



Notfallstrategie im Fall eines ausserordentlichen Anstiegs des Wasserspiegels

BFE Hilfsmittel

Die letzte Fassung ersetzt die früheren Fassungen

| Version | Abänderung | Datum |
|----------------|---|--------------|
| 2.0 | Revision im Zuge der Totalrevision der Richtlinien für das Notfallschutzkonzept von Stauanlagen BWG/BABS 2004 | 1.5.2015 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Einleitung und Grundregeln | 3 |
| 1.1 | Einleitung | 3 |
| 1.2 | Grundregeln zur Auslösung der Gefahrenstufen | 3 |
| 1.3 | Abgrenzung zum Wehrreglement | 4 |
| 2 | Vorgehen bei der Festlegung der Gefahrenstufen | 5 |
| 2.1 | Definition der Gefahrenkote K_G | 5 |
| 2.2 | Definition der kritischen Kote K_{krit} | 5 |
| 2.3 | Grafische Darstellung und Hilfstabelle | 5 |
| 2.4 | Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 5 | 6 |
| 2.5 | Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 4 | 7 |
| 2.6 | Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 3 | 7 |
| 2.7 | Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 2 | 8 |
| 3 | Prüfung der Tauglichkeit der erarbeiteten Strategie | 9 |
| 4 | Überwachung des Wasserstandes und der Steiggeschwindigkeit..... | 10 |



1 Einleitung und Grundregeln

1.1 Einleitung

Die Notfallstrategie im Fall eines ausserordentlichen Anstiegs des Wasserspiegels kommt zum Einsatz, wenn der Wasserspiegel eines Stausees bis zu einem für die Sperre bedrohlichen Niveau, im äussersten Fall bis zu der Gefahrenkote (mit anschliessenden Bruch der Sperre) (weiter)steigen könnte. Die Notfallstrategie hält fest, wann welche Vorkehrungen zur Beherrschung dieses Notfalls zu treffen sind. Das Ziel ist grundsätzlich, die rechtzeitige Alarmierung der Bevölkerung sowie deren Evakuierung sicherzustellen.

Ein solcher ausserordentlicher Anstieg des Wasserspiegels kann insbesondere bei extremen Hochwassersituationen, aber auch bei der Unmöglichkeit, Schützen zu betätigen oder bei der Verstopfung eines Entlastungsorgans (Hochwasserentlastung, Grundablass) auftreten. Solche Ereignisse können sich sehr rasch entwickeln. Es ist somit unerlässlich, Regeln zu erstellen, welche die Auslösung der Gefahrenstufen und die zu treffenden Massnahmen festlegen. Diese Regeln sind einfach und klar zu halten, damit das Werkpersonal die Gefährdung zuverlässig erkennen und selbstständig handeln kann. Sie werden am besten grafisch dargestellt. Die Erarbeitung dieser anlagespezifischen Regeln ist Bestandteil der Notfallstrategie im Fall eines ausserordentlichen Anstiegs des Wasserspiegels.

1.2 Grundregeln zur Auslösung der Gefahrenstufen

Für die Festlegung der Gefahrenstufen gelten nachstehende Grundregeln. Die dabei angegebenen Zeiten sind als Standardwerte zu betrachten. Die Zeiten sind auf das Ziel auszurichten, der Bevölkerung genügend Zeit für die Flucht vor einer sperrenbruchinduzierten Flutwelle zu geben.

Je nach vorliegender Situation (z.B. Grösse des Stausees, Distanz von der Sperre bis zur Bevölkerung, Anzahl betroffener Personen und Komplexität einer Evakuierung usw.) sind somit die Zeiten oder die Regeln generell anzupassen. Dabei ist der Einfluss von Erschwernissen zu berücksichtigen, die beispielsweise bei einem Unwetter auftreten können. Die Erschwernisse werden im Rahmen der Durchführung der Gefahrenanalyse identifiziert und beurteilt.

- | | |
|---------------------------|---|
| Gefahrenstufe 5 (GS 5) | Soll zeitlich so ausgelöst werden, dass sich die alarmierte, in der Regel aber schon vorgewarnte Bevölkerung in Sicherheit bringen kann. Als Faustregel ist der Auslösezeitpunkt 60 Minuten vor dem Erreichen der Gefahrenkote der Stauanlage, d.h. 60 Minuten vor dem Bruch der Sperre festzulegen. |
| Gefahrenstufe 4 (GS 4) | Soll zeitlich so ausgelöst werden, dass sich die Bevölkerung auf eine allfällige Evakuierung vorbereiten kann. Als Faustregel ist der Auslösezeitpunkt 60 Minuten vor der Auslösung der Gefahrenstufe 5 (resp. 60 Minuten vor dem Evakuierungsbeginn) bzw. 120 Minuten vor Erreichen der Gefahrenkote der Stauanlage festzulegen. |
| Gefahrenstufe 3 (GS 3) | Soll zeitlich so ausgelöst werden, dass das Personal der Notfallorganisation der Betreiberin sich rechtzeitig vor Auslösung der Gefahrenstufe 4 zur Sperre begeben und die Wasseralarmzentrale oder den Beobachtungsposten besetzen kann. |



Gefahrenstufe 2 (GS 2) Soll dann ausgelöst werden, wenn es notwendig wird, den Anstieg des Wasserspiegels im Stausee zeitnah zu verfolgen und um zeitgerecht die Gefahrenstufe 3 auslösen zu können.

1.3 Abgrenzung zum Wehrreglement

Das Wehrreglement schreibt vor, wie die beweglichen Organe der Entlastungsvorrichtungen (Hochwasserentlastung, Ablässe) bei einem Hochwasser einzusetzen sind. Insbesondere wird angegeben, um wie viel diese Organe je nach Wasserstand zu öffnen sind. Das Reglement deckt alle möglichen Hochwassersituationen inkl. des Sicherheitshochwassers ab. Das Sicherheitshochwasser wird für den Nachweis der konstruktiven Sicherheit der Sperre verwendet. Beim Sicherheitshochwasser wird die Gefahrenkote der Stauanlage nicht überschritten.

Eine Beeinträchtigung der Kapazität der Entlastungsorgane (z.B. wegen Verstopfung) oder das Eintreten eines grösseren Hochwassers als das bereits grosse Sicherheitshochwasser kann zu nicht mehr vollständig beherrschbaren Lagen führen. Entsprechend ist in solchen Fällen die Bevölkerung rechtzeitig aus der Gefahrenzone, d.h. aus der Überflutungszone zu evakuieren. Die Notfallstrategie im Fall eines ausserordentlichen Anstiegs des Wasserspiegels beinhaltet sämtliche Vorkehrungen, die vorsorglich bei einer Verschlechterung der Lage zu treffen sind. Die Massnahmen gemäss dem Wehrreglement sowie die Massnahmen gemäss der Notfallstrategie laufen parallel. Letztere werden in der Regel später (und seltener) ausgelöst.



2 Vorgehen bei der Festlegung der Gefahrenstufen

2.1 Definition der Gefahrenkote K_G

Die Gefahrenkote K_G entspricht dem Wasserstand, bei dem die Sicherheit der Stauanlage durch sich in der Folge ergebender bedeutender Schäden wie Schäden an der Dammkrone, Erosion der Widerlager oder der Fundation, Unterspülung am Fusse der Anlage, innere Erosion und Erhöhung des Auftriebs beeinträchtigt wird. Sie wird von einem/einer spezialisierten Ingenieur/in festgesetzt.

2.2 Definition der kritischen Kote K_{krit}

Die kritische Kote K_{krit} entspricht der Wasserkote, ab welcher der Wasserstand unter dem Zufluss des Sicherheitshochwassers bis zu der Gefahrenkote K_G ansteigen würde.

Für die Bestimmung der kritischen Kote werden die gleichen Randbedingungen in Bezug auf die Verfügbarkeit der beweglichen Organe der Entlastungsvorrichtungen und der Turbinen verwendet wie beim Nachweis der Hochwassersicherheit.

Die kritische Kote wird iterativ wie folgt ermittelt:

- Annahme einer kritischen Kote K_{krit_1} (z.B. maximales Stauziel),
- Berechnung der Staukote K_{G_1} , die sich aus der Retentionsberechnung mit der Zuflussganglinie des Sicherheitshochwassers ergibt,
- Vergleich der berechneten Staukote K_{G_1} mit der Gefahrenkote K_G ,
- Erhöhung der angenommenen kritischen Kote K_{krit_1} mit der Differenz der Gefahrenkote und der berechneten Staukote ($K_G - K_{G_1}$) und Neuberechnung der Staukote K_{G_2} , die sich aus der Retentionsberechnung mit der Zuflussganglinie des Sicherheitshochwassers ergibt,
- Iteration wiederholen, bis die berechnete Staukote K_{G_x} der Gefahrenkote K_G entspricht. Die zugehörige kritische Kote K_{krit_x} entspricht der gesuchten kritischen Kote K_{krit} .

Als konservative Vereinfachung kann auch angenommen werden, dass die kritische Kote identisch mit der Anfangskote ist, welche beim Nachweis der Hochwassersicherheit einzusetzen ist. Diese Annahme ist nur zulässig, wenn die Stauanlage die Anforderungen an die Hochwassersicherheit vollständig erfüllt.

2.3 Grafische Darstellung und Hilfstabelle

Zur Visualisierung werden die Schwellenlinien der Wasserkoten, bei denen die einzelnen Gefahrenstufen ausgelöst werden, in ein Schwellenwertdiagramm übertragen, in welchem der Wasserstand [m ü. M.] in Abhängigkeit seiner Steiggeschwindigkeit [m/Std] dargestellt ist (siehe Abbildung 1). Bei Stauseen mit einer grossen Wasseroberfläche und entsprechend mit einer sehr langsamen Steiggeschwindigkeit bei Hochwasser können die Schwellenlinien als Horizontale angenommen werden.

Um die Übersicht über die Hochwassersituation vor Ort zu erhalten, werden die Messungen des Wasserstandes und der Steiggeschwindigkeit des Wasserspiegels in einer Hilfstabelle festgehalten (elektronisch oder auf Papier, Beispiel siehe Tabelle 1).



2.4 Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 5

Standardmässig

Es wird von einem gemessenen Wasserstand h , der zu einem bestimmten Zeitpunkt t herrscht, und einer gleichzeitig herrschenden momentanen Steiggeschwindigkeit des Wasserspiegels v ausgegangen. Die Steiggeschwindigkeit wird als konstant bleibend betrachtet. Die Gefahrenkote K_G wird dann innerhalb der Zeit t_G gemäss folgender Formel erreicht:

$$t_G = \frac{K_G - h}{v}$$

Der Schwellenwert für die Auslösung der Gefahrenstufe 5 wird nun mit Hilfe der festgelegten Dauer t_5 ab Auslösung der Gefahrenstufe 5 bis zum Erreichen der Gefahrenkote K_G bestimmt. t_5 entspricht in der Regel 60 Minuten (siehe Kapitel 1.2). Die Schwellenwerte resp. die Schwellenwertlinie für die Gefahrenstufe 5 h_5 für verschiedene Steiggeschwindigkeiten v errechnen sich dann wie folgt:

$$h_5 = K_G - t_5 \cdot v$$

Diese Linie wird in das Schwellenwertdiagramm der Abbildung 1 übertragen.

Besonderheit einer Hochwasserentlastung

Verfügt die Stauanlage über eine Hochwasserentlastung, herrschen zwei unterschiedliche Steigregimes des Wasserspiegels:

- Oberhalb der Schwelle der Hochwasserentlastung
Liegt der momentane Wasserstand oberhalb der Schwelle, wird der überproportionale Anstieg der Kapazität der Hochwasserentlastung durch den (allenfalls exponentiell) steigenden Ast der Zuflussganglinie einigermaßen kompensiert. Die Annahme einer konstanten Steiggeschwindigkeit ist gerechtfertigt.
- Unterhalb der Schwelle der Hochwasserentlastung
Liegt der momentane Wasserstand unterhalb der Schwelle, ist die Steiggeschwindigkeit wegen dem steigenden Ast der Zuflussganglinie effektiv zunehmend. Es ergibt sich jedoch ein plötzlicher "Knick", sobald die Schwelle erreicht wird. Die Annahme einer konstanten Steiggeschwindigkeit ist für diesen Fall insgesamt vertretbar.

Besonderheit bei Entlastung über Turbinen

Wird zum Zeitpunkt turbinert, bei welchem der Wasserstand und die Steiggeschwindigkeit des Wasserspiegels bestimmt werden, muss in der Regel davon ausgegangen werden, dass diese Wasserabfuhr nicht dauerhaft aufrecht erhalten werden kann (z.B. Überflutung der Zentrale mit Ausfall der Maschinen). Die Bestimmung der Lage im Diagramm der Abbildung 1 erfolgt nicht mit der tatsächlichen Steiggeschwindigkeit sondern mit der Steiggeschwindigkeit ohne Entlastung über die Turbinen. Die Steiggeschwindigkeit ergibt sich somit zu:

$$v \rightarrow v + \frac{Q_{Abf}}{A}$$

wobei Q_{Abf} die abgeführte Wassermenge und A die (momentane) Seefläche sind. Ein analoges Vorgehen kann gewählt werden, falls mit dem Ausfall der Entlastung z.B. durch Ablässe oder Hochwasserentlastungen gerechnet werden muss.



2.5 Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 4

Die Festlegung erfolgt analog zur Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 5. Der Schwellenwert für die Auslösung der Gefahrenstufe 4 wird mit Hilfe der festgelegten Dauer t_4 ab Auslösung der Gefahrenstufe 4 bis zur Auslösung der Gefahrenstufe 5 bestimmt. t_4 entspricht in der Regel 60 Minuten (siehe Kapitel 1.2). Die Schwellenwerte resp. die Schwellenwertlinie für die Gefahrenstufe 4 h_4 für verschiedene Steiggeschwindigkeiten v errechnen sich dann wie folgt:

$$h_4 = h_5 - t_4 \cdot v$$

Diese Linie wird in das Schwellenwertdiagramm der Abbildung 1 übertragen.

2.6 Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 3

Bei der Auslösung der Gefahrenstufe 3 soll sich das Personal der Notfallorganisation der Betreiberin zur Sperre begeben und die Wasseralarmzentrale oder den Beobachtungsposten vor Auslösung der Gefahrenstufe 4 besetzen. Ist die notwendige Anmarschzeit ab dem regulären Aufenthaltsort des Personals gleich t_3 , dann berechnen sich die Schwellenwerte resp. die Schwellenwertlinie für Gefahrenstufe 3 h_3 für verschiedene Steiggeschwindigkeiten v wie folgt:

$$h_3 = h_4 - t_3 \cdot v$$

Da insbesondere bei kleinen Stauanlagen die alleinige Anwendung dieses Kriteriums häufig unnötig zur Entsendung des Personals zur Sperre führen könnte, wird die Gefahrenstufe 3 in der Regel nur dann ausgelöst, falls **gleichzeitig**

- die kritische Kote K_{krit} erreicht und
- das Kriterium für die Auslösung der Gefahrenstufe 2 erfüllt ist.

Bei der Bestimmung der Anmarschzeit t_3 sind neben der reinen Fahr- bzw. Marschzeit auch die Aufwendungen für das Aufgebot des Überwachungspersonals und das Erstellen der Marschbereitschaft mit zu berücksichtigen (falls diese nicht bereits bei der Auslösung der Gefahrenstufe 2 eingerechnet werden).

Zeigt die Gefahrenanalyse, dass bei grösseren Unwettern z.B. Hangrutschen und/oder Abflüsse auftreten können, die den Zugang zur Talsperre stark erschweren, ist dies in der Festlegung der Zeit t_3 zu berücksichtigen. Gestützt auf die Erfahrung kann allenfalls auch eine kritische Steiggeschwindigkeit v_{krit} abgeschätzt werden, ab welcher die Bemanning der Sperre anzuordnen ist, so dass das Personal der Notfallorganisation vor Auftreten von solchen starken Erschwernissen die Sperre erreichen kann (Erreichen der kritischen Kote K_{krit} vorausgesetzt).

Die Schwellenwertlinie für die Gefahrenstufe 3 wird ebenfalls in das Schwellenwertdiagramm der Abbildung 1 übertragen.



2.7 Festlegung des Schwellenwertes für die Gefahrenstufe 2

Die Gefahrenstufe 2 soll ausgelöst werden, wenn es notwendig wird, die Entwicklung des Wasserstandes und der Steiggeschwindigkeit im Stausee zeitnah zu verfolgen und im Hinblick auf die Vorbereitung der späteren Auslösung der Gefahrenstufe 3. Bei Hochwasser erfolgt dies in der Regel bei einem Hochwasser mit Abflussmenge eines 30-jährigen bis 100-jährigen Hochwassers (entspricht Gefahrenstufen 4 für Fließgewässer gemäss "Die 5 Gefahrenstufen für Hochwasser", Web-Seite BAFU, Juli 2014).

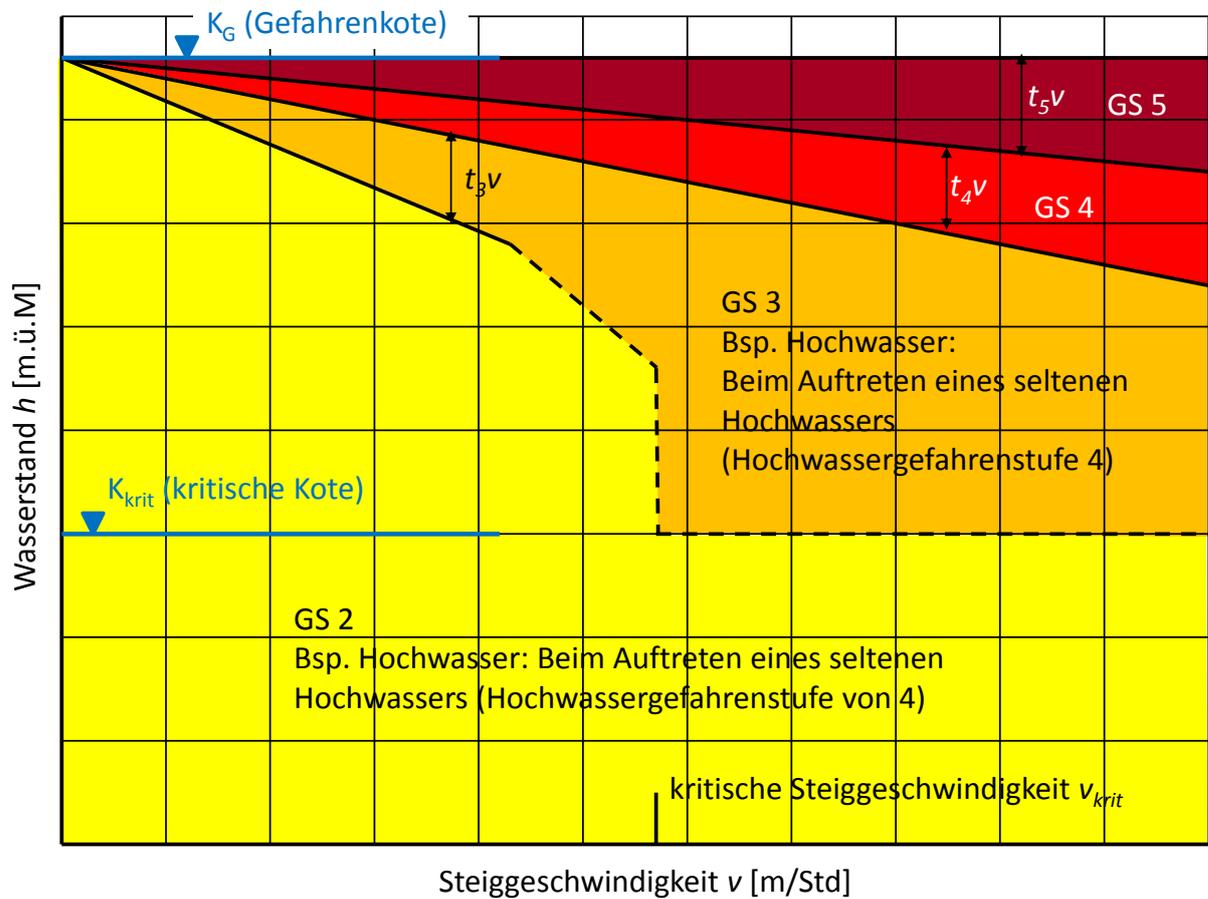


Abbildung 1: Schwellenwertdiagramm für die Überwachung des Wasserstandes und der Anstiegsgeschwindigkeit. Zur besseren Orientierung können die Koten der Sperrenkronen, der Schwelle der Hochwasserentlastung usw. eingezeichnet werden.



3 Prüfung der Tauglichkeit der erarbeiteten Strategie

Die gemäss Kapitel 2 erarbeitete Strategie soll systematisch auf ihre Tauglichkeit unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten geprüft und allenfalls angepasst werden. Ein Beispiel findet sich in "Talsperren – Kriterien für die Notfallstrategie im Hochwasserfall", Karl Flury, wasser energie luft, 81. Jahrgang, 1989, Heft 10, 267-270.

Generell wird die Tauglichkeit so geprüft, dass der Wasserstand und die Steiggeschwindigkeit des Wasserspiegels für verschiedene beobachtete und hypothetische Zuflussganglinien gerechnet werden (Retentionsberechnungen). Diese Simulationen sollen ein breites Spektrum von Anfangsbedingungen, Wiederkehrperioden und Formen der Zuflussganglinien abdecken.

Die Berechnungsergebnisse werden in das Schwellenwertdiagramm (siehe Abbildung 1) übertragen. Es zeigt sich nun, welche Gefahrenstufe zu welchem Zeitpunkt bei den verschiedenen Simulationen auszulösen wäre. Es kann so beurteilt werden, ob die Auslösung der Gefahrenstufen zweckmässig ist. Insbesondere ist sicherzustellen, dass für die Sperre bedrohliche Lagen nicht unerkannt bleiben und dass nicht für jedes kleinere Ereignis eine hohe Gefahrenstufe (z.B. GS 5) auszulösen ist, obwohl die Lage für die Sperre unbedenklich ist. Allenfalls muss die erarbeitete Strategie angepasst werden. Bei der Anpassung ist immer die Zielsetzung, die rechtzeitige Alarmierung der Bevölkerung sowie deren Evakuierung vor sperrenbruchinduzierten Flutwellen sicherzustellen, zu berücksichtigen.



4 Überwachung des Wasserstandes und der Steiggeschwindigkeit

Da der Wasserstand h und die Steiggeschwindigkeit des Wasserspiegels v die massgebenden Grössen für die Bestimmung der Gefahrenstufen sind, ist es entscheidend, dass diese beiden Parameter während eines Ereignisses regelmässig ermittelt werden. Die dazugehörigen Messungen erfolgen bereits ab der Gefahrenstufe 2 mindestens alle zwei Stunden. Sobald die Gefahrenstufe 3 erreicht ist, sind die Messungen mindestens stündlich vorzunehmen. Ab Gefahrenstufe 4 sind die Messungen halbstündlich bis viertelstündlich durchzuführen. Bei kleineren Stauhaltungen, welche auf Unwetter schnell reagieren, müssen diese Werte häufiger aufgenommen werden.

Die Messungen des Wasserstandes und der Steiggeschwindigkeit des Wasserspiegels sind zu protokollieren (Beispiel siehe Tabellen 1a und 1b). Das Protokoll gemäss Tabelle 1 sowie das Schwellenwertdiagramm für die Überwachung gemäss Abbildung 1 sind Bestandteile des Einsatzdossiers.

Tabelle 1a: Beispiel einer Tabelle für die Erfassung des Wasserstandes und die Ermittlung der Geschwindigkeit des Wasserspiegelanstiegs. Fall ohne Entlastung über Turbinen oder dergleichen bzw. ohne Ausfallgefahr.

| Datum | Zeit | Δt [Std.] | h [m.ü.M.] | Δh [m] | $v_1 = \Delta h / \Delta t$ [m/Std] |
|---|------|----------------------|-----------------|-------------------|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Keine Entlastung über Turbinen oder dergleiche bzw. ohne deren Ausfallgefahr. | | | | | |

Tabelle 1b: Beispiel einer Tabelle für die Erfassung des Wasserstandes und die Ermittlung der Geschwindigkeit des Wasserspiegelanstiegs. Fall mit Entlastung über Turbinen oder dergleichen, für welche eine Ausfallgefahr besteht.

| Datum | Zeit | Δt [Std.] | h [m.ü.M.] | Δh [m] | $v_1 = \Delta h / \Delta t$ [m/Std] | Q_{Abf} [m ³ /s] | A [km ²] | $v_2 = 0.0036 \cdot Q_{Abf} / A$ [m/Std] | $v = v_1 + v_2$ [m/Std] |
|---|------|----------------------|-----------------|-------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Entlastung Q_{Abf} über Turbinen oder dergleichen (Ablässe, Pumpen, aktive Hochwasserentlastung) für welche eine Ausfallgefahr besteht. | | | | | | | | | |