

Modellversuch für den geplanten Umbau der Hochwasserentlastungsanlage am Windachspeicher

Tobias Lang, Moritz Stöß und Arnd Hartlieb

Zusammenfassung

Der Windachspeicher im Landkreis Landsberg am Lech wurde in den Jahren 1961-64 errichtet und schützt seitdem das Windachtal vor Hochwasser. Seine Hochwasserentlastungsanlage (HWE) springt bei sehr seltenen Hochwasserereignissen an. Sie ist bei extremen Hochwasserereignissen essentiell für die Standsicherheit des Bauwerkes und damit auch für den Schutz der Unterlieger. Das Einlaufbauwerk der HWE ist bis dato mit einer beweglichen Klappe ausgestattet. Gemäß der gültigen Talsperren-Norm (DIN 19700) werden an einen solchen „beweglichen Verschluss“ hohe Sicherheitsanforderungen gestellt. Da eine bewegliche Klappe versagensanfällig und zudem wartungsintensiv ist, plant die bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung den Umbau der bestehenden Konstruktion in eine feste Überlaufschwelle. Damit können die Forderungen der Norm erfüllt und die Sicherheit des Absperrbauwerks und damit auch des Windachtals bei extrem seltenen Ereignissen weiter verbessert werden.

In einem physikalischen Modell (im Maßstab 1:15) der HWE des Windachspeichers wurden an der Versuchsanstalt Obernach (TU München) verschiedene Umbauvarianten getestet. Ziel war neben der Verbesserung der Anlagensicherheit auch die Leistungsfähigkeit der HWE zu optimieren. Der Ausführungsvorschlag für das Einlaufbauwerk sieht einige Veränderungen gegenüber dem Istzustand vor. Nach Abbruch des bestehenden Wehrhöckers mit der aufgesetzten Fischbauchklappe bis zur Höhe des Vorbodens wird eine feste Überlaufschwelle mit WES-Profil errichtet. Eine Herstellung aus Betonfertigteilen wäre möglich, die Sicherung gegen nach oben gerichtete Vertikalkräfte erforderlich. Darüber hinaus soll die Decke des Einlaufbauwerks rückgebaut werden, da so unkalkulierbare Pulsationen und Sogeffekte infolge mangelnder Luftzufuhr vermieden werden können. Die geneigten Seitenpfeiler und die Rückwand sollten senkrecht bis zur Dammkrone erhöht werden. So ist es möglich, klar definierte Anströmungssituationen der festen Überlaufschwelle ohne Störung durch die Überfallstrahlen über die Seitenpfeiler oder die Rückwand zu schaffen.

Durch eine Optimierung des Tosbeckens (Leitkeil) und den verbesserten Kolkschutz im Unterwasserbecken ist in allen Lastkombinationen eine sehr gute Energieumwandlung im Unterwasser des Windachspeichers gegeben. Die Versuchsläufe zeigten, dass der Windachspeicher nach den Umbaumaßnahmen für zukünftige Hochwasserereignisse mehr als gewappnet ist und die technischen Anforderungen deutlich übertroffen werden. Nach Abschluss der Planungen steht der Umbau der HWE voraussichtlich ab dem Jahr 2025 an.

1 Einleitung

Der Windachspeicher, eine Talsperre im oberbayerischen Alpenvorland westlich des Ammersees, wurde Anfang der 1960er Jahre errichtet. Er wird vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim (WWA WM) betrieben und schützt das Windachtal vor Hochwasser [1]. Als Absperrbauwerk dient ein 241 m langer und 15,3 m hoher Erddamm. Zur Speicherbewirtschaftung standen ursprünglich ein Grundablass (Kegelstrahlschieber) und eine Hochwasserentlastungsanlage (HWE) mit aufgesetzter Fischbauchklappe zur Verfügung [2]. Diese beiden Abgabeorgane

besitzen ein gemeinsames Tosbecken. Anfang der 1990er Jahre wurde zur Erhöhung der Betriebssicherheit ein Betriebsauslass nachgerüstet [3]. Da damit zwei zuverlässige und leistungsfähige Auslässe zur Verfügung stehen, wäre die bewegliche Fischbauchklappe für die Speicherbewirtschaftung entbehrlich. Die Fischbauchklappe besitzt einen ungünstigen, einseitigen Antrieb, dessen Betrieb seit mehreren Jahren zu Problemen führt und seitdem als unzuverlässig eingeschätzt wird. Bei gelegter Fischbauchklappe gehen etwa 55% des gewöhnlichen Hochwasserrückhalterausms (IGHR) verloren (siehe Abb. 1). Somit kann mit gelegter Klappe der Hochwasserschutz der Unterlieger nicht gewährleistet werden.

Würde die Klappe im Ereignisfall bei Vollstau versagen, würde schlagartig ein Abfluss von ca. 45 m³/s freigesetzt. Als Konsequenz des hohen Versagensrisikos wurde die Fischbauchklappe 2015 arretiert. Bei sehr seltenen Ereignissen könnte jedoch eine Absenkung der Klappe im Bereich des ZH erforderlich werden. Bei einem dann eintretenden Versagensfall (hoher Staudruck) würden bis zu 70% des Gesamt-Rückhaltevolumens (gewöhnlich + außergewöhnlich) unsteuerbar auslaufen und das Windachtal fluten. Das Wasserwirtschaftsamt Weilheim möchte daher diese provisorische Lösung (Arretierung) in eine DIN-konforme, langlebige Konstruktion umbauen, die nicht versagen kann.

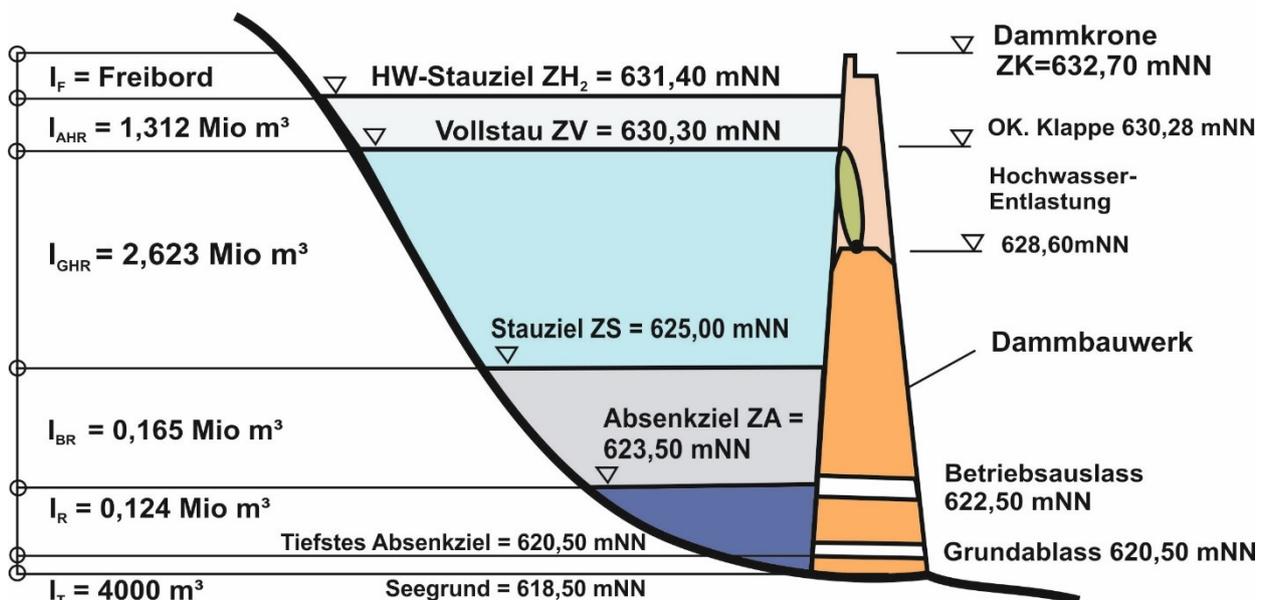


Abb. 1 HWE mit Klappe, Stauziele und Stauräume des Windachspeichers nach DIN 19700

2 Anforderungen an das neue Einlaufbauwerk der HWE

Das neue Einlaufbauwerk der HWE muss verschiedene Anforderungen erfüllen. Für Betreiber und Aufsichtsbehörde hat die Anlagensicherheit bei der Planung des neuen Einlaufbauwerks oberste Priorität. Damit gehen die Forderungen nach einer robusten, nicht versagensanfälligen Konstruktion sowie einer möglichst hohen hydraulischen Leistungsfähigkeit einher. Bei Planung und Bau von Stauanlagen gilt es, unkomplizierte und dauerhafte Lösungen für die konstruktive Gestaltung von Bauteilen und Betriebseinrichtungen zu finden [4]. Dieser Grundsatz gilt insbesondere für HWEs, die lediglich bei Extremereignissen mit außergewöhnlich hohen Speicherwasserständen betrieben werden. Durch den Verzicht auf steuerbare bzw. bewegliche Elemente in der HWE kann ein Versagen nahezu ausgeschlossen werden.

Es wurde deshalb im Konsens in der Wasserwirtschaftsverwaltung entschieden, die Fischbauchklappe in eine feste Überlaufschwelle umzubauen. Damit werden nicht nur Versagensfälle, sondern auch mögliche Fehlsteuerungen der beweglichen Klappe durch einen Ausfall des Antriebs (Strom bzw. Erreichbarkeit), falsche Zufluss-Prognosen (Niederschlagprognosen, Ausfall von Pegeln bei Extremabflüssen), Manipulationen durch Unbefugte sowie mögliche Fehlentscheidungen des Betriebspersonals ausgeschlossen.

Die Leistungsfähigkeit der HWE muss einerseits ausreichen, um im Zusammenwirken mit den anderen Abgabeorganen, die Hochwasserbemessungsfälle nach DIN 19700:2004-07 (Teile 10 und 11) nachweisen zu können [5]. Um größere bauliche Anpassungen am Absperrbauwerk zu vermeiden, wollte das Wasserwirtschaftsamt Weilheim weiterhin möglichst die wasserrechtlich genehmigten Stauziele einhalten. Andererseits sollte die HWE zur Reduktion des Risikos bei Überschreiten der hydrologischen Bemessungsannahmen (Restrisiko) eine möglichst große zusätzliche hydraulische Leistungsfähigkeit besitzen [4].

Um möglichst vorausschauend zu planen, wurde für den Nachweis der Bemessungshochwasserfälle nach DIN 19700:2004-07 im Jahr 2021 eine Überprüfung der Bemessungshochwasser des Windachspeichers (Vertiefte Überprüfung – Teil Hydrologie [6]) durchgeführt. Dabei konnten die bislang gültigen Scheitelzuflüsse bestätigt werden (Tab. 1). Für die Bemessungsereignisse wurden mit dem hydrologischen Modell LARSIM Zufluss-Ganglinien erzeugt, deren Füllen sich nur geringfügig von den Füllen der bisherigen Bemessungsereignisse unterscheiden. Die Simulation des Windachspeichers erfolgte mit dem zur Bewirtschaftung für Talsperren entwickelten Modul SPEMO. [6]

Tab. 1 Bemessungshochwasserereignisse für den Windachspeicher

Hochwasserbemessungsfall	Bemessungs-	Jährlichkeit	Scheitelzufluss
3: HWS der Unterlieger	BHQ3	100	50 m ³ /s
1: Dimensionierung HWE	BHQ1	1.000	70 m ³ /s
2: Anlagensicherheit Extrem-HW	BHQ2	10.000	105 m ³ /s

Zunächst erfolgte der Nachweis des Hochwasserschutzes für die Unterlieger (Hochwasserbemessungsfall 3). In Bayern sollen Siedlungen gemäß Landesentwicklungsplan [7] vor einem hundertjährlichen Hochwasserereignis geschützt werden. Das für diesen Schutz im (n-1)-Fall erforderliche Hochwasserrückhaltevolumen entspricht dem gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum, der zugehörige Speicherwasserstand entspricht dem Vollstau ZV. Die Simulationen zeigten, dass im Hochwasserbemessungsfall 3 das bestehende ZV von 630,30 mNN genau erreicht wird. Somit ist der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum des Windachspeichers weiterhin ausreichend dimensioniert. [6]

Aus dem Hochwasserbemessungsfall 3 ergibt sich die Höhe der Überfallkante der geplanten Überlaufschwelle zu 630,30 mNN und damit eine zentrale Randbedingung für die neue Überlaufschwelle des Einlaufbauwerks. Außerdem sollte unter Berücksichtigung der neuen hydrologischen Bemessungsereignisse das bestehende ZH von 631,40 mNN nicht überschritten werden. Bei Wasserständen über dem ZH soll die HWE eine möglichst hohe Leistungsfähigkeit besitzen [4].

3 Der Modellversuch an der Versuchsanstalt Obernach

Das geschlossene Transportgerinne weist eine komplexe Geometrie auf (Lageplan und Längsschnitt (vgl. Abb. 2)). Es besitzt im oberen Abschnitt die Form einer sich verengenden Verziehung in einer Kurve einschließlich einer mittigen Trennwand. Daran schließt ein gerader Abschnitt mit konstanter Breite an. Am Übergang zwischen Kurve und Gerade ist ein ausgerundeter Gefällewechsel von etwa 9% auf etwa 17% vorhanden. Es existieren zwei vertikale Belüftungsschächte, die sich kurz nach dem Ende der Trennwand und kurz nach dem Gefällewechsel befinden. Ein dritter Belüftungsschacht etwa 10 m vor dem Auslauf in das Tosbecken wurde in der Vergangenheit verplombt. Ein dritter Belüftungsschacht etwa 10 m vor dem Auslauf in das Tosbecken wurde in der Vergangenheit verplombt.

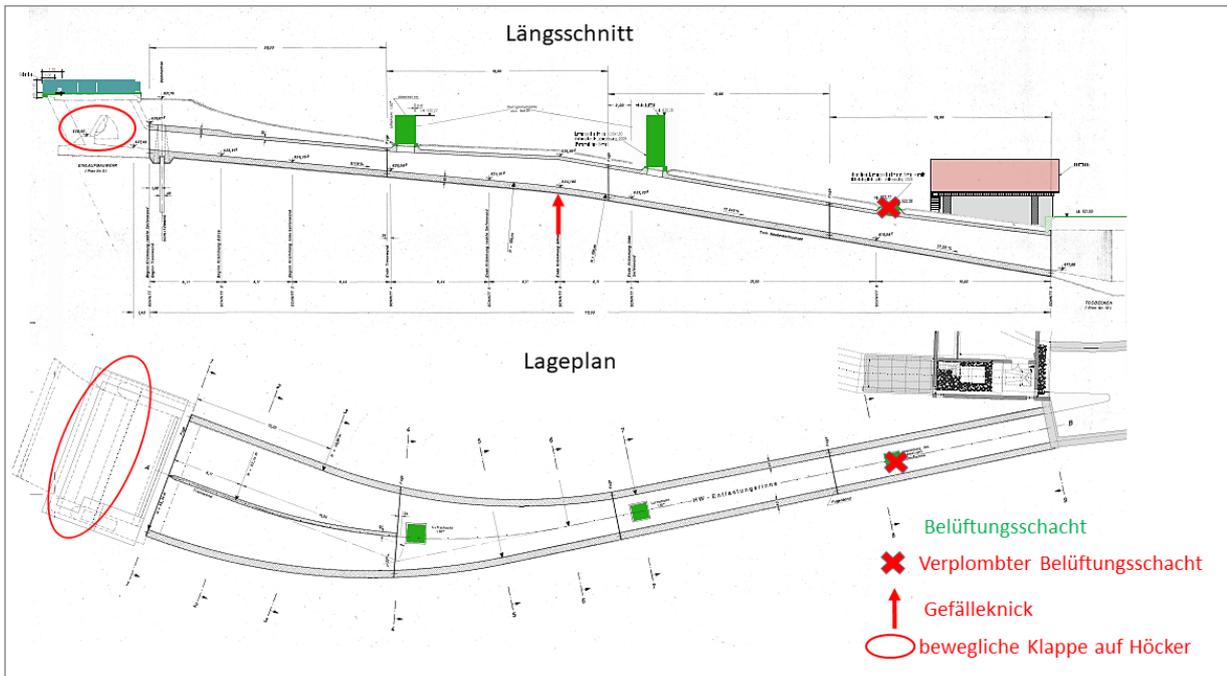


Abb. 2 Lageplan und Längsschnitt der HWE mit der beweglichen Fischbauchklappe im Einlaufbauwerk, dem Gefällewechsel und den beiden Belüftungsschächten im Transportgerinne (dritter Belüftungsschacht wurde verplombt)

Die Versuchsanstalt Obernach wurde vom WWA WM wegen der komplexen Randbedingungen mit der Durchführung eines hydraulischen Modellversuchs (Vollmodell, vgl. Abb. 3) zur Optimierung der Leistungsfähigkeit der HWE sowie zur Überprüfung und gegebenenfalls Optimierung der Energieumwandlung in den Tosbecken beauftragt.

Zunächst wurde basierend auf den hydraulischen Anforderungen eine mögliche Geometrie für die neue Überlaufschwelle erarbeitet (Ersatz für die bewegliche Klappe). Es zeigte sich, dass die erforderliche hydraulische Leistungsfähigkeit ohne Erweiterung des Einlaufbauwerks nur mit einer sehr strömungsgünstigen Form der Überlaufschwelle erreicht werden kann. Um die bestehenden Seitenpfeiler erhalten zu können, wurde deshalb ein WES-Profil gewählt. Die Design-Überströmungshöhe bei der gerade noch kein Unterdruck entsteht beträgt 1,10 m (ZH – ZV = 631,40 mNN - 630,30 mNN).

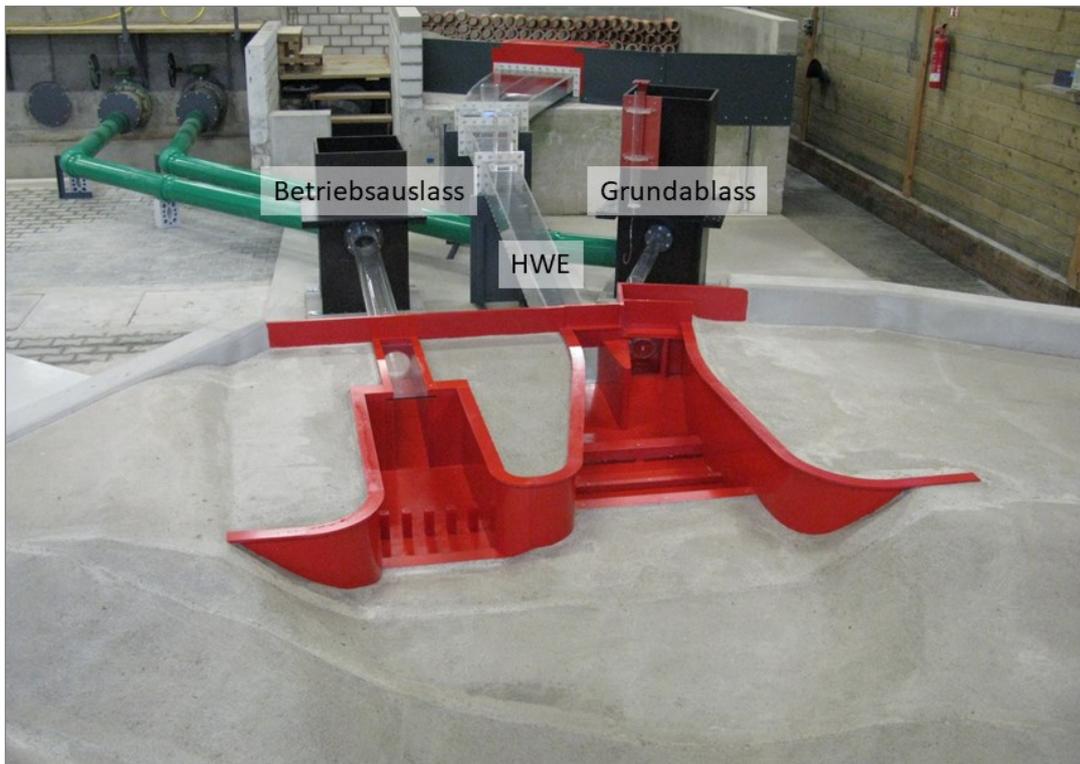


Abb. 3 Blick gegen die Fließrichtung auf das Vollmodell

Anschließend wurde ein Vollmodell im Maßstab 1:15 gebaut (vgl. Abb. 3). Für die HWE wurde für Sohle des Transportgerinnes graues PVC und für Seitenwände und Decke Plexiglas verwendet. Von Betriebs- und Grundauslass wurden ausgehend von versuchsbedingten Hochbehältern nur die Einmündungen in das Tosbecken in Form von maßstäblichen Rohrleitungen aus Plexiglas dargestellt. Der Zufluss des Betriebsauslasses in das Tosbecken erfolgt wie in der Realität im freien Ausfluss. Der Grundablass wurde an der Einmündung in das Tosbecken wie in der Realität mit einem Kegelstrahlschieber versehen. Der Ausschnitt des Stauraums wurde wie das Unterwasserbecken im Anschluss an die Tosbecken mit Beton modelliert. Die Leistungsfähigkeiten von Grund- und Betriebsauslass waren aus früheren Berechnungen und Modellversuchen ([2], [3] und [8]) bekannt.

4 Versuchsergebnisse und Empfehlungen

4.1 Einlaufbauwerk, feste Überfallschwelle und Transportgerinne

Aus mehreren Versuchsvarianten für die Einzelkomponenten wurde ein Ausführungsvorschlag für das Einlaufbauwerk entwickelt [9]. Dieser sieht folgende Veränderungen gegenüber dem Istzustand vor:

- Abbruch des bestehenden Wehrhöckers, an dem die Fischbauchklappe ansetzt, bis zur Höhe des Vorbodens.
- Errichtung einer festen Überfallschwelle mit WES-Profil, Oberkante auf der Höhe des Vollstaus $Z_V = 630,30$ mNN, maßgebliche Überströmungshöhe für Formgebung $h_d = 1,1$ m. Exakte Erfüllung des maßgeblichen Kriteriums für die Abflussleistung mit einem Abfluss von $25 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem Wasserstand im Stauraum auf Höhe des Hochwasserstauziels $Z_H = 631,40$ mNN.

- Herstellung der festen Überlaufschwelle aus Betonfertigteilen möglich, Sicherung gegen nach oben gerichtete Vertikalkräfte erforderlich.
- Rückbau der Decke des Einlaufbauwerks: Vermeidung von unkalkulierbaren Sogeffekten infolge der Decke durch mangelnde Luftzufuhr bei Abflüssen zwischen etwa 40 und 69 m³/s, die ab 60 m³/s mit Pulsationen einhergehen; bei noch größeren Abflüssen ohne Decke höhere Abflussleistung.
- Senkrechte Erhöhung der geneigten Seitenpfeiler und der Rückwand parallel zur Überlaufschwelle bis zur Dammkrone ZK = 632,70 mNN: klar definierte Anströmungssituation der festen Überlaufschwelle ohne Störung durch die Überfallstrahlen über die Seitenpfeiler oder die Rückwand.

Mit dem Modell wurden Versuche bis zu Stauhöhen im Bereich der Dammkrone durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass der „Flaschenhals“ der HWE im Transportgerinne kurz nach dem Gefällewechsel vor dem zweiten Belüftungsschacht liegt (vgl. Abb.2). Bei einem Abfluss von 70 m³/s stößt der schießende Strahl dort an die Decke und das Transportgerinne schlägt ausgehend von dieser Stelle mit einem rückschreitenden Wechselsprung bis zum oberen Ende des geschlossenen Gerinnes zu.

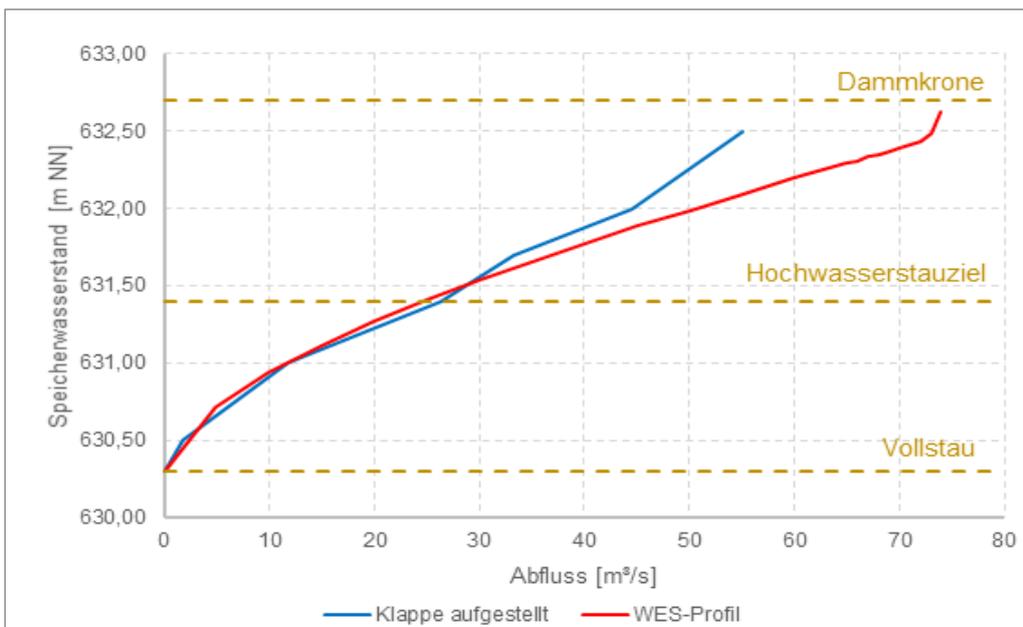


Abb. 4 Leistungskurven (Speicherwasserstand-Abfluss-Beziehungen) im Istzustand und beim Ausführungsvorschlag

Im oberen Belüftungsschacht (Wasserschloss) steht dann nach dem Erreichen eines stationären Abflusszustands eine Wassersäule mit noch ausreichendem Freibord zur Schachtoberkante (etwa 80 cm). Unterstrom des nicht eingestauten zweiten Belüftungsschachts bleibt der Freispiegelabfluss erhalten. Beide Belüftungsschächte besitzen eine große Bedeutung und müssen erhalten werden. An der festen Überlaufschwelle des Einlaufbauwerks ist immer noch ein rückstaufreier Überlauf gegeben. Der durch den Druckabfluss im geschlossenen Transportgerinne hervorgerufene Rückstau an der festen Überlaufschwelle setzt erst ab einem Abfluss von etwa 73 m³/s ein. Demzufolge steigt die Leistungskurve entsprechend der Druckabflussverhältnisse

im Transportgerinne nun deutlich steiler an (vgl. Abb. 4). Bis etwa $72 \text{ m}^3/\text{s}$ stellt die Überlaufschwelle im Einlaufbauwerk den abflusslimitierenden Faktor für die HWE dar, ab etwa $73 \text{ m}^3/\text{s}$ das geschlossene Transportgerinne. Der maximale Abfluss über die HWE bei Kronenstau beträgt etwa $74 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.2 Energieumwandlung in den Tosbecken und Kolkschutz

Grundsätzlich gilt, dass die Energieumwandlung im Unterwasser einer wasserbaulichen Anlage umso kritischer ist, je größer die spezifische Abflussbeaufschlagung der einzelnen Betriebseinrichtungen ist und je niedriger der Unterwasserstand. Dies hat sich auch für den Windachspeicher in zahlreichen Modellversuchen für die verschiedenen Lastkombinationen von HWE, Betriebsauslass (BA) und Grundablass (GA) bestätigt. Als maßgeblicher kritischer Lastfall wurde die alleinige Beaufschlagung der HWE bei Kronenstau mit einem Abfluss von $74 \text{ m}^3/\text{s}$ identifiziert. Die Energieumwandlung im Istzustand ist hier klar am schlechtesten und verbesserungsbedürftig. Die jeweils alleinige maximale Beaufschlagung des BA mit $25 \text{ m}^3/\text{s}$ und des GA mit $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ sind dagegen als unkritisch zu beurteilen. Jede Kombination von zwei oder drei Betriebseinrichtungen hat durch den höheren Unterwasserstand eine bessere Energieumwandlung zur Folge.



Abb. 5 Optimierter Leitkeil (grau) im Tosbecken von HWE und GA (Blick in Richtung Unterwasser)

Bei der Optimierung des Tosbeckens von HWE und GA für den maßgeblichen kritischen Lastfall konnte in zahlreichen Versuchen mit Störkörperreihen auf oder zwischen den beiden bestehenden Schwellen im Tosbecken und mit einer Zahnreihe auf der Endschwelle keine signifikante Verbesserung der Energieumwandlung erzielt werden. Schließlich ergab sich durch einen eher unkonventionellen und vergleichsweise kleinen, ca. 1 m hohen wie breiten vertikalen „Leitkeil“ (vgl. **Abb. 5**) an der rechten Seitenwand des Tosbeckens unmittelbar oberstrom der ersten Schwelle eine völlig andere, hinsichtlich der Energieumwandlung deutlich bessere Strömungssituation im Tosbecken (vgl. **Abb. 6**).

Der Leitkeil verbessert deutlich die räumliche, dreidimensionale Wirkung des Tosbeckens. Dementsprechend turbulenzärmer und ruhiger erfolgt der Abfluss im Unterwasserbecken, so dass der Strömungsangriff auf Sohle und Ufer deutlich reduziert ist. Der Leitkeil stellt eine sehr effiziente Verbesserung der Energieumwandlung dar. Er hat auch in den anderen Lastfällen eine positive Wirkung.

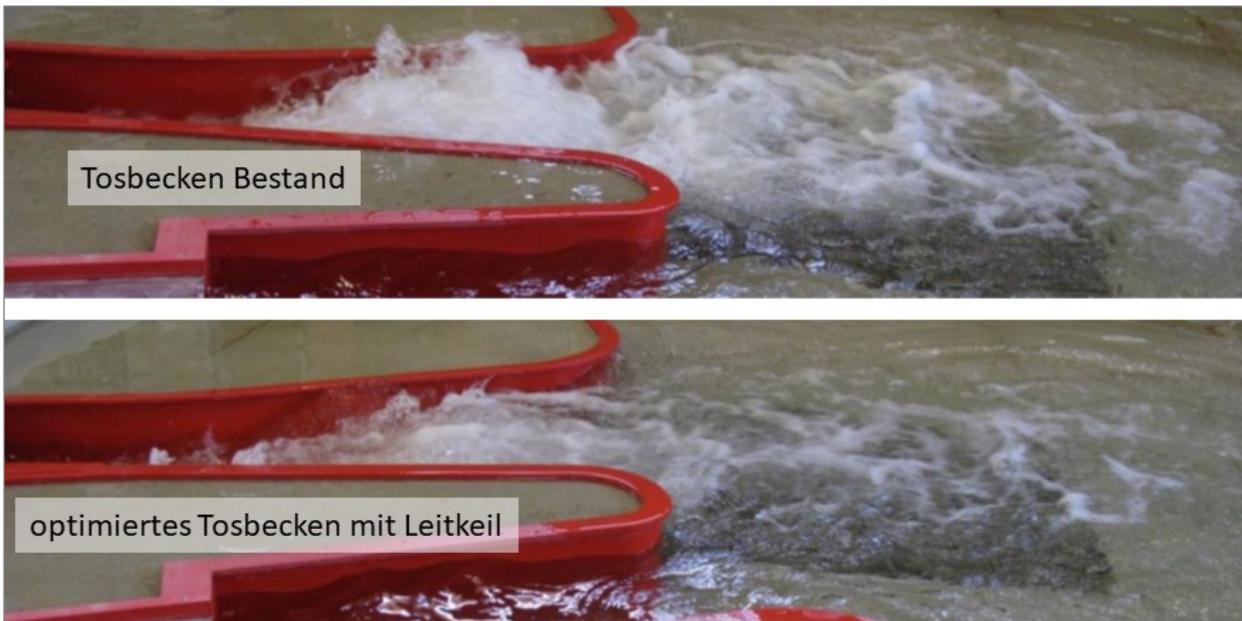


Abb. 6 Strömungssituation im Unterwasser im maßgeblichen kritischen Lastfall ohne (oben) und mit Leitkeil (unten) von der rechten Seite des Tosbeckens

Auf den Leitkeil wirken sehr große dynamische Kräfte, die eine entsprechende Verankerung erfordern. Eine Erhöhung der Begrenzungsmauern des Tosbeckens ist nicht erforderlich, ein besserer Kolkschutz im Unterwasserbecken allerdings schon. Der Kolkschutz sollte aus Wasserbausteinen mit Kantenlängen um die 50 cm bestehen (mindestens 45 cm) und auf einem etwa 20 m langen Abschnitt im unmittelbaren Anschluss an das Tosbecken von HWE und GA eingebaut werden. Die vorhandenen Kolkschutzsteine können verwendet werden. Der Kolkschutz ist aber mindestens zweilagig und der Übergang in den Untergrund filterstabil aufzubauen, dann kommt es auch bei einer länger anhaltenden Belastung des Kolkschutzes im maßgeblichen kritischen Lastfall zu keinen Erosionserscheinungen im Kolkschutz.

Durch das optimierte Tosbecken von HWE und BA (Leitkeil) und den verbesserten Kolkschutz im Unterwasserbecken ist selbst im maßgeblichen kritischen Lastfall sowie in allen anderen Lastfallkombinationen bei der Beaufschlagung von HWE, BA und GA eine sehr gute Energieumwandlung im Unterwasser des Windachspeichers gegeben. Das Tosbecken des BA funktioniert im Istzustand völlig problemlos und kann so belassen werden.

5 Wesentliche Erkenntnisse und weitere Schritte

Für den Windachspeicher als große Talsperre mit Hochwasserschutz-Funktion sind die in Tab. 1 aufgeführten hydrologisch-hydraulischen Bemessungsfälle nachzuweisen. Mit dem im hydraulischen Modellversuch getesteten WES-Profil mit Überfallkrone auf Höhe des ZV von 630,30 mNN wird das bestehende ZH von 641,40 mNN in den Hochwasserbemessungsfällen 1 und 2 knapp unterschritten, bzw. erreicht. Damit können mit der vorgeschlagenen Konstruktion alle drei Hochwasserbemessungslastfälle der DIN 19700:2004-07 (Teil 10&11) [5] ohne Änderung der Stauziele bzw. des Wasserrechtsbescheides nachgewiesen werden (Abb. 1).

Da mit den bestehenden Stauzielen der vorhandene Freibord von 1,3 m (BHQ2) bzw. 1,4 m (BHQ1) ausreichend ist [10], ergeben sich aus diesen Bemessungslastfällen keine zusätzlichen Anpassungsmaßnahmen am Dammbauwerk. Die DIN 19700:2004-07 [5] fordert darüber hinaus eine Beurteilung und gegebenenfalls Verminderung der Risiken für die Stauanlagensicherheit infolge Überschreitung des BHQ2 bzw. des ZH2. Das WWA WM versucht daher die DWA-Themen T1/2017 „Stauanlagensicherheit und Folgen bei der Überschreitung der Bemessungsannahmen nach DIN 19700“ [4] seit mehreren Jahren auf seine Anlagen anzuwenden.

Eine Überschreitung des ZH2 kann auch ohne Überschreitung des BHQ2 auftreten, wenn z.B. die hydraulische Leistungsfähigkeit der Abgabeorgane durch eine Verklausung (Schwemmholz, Schilf, Heu, Siloballen etc.) verringert wird. Obwohl Schwemmholz in den gut 60 Betriebsjahren des Windachspeichers bislang auch bei seltenen Hochwasserzuflüssen keine Rolle spielte, werden die Abgabeorgane seit 2022 mit einer am Sylvensteinspeicher erprobten Baumkette geschützt. Da ein Ausfall der steuerbaren Tiefauslässe jedoch auch technisch bedingt sein kann (Strom, Mechanik, Fehlsteuerung), wurde vom WWA WM das BHQ2 auch unter Berücksichtigung eines Ausfalls des Betriebsauslasses (n-1-Fall) sowie eines Ausfalls von Betriebsauslass und Kegelstrahlschieber (n-2-Fall) simuliert. Selbst in diesen Simulationsfällen verbleibt (nach Umbau der HWE) zur Bauwerkskrone ein Freibord von 0,9 m bzw. 0,8 m. Im n-Fall könnte bei Kronenstau der Scheitelzufluss des BHQ2 ohne Berücksichtigung der Retentionswirkung des Speichers (!) über die Abgabeorgane direkt weitergegeben werden. Ein mit dem Faktor 1,3 skaliertes BHQ2 (BHQ2+30%), könnte selbst im n-2-Fall ohne Überschreitung des Kronenstaus über die HWE abgeführt werden. Somit ist sogar bei Ereignissen, deren Spitze und Fülle das BHQ2 deutlich überschreiten, und einem gleichzeitigen Komplett-Ausfall der Tiefauslässe nicht mit einer Dammüberströmung zu rechnen.

Da das WES-Profil oberhalb des ZH deutlich leistungsfähiger ist als die gestellte Klappe (74 m³/s statt 55 m³/s bei Kronenstau), reduziert es damit das hydrologische Risiko bei Überschreitung der Bemessungsannahmen erheblich. Aufgrund des dann verbleibenden, sehr geringen Restrisikos sind außer dem Umbau des Einlaufbauwerks der HWE keine weiteren baulichen bzw. konstruktiven Maßnahmen zur Reduktion des hydrologischen Restrisikos vorgesehen. Um die Leistungsfähigkeit der HWE sicher nutzen zu können, sind jedoch der Einbau des Leitkeils im Tosbecken und die Verbesserung des Kolksschutzes eingeplant.

Da die Leistungsfähigkeit der gestellten Klappe und des WES-Profiles bis zum ZH annähernd gleich sind, sind kein neuer Wasserrechtsbescheid und auch keine Änderung der Hochwasserbewirtschaftung erforderlich. Für die Unter- und Oberlieger entstehen durch den Umbau des Einlaufbauwerks der HWE bis zum HQ10.000 keine Veränderungen. Der Umbau der versagensanfälligen Klappe in eine feste Überlaufschwelle sichert jedoch den gewöhnlichen sowie den außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum und ermöglicht damit einerseits den sicheren HQ100-Schutz der Unterlieger und erhöht andererseits maßgeblich (auch über den Hochwasserbemessungsfall 2 hinaus) die Anlagensicherheit.

Die Planungen zum Umbau der HWE sollen noch im Jahr 2023 begonnen werden und weitere Aspekte zur Anpassung der Talsperre an den heutigen Stand der Technik berücksichtigen. Die Nachversteinung des Kolksschutzes und der Einbau des Leitkeiles ins Tosbecken werden bis zum Beginn der Hochwassersaison 2024 abgeschlossen sein.

Literatur

- [1] Wasserwirtschaftsamt Weilheim: Windachspeicher, Weilheim, Juli 2014.
- [2] Wasserwirtschaftsamt Weilheim: „Hydrotechnische Berechnung zum Bauentwurf“; Juni 1960 und „Nachtrag zur hydrotechnischen Berechnung“; Februar 1962, unveröffentlicht.
- [3] Technische Universität München / Versuchsanstalt Obernach (Hrsg.): Windachspeicher, Neubau eines Betriebsauslasses: Überprüfung der Hydraulik und konstruktiver Details; Modellversuch, Juni 1988, unveröffentlicht.
- [4] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. et al: DWA-Themen T1/2017, Stauanlagensicherheit und Folgen bei der Überschreitung der Bemessungsannahmen nach DIN 19700, Hennef, Februar 2017.
- [5] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 19700 Stauanlagen - Teil 10 (Gemeinsame Festlegungen) + Teil 11 (Talsperren). Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2004.
- [6] Wasserwirtschaftsamt Weilheim: Hydrologische Planungsgrundlage, Überprüfung der Bemessungshochwasser für den Windachspeicher, Weilheim, 2021, unveröffentlicht.
- [7] Bayerische Staatsregierung, Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP), Januar 2020.
- [8] Technische Universität München / Versuchsanstalt Obernach (Hrsg.): Rechnerische Überprüfung der Entlastungsanlage des Windachspeichers; Februar 1983, unveröffentlicht.
- [9] Technische Universität München / Versuchsanstalt Obernach (Hrsg.): Hochwasserentlastungsanlage Windachspeicher, Versuchsbericht Nr. 444, Juni 2022, unveröffentlicht.
- [10] Überprüfung Freibord Windachspeicher. Wasserwirtschaftsamt Weilheim, Januar 2023, unveröffentlicht.

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Tobias Lang
Wasserwirtschaftsamt Weilheim
Pütrichstraße 15, D-82362 Weilheim
tobias.lang@wwa-wm.bayern.de

Moritz Stöß, M. Sc.
Wasserwirtschaftsamt Weilheim
Pütrichstraße 15, D-82362 Weilheim
moritz.stoess@wwa-wm.bayern.de

Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Arnd Hartlieb
Versuchsanstalt für Wasserbau, TU München
Obernach 15, D-82432 Walchensee
arnd.hartlieb@tum.de