erlebten Erfahrungen zu geben.

### **3 Auswertungskriterien**

Die Auswertung der Fragebögen sollte sowohl für die Gesamtmenge der Talsperren erfolgen als auch für einzelne Teilmengen mit fest definierten Eigenschaften, um so Einflussfaktoren finden zu können, die eine mögliche Verlegungsgefährdung begünstigen. Die in der Untersuchung betrachteten Unterscheidungskriterien waren:

- Art des Absperrbauwerkes (Staumauer, Damm, kombinierte Anlage)
- Art der Hochwasserentlastung (Überlauf, Entlastungsturm, Stauklappe)
- Höhe des Absperrbauwerkes ( $H \leq 20 \text{ m}$ ,  $20 \text{ m} \leq H \leq 50 \text{ m}$ ,  $H > 50 \text{ m}$ )
- Stauvolumen ( $V \leq 6 \text{ hm}^3$ ,  $6 \text{ hm}^3 \leq V \leq 30 \text{ hm}^3$ ,  $V > 30 \text{ hm}^3$ )
- Ausbaugrad ( $\varphi \leq 0,2$ ,  $0,2 \leq \varphi \leq 0,9$ ,  $\varphi > 0,9$ )
- Relatives Hochwasser ( $rH \leq 0,4$ ,  $0,4 \leq rH \leq 0,8$ ,  $rH > 0,8$ )

Als relatives Hochwasser wurde der Quotient aus dem bisher größten gemessenen Hochwasser und der maximalen Leistungsfähigkeit der Entlastungsanlage bezeichnet.

Die Beurteilung des Schwemmgutanfalles erfolgte sowohl für das Talsperrenbecken im Allgemeinen als auch speziell für den Bereich der Hochwasserentlastung.

Hinsichtlich der Schwemmgutbelastung des Talsperrenbeckens unterschied der Fragebogen zwischen großen Ästen, Baumstämmen aus der Holzwirtschaft und Bäumen mit Wurzelwerk. Es wurden Häufigkeit und Menge der festgestellten

Schwemmgüter abgefragt. Die von den Betreibern gemachten Angaben waren erwartungsgemäß recht unterschiedlich. Zur Erleichterung der Auswertung wurden daher alle Angaben nach dem in Tabelle 1 gezeigten Schema in eine fiktive Einheit „Baumstämme pro Jahr“ umgerechnet. Für die Schwemmgutbelastung vor der Hochwasserentlastung wurde die gleiche Umrechnung angewandt.

Bei der Überführung der zu den einzelnen Talsperren gemachten Angaben in die fiktive Einheit „Baumstämme pro Jahr“ bestand ein gewisser Ermessensspielraum. Dieser ergab sich durch unterschiedlich genannte Schwemmgüter sowie verschieden gewählte Mengenangaben. Die gewählten Umrechnungsfaktoren beruhen auf Annahmen und wurden ausschließlich zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse eingeführt. Trotz diverser Unschärfen stellt das beschriebene Verfahren jedoch im Ganzen eine sachgerechte Vorgehensweise dar.

<b>Angabe des Betreibers</b>	<b>Umrechnung in „Baumstämme pro Jahr“</b>
1 Baumstamm pro Jahr	1 Baumstamm pro Jahr
10 Äste, Autoreifen o.ä. im Jahr	1 Baumstamm pro Jahr
1 m <sup>3</sup> Baumstämme pro Jahr	1 Baumstamm pro Jahr
20 m <sup>3</sup> Schwemmgut pro Jahr	3 Baumstämme pro Jahr
600 kg Baumstämme pro Jahr	1 Baumstamm pro Jahr
2 t Äste im Jahr	1 Baumstamm pro Jahr
1 Mal im Jahr Beräumung von Baumstämmen	2 Baumstämme pro Jahr
1 Mal im Jahr Beräumung von Ästen	1 Baumstamm pro Jahr
5 Mal im Jahr Beräumung von Schwemmgut	1 Baumstamm pro Jahr
Seltene Beräumung von Baumstämmen	3 Baumstämme pro Jahr

Tabelle 1: Umrechnung der Betreiberangaben in "Baumstämme pro Jahr"

Neben der Schwemmgutbelastung wurde im Fragebogen die eventuell resultierende Verlegung der Hochwasserentlastung behandelt. Weil nur an insgesamt 10 Talsperren (12 %) zumindest ansatzweise eine Verlegung in der bisherigen Betriebszeit festgestellt werden konnte, erscheint eine Unterscheidung nach den obigen detaillierten Kriterien nicht sinnvoll. Eine gesonderte Auswertung wird im Anschluss an die Ausführungen zur Schwemmgutbelastung von Staubecken bzw. Hochwasserentlastung vorgestellt.

#### 4 Auswertung der Fragebögen

Die deutschen Talsperrenbetreiber mussten in der Betriebszeit ihrer Talsperren nur wenige Erfahrungen mit Schwemmgut machen und sind von Verlegungen der Entlastungsöffnungen weitestgehend verschont geblieben. An keiner Talsperre wurde eine nennenswerte Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit ihrer jeweiligen Entlastungsanlage festgestellt. Der zur Verfügung stehende Entlastungsquerschnitt wurde in keinem Fall bedeutend eingeschränkt (s. Bild 1). Die umgehende Entfernung des Schwemmgutes bereitete generell keine Probleme.

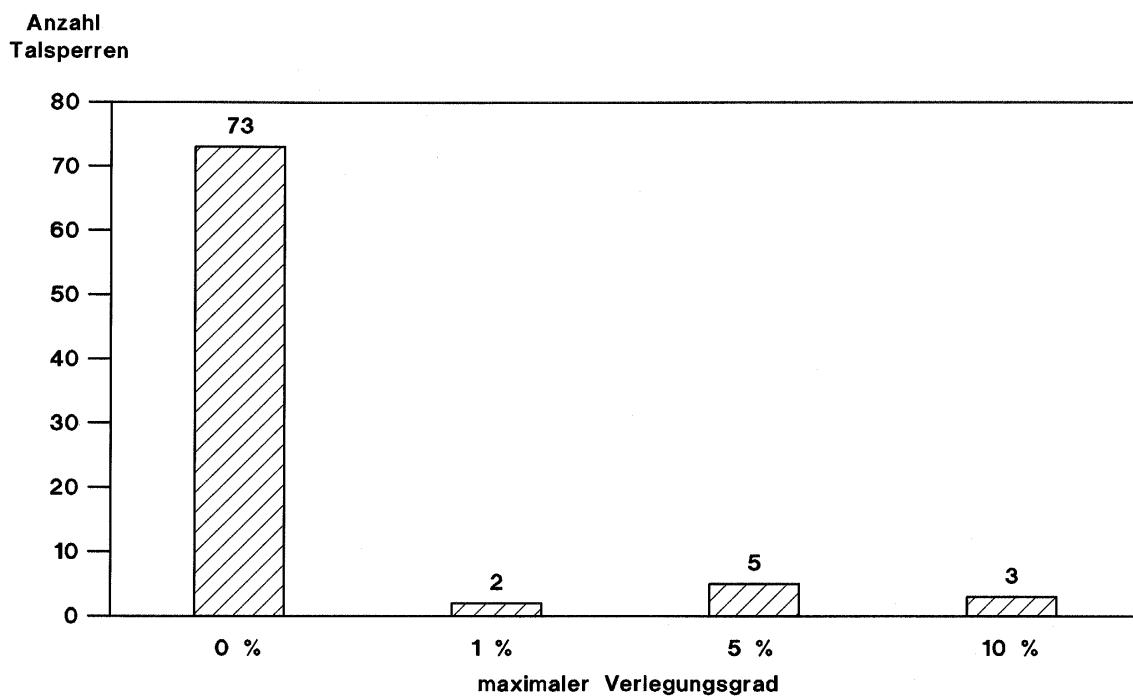


Bild 1: Häufigkeit von maximalen Verlegungen

Den Angaben zufolge wurden an 88 % der Talsperren gar keine Anzeichen von Verlegungen der Hochwasserentlastungsanlage festgestellt. An immerhin 70 % wurde noch nicht einmal nennenswertes Schwemmgut vor der Entlastungsanlage beobachtet. Das an den Entlastungsöffnungen der übrigen Talsperren festgestellte Schwemmgut ist

zumeist als gering einzustufen und überschreitet den Vergleichswert von 20 Baumstämme pro Jahr gewöhnlich nicht.

Mit 70 % ist Schwemmgut im Bereich des gesamten Staubeckens wesentlich häufiger als unmittelbar vor der Entlastungsanlage beobachtet worden. Jedoch sind die innerhalb des Beckens angetroffenen Mengen gering und liegen in der Regel unter dem Vergleichswert von 50 Baumstämmen pro Jahr.

Somit werden an den Talsperren öfters geringe Mengen Schwemmgut im Becken bzw. an den Ufern, jedoch nur selten vor der Hochwasserentlastung festgestellt. Dies bestätigt die Annahme, dass Treibgut gewöhnlich vom Wind in die Uferbereiche getrieben wird und nicht vor die Hochwasserentlastung.

Im Hochwasserfall führt der Strömungstrichter vor der Entlastung zum Ansteigen der Verlegungsgefahr. Ein Drittel aller beobachteten Verlegungen waren durch das Hochwasser selbst verursacht, ein weiteres Drittel durch Wind (s. Bild 2).

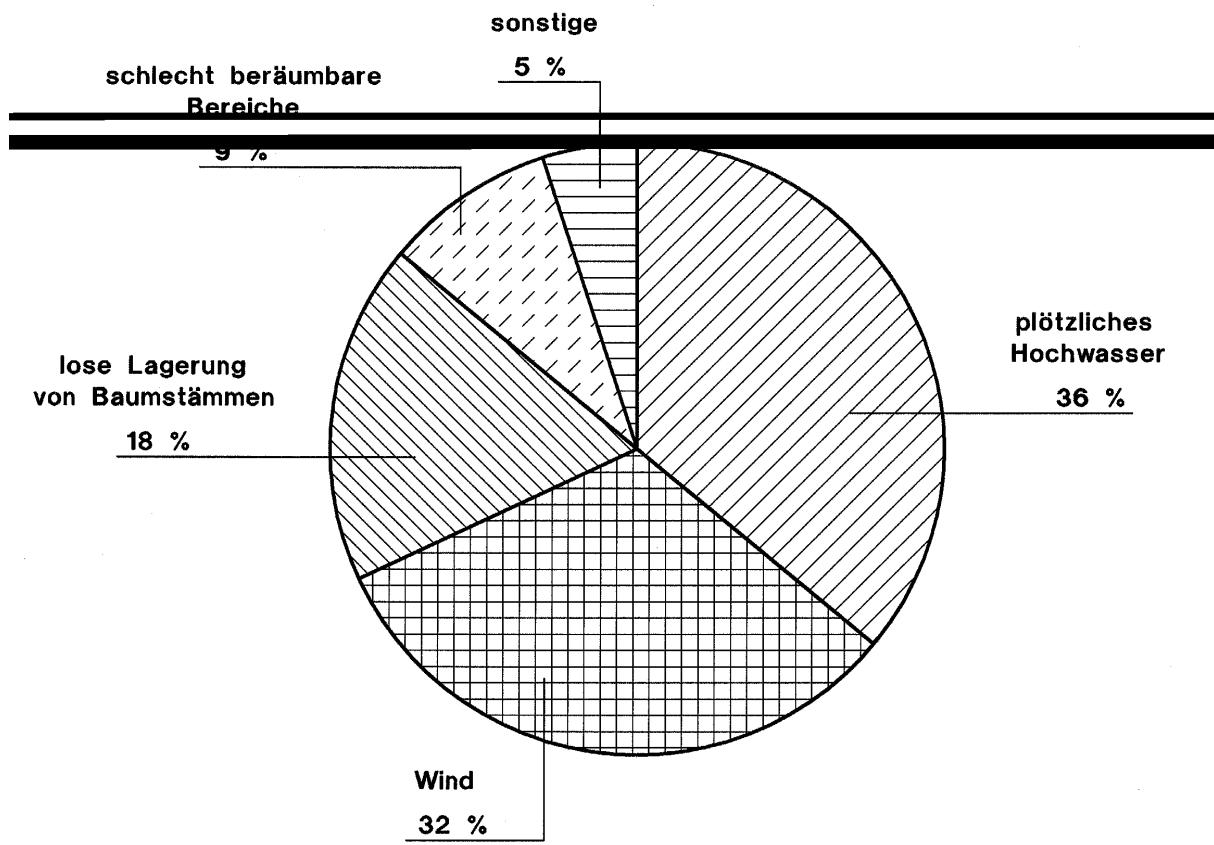


Bild 2: Ursachen von Verlegungen der Hochwasserentlastung

Bei der folgenden detaillierteren Auswertung wird die Gesamtzahl der Talsperren je nach Fragestellung in drei Klassen (z.B. Größenklassen) unterteilt, um Auswirkungen der betrachteten Parameter erkennen zu können.

#### 4.1 Schwemmgutbelastung im Bereich des Staubeckens

Zwei der Faktoren, die die Schwemmgutbelastung im Staubecken einer Talsperre deutlich beeinflussen, sind in Bild 3 dargestellt.

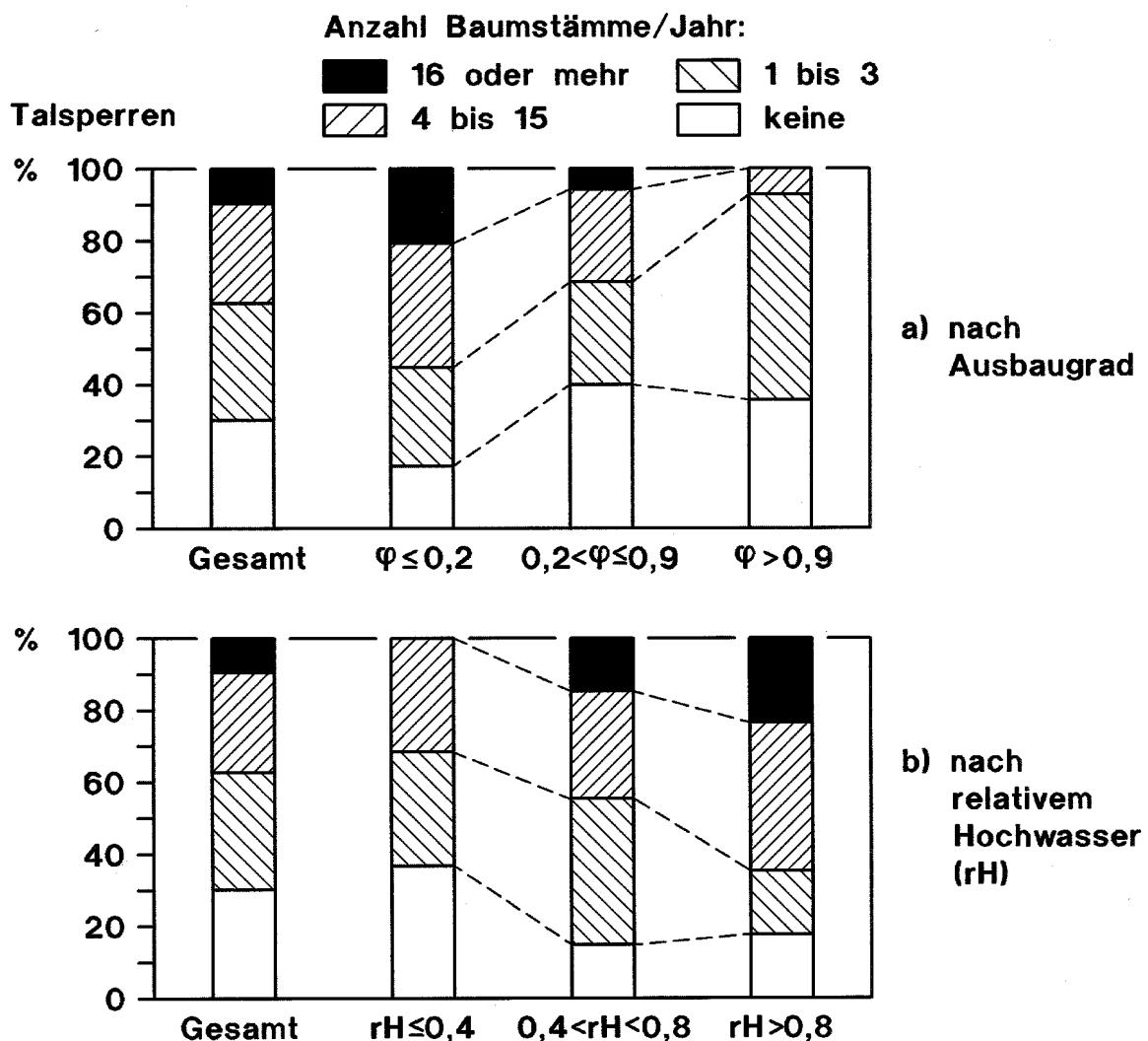


Bild 3: Faktoren der Schwemmgutbelastung des Staubeckens

Deutlich zeigt sich der Einfluss des Ausbaugrades der Talsperre auf den Schwemmgutbefall (Bild 3a). Talsperren mit einem hohen Ausbaugrad verfügen - bezogen auf das Stauvolumen - über einen geringeren Zulauf als diejenigen mit einem niedrigen Ausbaugrad. Weil Schwemmgüter zum Teil über die Zuläufe eingetragen werden, ist zu erwarten, dass die Schwemmgutbelastung mit der Höhe des Ausbaugrades abnimmt. Die Umfrage gibt dieses Verhalten deutlich wieder. Nur an 17 % der Talsperren mit einem Ausbaugrad von  $\varphi \leq 0,2$  ist noch nie eine nennenswerte Schwemmgutbelastung aufgetreten. Dagegen werden an 21 % der Talsperren dieser Gruppe „16 oder mehr Baumstämme pro Jahr“ gezählt. Im Gegensatz dazu sind bei ei-

nem Ausbaugrad von  $\phi > 0,9$  immerhin 36 % der Talsperren ohne Schwemmgutbelastung, und an keiner Talsperre sind „16 oder mehr Baumstämme pro Jahr“ zu verzeichnen.

Ein weiterer deutlicher Zusammenhang besteht zwischen den beobachteten Hochwasserereignissen und dem Schwemmgutbefall (Bild 3b). Erwartungsgemäß nimmt bei höherem relativen Hochwasser ( $rH$ ) die Belastung aus Schwemmgut zu. Große Hochwassermengen, die bis an die Leistungsfähigkeit der Entlastung reichen ( $rH > 0,8$ ), führen mehr Treibgut mit sich als kleinere.

Neben diesen grafisch dargestellten Ergebnissen ergab sich noch:

- Für die Menge des angefallenen Schwemmgutes im Bereich des Staubeckens ist die Ausbildung des Absperrbauwerkes (Mauer oder Damm) ohne großen Einfluss.
- In Talsperren, deren Absperrbauwerk eine geringe Höhe von 20 m oder weniger besitzt, ist der Schwemmgutanfall höher.
- Ein ähnliches Bild zeigt die Unterteilung nach Stauvolumen. Die Talsperren mit einem Volumen unterhalb von 6 hm<sup>3</sup> weisen eine etwas höhere Schwemmgutrate auf als die Sperren mit einem größeren Volumen.

#### **4.2 Schwemmgutbelastung der Hochwasserentlastungsanlage**

Zur Schwemmgutbelastung der Hochwasserentlastungsanlage sind drei der Faktoren in Bild 4 dargestellt.

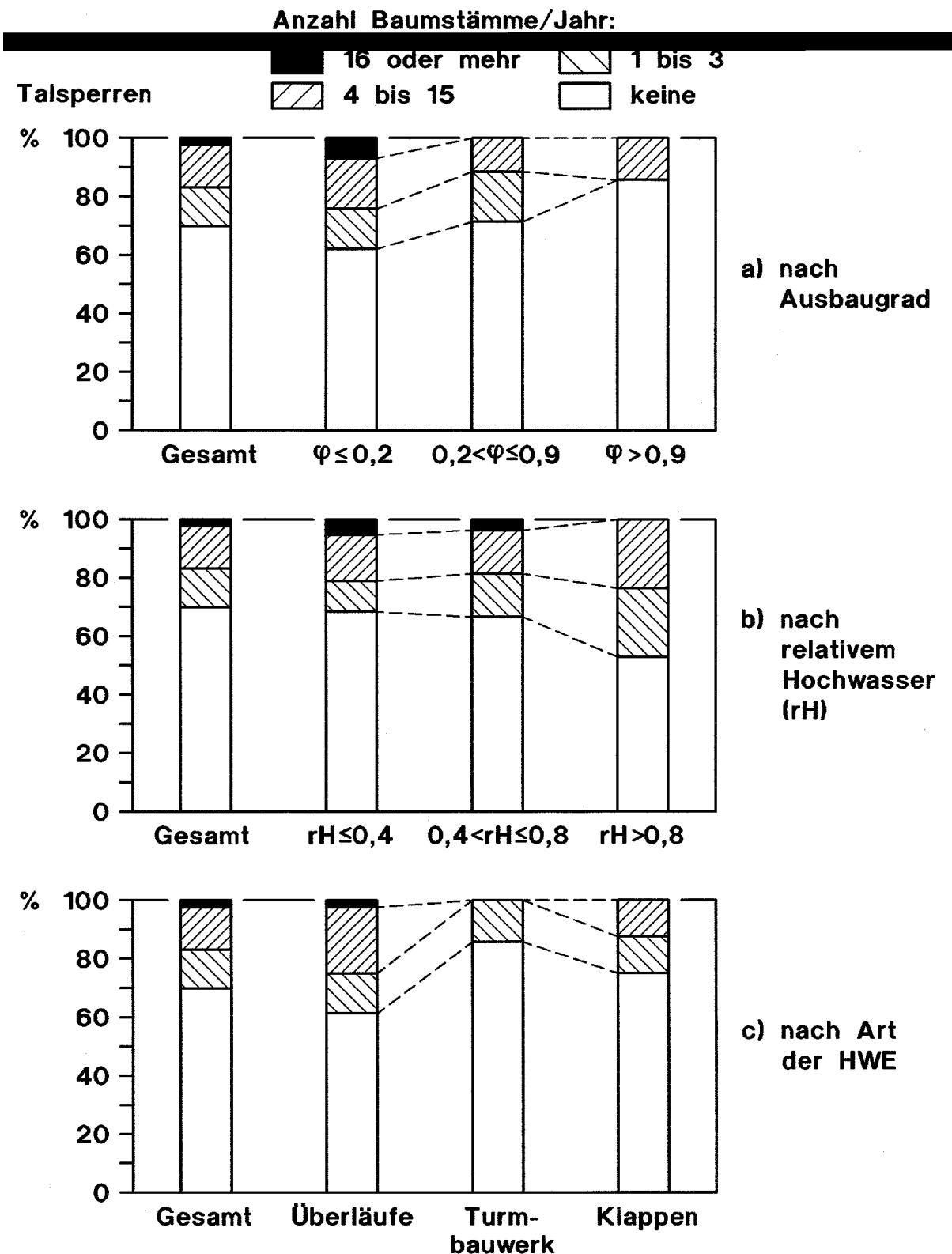


Bild 4: Faktoren der Schwemmgutbelastung der Hochwasserentlastung

Auch hier spielt der Ausbaugrad der Talsperre eine wesentliche Rolle.

Mit zunehmendem Ausbaugrad sinkt die Wahrscheinlichkeit einer Ansammlung von Schwemmgut vor der Entlastungsanlage (s. Bild 4a). An 86 % der Talsperren mit einem Ausbaugrad  $\varphi > 0,9$  ist noch kein Schwemmgutbefall vor der HW-Entlastung aufgetreten. Bei  $\varphi \leq 0,2$  reduziert sich dieser Wert auf 62 %.

Ebenfalls analog zur Belastung des Staubeckens bei Hochwasser erhöht sich die Schwemmgutbelastung der Hochwasserentlastungsanlage bei einem großen relativen Hochwasser ( $rH$ , s. Bild 4b). Allerdings ist die Schwemmgutbelastung der Hochwasserentlastungsanlage deutlich geringer als die des Staubeckens. Bei einem relativen Hochwasser  $rH \leq 0,4$  ist an 68 % der Talsperren überhaupt kein Anschwemmen beobachtet worden. Auch bei großen relativen Hochwasserereignissen mit  $rH > 0,8$  wurde bei 53 % der Anlagen kein nennenswertes Schwemmgut festgestellt.

Die Ausführung der Hochwasserentlastung hat einen deutlichen Einfluss auf den Schwemmgutanfall (s. Bild 4c). Von den 83 untersuchten Talsperren besitzen 44 ein seitliches Überfallbauwerk, Überlaufschwellen oder -öffnungen. An 22 Talsperren erfolgt die Entlastung über Stauklappen, während an insgesamt 14 Talsperren ein Hochwasserentlastungsturm bzw. eine vergleichbare vom eigentlichen Absperrbauwerk gelöste Entlastungsanlage eingesetzt wird. Des weiteren werden an drei Talsperren Heber eingesetzt. Diese werden aufgrund der geringen Anzahl jedoch nicht weiter berücksichtigt.

Die festgestellten Schwemmgüter finden sich bauartbedingt hauptsächlich vor den Überläufen wieder. Sämtliche Talsperren mit einer Schwemmgutbelastung von „16 oder mehr Baumstämmen pro Jahr“ vor der Entlastungsanlage besitzen Überläufe oder vergleichbare Einrichtungen. Der Anteil der Talsperren ohne Schwemmgutbelastung vor der HWE beträgt hier 61 %. Wesentlich günstigere Ergebnisse weisen die Entlastungstürme aus. An keinem Entlastungsturm wurden mehr als drei Baumstämme im Jahr festgestellt, und 86 % der Talsperren mit Entlastungsturm weisen keine Schwemmgüter vor der HWE auf.

Dies zeigt neben der Wirksamkeit der häufig angeordneten Schwimmsperre, dass eventuelles Schwemmgut in der Regel in Richtung des Windes und nicht in Richtung der Strömung treibt. Die meistens runden Entlastungstürme befinden sich nicht unmittelbar an den Rändern der Talsperre, so dass eventuell angetriebenes Schwemmgut recht schnell durch die Windwirkung wieder abtreiben kann. Durch die runde Bauform wird ein seitliches Abgleiten zusätzlich unterstützt. Aus der Auswertung ist

zudem der günstige Einfluss bei Verwendung von Stauklappen als Hochwasserentlastung gegenüber festen Überläufen ersichtlich. Eventuell vorhandenes Schwemmgut strömt leichter über die Klappen (z. B. bei der Regulierung der Klappenstellung) als über feste Überlauföffnungen.

Neben diesen grafisch dargestellten Ergebnissen ergab sich noch:

- Auch für die Menge des angefallenen Schwemmgutes vor der Hochwasserentlastung ist die Ausbildung des Absperrbauwerkes (Mauer oder Damm) ohne großen Einfluss,
- gleiches gilt für die Höhe des Absperrbauwerks.
- Bei Berücksichtigung des Stauvolumens sind die Hochwasserentlastungsanlagen von kleinen Talsperren (mit einem Stauvolumen  $V \leq 6 \text{ hm}^3$ ) sowie auch von größeren Talsperren (mit  $V > 30 \text{ hm}^3$ ) stärker als mittelgroße durch Schwemmgutanfall betroffen.

Die Auswertung zeigt, dass sich Schwemmgut zumeist nur sehr selten und in äußerst geringen Mengen vor der Entlastungsanlage ansammelt.

#### **4.3 Verlegung der Hochwasserentlastungsanlage**

Von den 83 untersuchten Talsperren ist an 10 Talsperren (12,0 %) während der bisherigen Betriebszeit eine Teilverlegung der HW-Entlastung aufgetreten (s. Bild 1). Der jeweils geschätzte Grad der Verlegung ist jedoch äußerst gering und führte in keinem Fall zu einer bedeutenden Einschränkung der Leistungsfähigkeit der Entlastungsanlage. Ein maximaler Verlegungsgrad von 10 % wurde an keiner Talsperre überschritten.

Als häufigste Ursache der Verlegung wird sowohl eine plötzliche Hochwasserbelastung aus dem Oberwasser als auch der Antrieb durch Wind genannt. Von geringerer Bedeutung als Ursache von Verlegungen sind zudem lose gelagerte Baumstämme in Ufernähe sowie schlecht beräumbare Bereiche des Staubeckens.

Treibgut im Stauraum gelangt also nur in seltenen Fällen zur Hochwasserentlastungsanlage. Von den 30% der Talsperren, an denen wiederholt Schwemmgut vor der HW-Entlastung antreibt, ist nur bei einem Drittel eine teilweise Verlegung in der bisherigen Betriebszeit beobachtet worden.

Aufgrund der geringen Verlegungsgrade ist darauf zu schließen, dass die mögliche Verlegung der Entlastungsanlagen an deutschen Talsperren kein wirkliches Problem

darstellt. Eine realistische Gefährdung ist aus der vorgestellten Untersuchung nicht abzuleiten.

## 5 Zusammenfassung

Die Auswertung der vom Ruhrverband im Auftrag des Fachausschusses 2.2 Talsperren im DVWK durchgeführten Untersuchung zeigt die geringe Relevanz der Verlegungsproblematik an deutschen Talsperren. Ein großer Teil der betrachteten Talsperren verfügt bereits über eine Betriebszeit zwischen 50 und 100 Jahren. Während dieses Zeitraumes ist an keiner dieser Talsperren eine nennenswerte Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der Hochwasserentlastung durch Verlegung eingetreten. In den wenigen Fällen, in denen Schwemmgut die Hochwasserentlastungsanlage erreichte, bewirkte es keine nennenswerte Verlegung. Der Abflussquerschnitt wurde nie um mehr als 10 % verringert.

Als wichtigster Faktor für eine Verlegung der Hochwasserentlastungsanlage wurde die Bauart derselben erkannt. Entlastungstürme sind deutlich günstiger als Überläufe einzustufen.

Die Schwemmgutbelastung des gesamten Talsperrenbeckens ist deutlich höher als die der Hochwasserentlastung. An vielen Talsperren wird in regelmäßigen Abständen Schwemmgut, allerdings in sehr geringen Mengen, im Becken angetroffen.

Insgesamt besitzt die Verlegungsproblematik jedoch offensichtlich eine geringe Relevanz. Eine sorgfältige Betriebsführung mit regelmäßiger Kontrolle der Entlastungseinrichtungen ist sicher ein Garant hierfür. Der in Bild 2 mit 18% quantifizierte Anteil von Verlegungen durch „lose Lagerung von Baumstämmen“ kann sicher in Zusammenarbeit mit der Holzwirtschaft noch verringert werden.

## 6 Danksagung

Die Untersuchung der Verlegungsgefahr an deutschen Talsperren beruht auf der freizügigen Weitergabe von detaillierten Betreiberinformationen. Hierfür sei den Talsperreneigentümern ein herzlicher Dank ausgesprochen.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Frank Roesler, Entwicklungsabteilung Talsperrenwesen, Ruhrverband, Kronprinzenstraße 37, 45128 Essen, Email: [fre@ruhrverband.de](mailto:fre@ruhrverband.de)

Dr.-Ing. Volker Bettzieche, Leiter der Entwicklungsabteilung Talsperrenwesen, Ruhrverband, Kronprinzenstraße 37, 45128 Essen, Email: [vbe@ruhrverband.de](mailto:vbe@ruhrverband.de)