

* Hoch- u. Tiefbau * Industriebau * Wasserbau * Statik * Wasserkraftanlagen *

Ingenieurbüro Ederer, Hauptstraße 7, 92699 Bechtsrieth

n_1 Regelung

Seite: 1

**ANTRAG AUF BEWILLIGUNG NACH § 10 UND § 14 WHG FÜR DIE GEWÄSSER-
BENUTZUNG NACH § 9 Abs. 1 Nr. 1,2 UND 4 WHG SOWIE PLANFESTSTELLUNG
NACH § 68 Abs. 2 Satz 1 WHG**

Bezüglich dem sog. Havariefall beim Bemessungshochwasserabfluss von $HQ_{100} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt sich keine Veränderung der Wasserspiegellagen, da das Schlauchwehr im Havariefall ohne jegliche Hilfsenergie abgesenkt wird.

Nach DVWK-Merkblatt 216/1990 ergibt sich folgende allgemeine Bedingung:



**DVWK-Merkblatt 216/1990
Betrachtung zur (n - 1)-Bedingung an Wehren**

**DK 627.43
Wehrbau**

**DK .001.2
Bemessung**

ISBN 3-935067-63-1

1.1 Die (n – 1)-Bedingung

Bereits in der älteren Fachliteratur ist die sog. (n – 1)-Bedingung meist in irgendeiner Form angesprochen. Erwähnt seien u. a. BÖSS (1955), DEHNERT (1952), PRESS (1954), SCHOKLITSCH (1952). Präzisiert wurde sie dann in der einschlägigen Norm DIN 19 700, Blatt 2, der Jahre 1954 und 1969. Im wesentlichen besagt sie, daß Wehre mit beweglichen Verschlüssen im allgemeinen so bemessen werden müssen, daß der Bemessungshochwasserabfluß auch bei Ausfall eines Wehrfeldes schadlos abgeführt werden kann. Dabei darf der Oberwasserspiegel bis zum festgelegten höchsten Stauziel ansteigen.

1.2 Bemessungshochwasserabfluß

Generell ist dem Bemessungshochwasserzufluß die Wiederholungszeitspanne (Jährlichkeit) T_n zugeordnet. Subtrahiert man davon die Wirkung einer Retention, so ergibt sich der Bemessungshochwasserabfluß. Bei den Stauraumgrößen von Staustufen (Wehren) spielt die Retention meist keine Rolle, so daß in aller Regel der Bemessungshochwasserzufluß dem Bemessungshochwasserabfluß gleichgesetzt werden kann.

$$HQ_{bz} = HQ_{ba} = HQ_b$$

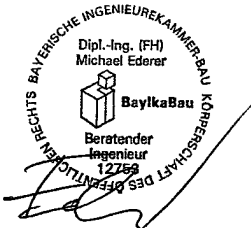
Der Nachweis über die Einhaltung der $(n - 1)$ -Bedingung ist immer für den Bemessungshochwasserabfluß zu führen, der bei Staustufen (Wehren) im allgemeinen mit einer Jährlichkeit von 100 a anzunehmen ist. Wird wohlbegründet eine größere Jährlichkeit

Der Lastfall „Havarie“ mit geschlossener Bypassklappe ist ebenfalls nicht maßgeglichen. Da die geplante Stauklappe sich bei entsprechender technischer Ausrüstung problemlos ohne Fremdenergie öffnen läßt und den Abflussquerschnitt im Havariefall automatisch frei gibt.

Grundsätzlich gilt gemäß DIN 19700 die $(n-1)$ Bedingung „im Allgemeinen“. Das heißt aber ebenso, dass in begründeten Fällen von dieser Bedingung auch abgewichen werden darf, siehe dazu auch Erläuterungen im DVWK-Merkblatt 216/1990.

Im Merkblatt werden für die bei $(n-1)$ Bedingung relevanten Störfälle solche Verschlüsse genannt, die mit Fremdenergie zu öffnen sind. Ein Schlauchwehr und eine Stauklappe funktioniert im Prinzip wie eine Aufsatzklappe und wird beispielsweise, siehe Seite 24 des Merkblattes, explizit ausgenommen, da sie sich ohne Fremdenergie allein durch den anstehenden Wasserdruck öffnen lässt. Eine Stauklappe anstelle einer Schlauchwehranlage wäre somit ebenfalls umsetzbar. Vorteil einer Stauklappe wäre ein etwas größerer Abflussquerschnitt, da die „Anschrägung“ an den Werhwangen wegfallen würde.

Bechtsrieth 07.12.2018



Dipl.-Ing. FH
Michael Ederer
Beratender Ingenieur

* Hoch- u. Tiefbau * Industriebau * Wasserbau * Statik * Wasserkraftanlagen *

Ingenieurbüro Ederer, Hauptstraße 7, 92699 Bechtsrieth

n_1 Regelung

Seite: 3

Anlagen: Auszug DVWK-Merkblatt 216/1990



DVWK-Merkblatt 216/1990

Betrachtung zur (n - 1)-Bedingung an Wehren

DK 627.43

Wehrbau

DK .001.2

Bemessung

ISBN 3-935067-63-1

Verantwortlicher Herausgeber:

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Gluckstraße 2,
D-5300 Bonn

bearbeitet vom DVWK-Fachausschuß „Wehre“

Benutzerhinweis für die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“

Die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ sind das fachgerechte Ergebnis ehrenamtlicher technisch-wissenschaftlicher Gemeinschaftsarbeit und stehen jedermann zur Anwendung frei. Die in den Merkblättern veröffentlichten Empfehlungen stellen einen Maßstab für einwandfreies technisches Verhalten dar und sind somit eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechtes Verhalten im Normalfall. Die Merkblätter können jedoch nicht alle Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können. Durch das Anwenden der „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insofern auf eigene Gefahr.

VORWORT

Bei der Stauregelung eines Fließgewässers, also beim Ausbau durch Anordnung von Staustufen, kommt der ausreichenden hydraulischen Leistungsfähigkeit der Wehre und – bei beweglichen

Wehren – der Betriebssicherheit der Verschlüsse besondere Bedeutung zu. Beiden Anforderungen wird durch DIN 19 700, Teile 10 und 13, Jan. 1986, Rechnung getragen. Der Bemessungshochwasserabfluß, die $(n - 1)$ -Bedingung und der Freibord sind hier die für die Sicherheit einer Staustufe bedeutendsten Bemessungsgrundlagen; sie beruhen, wie viele Sicherheitskriterien, auch auf wahrscheinlichkeitstheoretischen Annahmen.

Die Ermittlung des Bemessungshochwasserabflusses – für Staustufen (Wehre) i. d. R. das HQ_{100} – beruht meist auf relativ kurzen Beobachtungsreihen brauchbarer Meßwerte. Deshalb sollte dieser Bemessungsabfluß nicht so sehr als ein exakter Zahlenwert, sondern eher als eine in etwa zutreffende Größe betrachtet werden. Nicht nur die Kürze des Beobachtungszeitraumes, sondern auch die zugrunde gelegten Berechnungsverfahren beeinflussen den Wert des anzusetzenden Hochwassers. Aber auch die Fortführung der Beobachtungsreihen wird immer wieder zu veränderten Ergebnissen für den Bemessungshochwasserabfluß führen. Ebenso können sich Abflußveränderungen im Einzugsgebiet auf die Hochwasserverhältnisse auswirken.

Grundsätzlich kann natürlich auch nicht ausgeschlossen werden, daß während der Nutzungsdauer des Wehres ein noch größeres Hochwasserereignis als der Bemessungsabfluß auftritt. Für Neubauten werden Empfehlungen gegeben, die solche Extremsituationen berücksichtigen.

Nach der $(n - 1)$ -Bedingung muß der Bemessungshochwasserabfluß durch $(n - 1)$ Wehrfelder abgeführt werden können. Hier geht die weitere wahrscheinlichkeitstheoretische Annahme ein, daß die Gleichzeitigkeit des Ausfalls mehrerer Wehrfelder nicht in Betracht gezogen wird. Insofern beruht die $(n - 1)$ -Bedingung auf zwei miteinander verknüpften Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen.

Mit dieser Ausarbeitung ist nicht beabsichtigt, den bewährten Grundsatz der normgemäßen $(n - 1)$ -Bedingung in Frage zu stellen. Vielmehr soll deren weitreichende Bedeutung für die Planung eines Wehres, z. B. für die Festlegung der Felderzahl, herausgestellt werden. Darüber hinaus wird der wachsenden Sensibilität der Öffentlichkeit gegenüber technischen Anlagen und dem hiermit verbundenen allgemein erhöhten Sicherheitsbedürfnis Rechnung getragen. Diese Tendenz findet in allen aktuellen Regelwerken ihren Niederschlag. Es werden Empfehlungen gegeben, die nicht nur Neuplanungen betreffen, sondern auch für ältere Wehre anwendbar sind, die die $(n - 1)$ -Bedingung nicht ohne weiteres erfüllen, um hier einen der $(n - 1)$ -Bedingung gleichwertigen Sicherheitszustand zu erreichen.

Gerade bei solchen älteren Anlagen muß mit größter Verantwortlichkeit abgewogen werden, ob man in Sonderfällen auf die exakte Einhaltung der $(n - 1)$ -Forderung verzichten kann. Sinn des vorliegenden Regelwerkes soll es aber keineswegs sein, Wehranlagen, die ein Sicherheitsrisiko darstellen, durch eine angepaßte Wahl von Ausfallwerten „gesundrechnen“ zu wollen.

Die Bearbeiter haben sich auch bemüht, vergleichbare Regelungen in anderen europäischen Ländern zu eruieren und gegebenenfalls in ihre Überlegungen einfließen zu

lassen. Ein solches Bemühen war nicht von Erfolg gekrönt, da über die in der DIN 19 700 definierte $(n - 1)$ -Bedingung hinausgehende Vorstellungen nicht gefunden werden konnten. Von Interesse war allenfalls die Feststellung, daß in der DDR eine $(n - 1)$ -Bedingung nur dann vorgeschrieben ist, wenn es sich um Wehrverschlüsse handelt, die nicht alleine aus dem Wasserdruck, sondern nur mit Fremdenergie öffnen (vgl. DDR-Fachbereichsstandard (1974)).

Abschließend sei noch deutlich darauf hingewiesen, daß die in diesem Regelwerk enthaltenen Vorschläge für mitteleuropäische Verhältnisse, also für Wehre mit maximal etwa sechs Feldern gedacht sind. Es wird jedoch kurz darauf eingegangen, wie ein Ausfallkriterium bei wesentlich mehr Feldern aussehen könnte und wie die hier getroffenen Regelungen sinngemäß darauf zu übertragen wären.

Das vorliegende Merkblatt soll Hilfestellungen insbesondere bei der Beurteilung älterer Anlagen geben und einen Beitrag zur wirklichkeitsnäheren Einschätzung der Sicherheit von Staufstufen liefern. Sollte das Merkblatt auch von der Praxis als hilfreich empfunden werden, so könnte es richtungsweisend dafür sein, wie später in einer neuen Norm die derzeit doch recht starre $(n - 1)$ -Regelung auch bei Neubauten flexibler gestaltbar wäre.

Dieses Merkblatt wurde erarbeitet vom Fachausschuß 2.3 „Wehre“ des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK) mit seinen Mitgliedern:

Carl, L.	Dipl.-Ing., Technischer Direktor, Innwerke AG, Töging/Inn
Donau, H.	Dipl.-Ing., Ltd. Baudirektor, Wasser- und Schiffahrtsdirektion Südwest, Mainz (Stellv. Obmann)
Häusler, E.	Univ. Prof. Dr.-Ing., Technische Universität München, Wasserbau und Wassermengenwirtschaft (Obmann)
Heyenbrock, W.	Dipl.-Ing., Ministerialrat, Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, München
Hillenbrand, G.	Dipl.-Ing., Lech-Elektrizitätswerke AG, Augsburg
Kranich, L.	Dipl.-Ing., Betriebsleiter, Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG, Albbruck
Schiechtl, H.	Dipl.-Ing., Vorstandsmitglied, Bayerische Wasserkraftwerke AG, München
Seidel, H.P.	Dipl.-Ing., Vorstandsmitglied, Rhein-Main-Donau AG, München

Stöhr, E.	Dipl.-Ing., Abteilungsleiter, Ruhrtalsperrenverein, Essen
und seinen Gästen:	
Csallner, K.	Dr.-Ing., Akad. Direktor, Technische Universität München, Wasserbau und Wassermengenwirtschaft
Herboth, W.	Dipl.-Ing., Regierungsbaumeister, Rhein-Main-Donau AG, München
Kalenda, R.	Dipl.-Ing., Technische Universität München, Wasserbau und Wassermengenwirtschaft
Rapp, R.	Dr.-Ing., Prokurist, Bayerische Wasserkraftwerke AG, München
München/Mainz, im November 1989	Häusler/Donau

1 Allgemeines

1.1 Die (n – 1)-Bedingung

Bereits in der älteren Fachliteratur ist die sog. (n – 1)-Bedingung meist in irgendeiner Form angesprochen. Erwähnt seien u. a. BÖSS (1955), DEHNERT (1952), PRESS (1954), SCHOKLITSCH (1952). Präzisiert wurde sie dann in der einschlägigen Norm DIN 19 700, Blatt 2, der Jahre 1954 und 1969. Im wesentlichen besagt sie, daß Wehre mit beweglichen Verschlüssen im allgemeinen so bemessen werden müssen, daß der Bemessungshochwasserabfluß auch bei Ausfall eines Wehrfeldes schadlos abgeführt werden kann. Dabei darf der Oberwasserspiegel bis zum festgelegten höchsten Stauziel ansteigen.

Formel(1)

Detaillierte Aussagen finden sich wohl erstmalig in der neuen DIN 19 700, Teil 13, Jan. 1986, wobei diese insbesondere auf die Behandlung bei ungleichen Wehrfeldern und gegebenenfalls auf die gleichzeitige Heranziehung von Schleusen zur Hochwasserabfuhr eingeht. Vgl. hierzu auch KUHN (1985) und PARTENSCKY (1986). Sie äußert sich auch zur Frage von seitlichen Entlastungen vor einem Wehr und zur bisher nicht präzisierten Handhabung der (n – 1)-Bedingung bei Staubalkenwehren. Ferner wird erwähnt, unter welchen Gegebenheiten bei kleinen, einfeldrigen Wehren ausnahmsweise auf die (n – 1)-Bedingung verzichtet werden kann.

Die (n – 1)-Bedingung gilt „im allgemeinen“, was besagt, daß in begründeten Fällen von dieser Regel auch abgewichen werden darf. Hierbei kann sowohl eine Erhöhung als auch

eine Abminderung der $(n - 1)$ -Forderung in Betracht kommen. Natürlich wird man bei der Neuplanung eines Wehres in aller Regel die $(n - 1)$ -Bedingung entsprechend der DIN 19 700, Teil 13, Jan. 1986, einhalten.

Es sei bereits hier erwähnt, daß einige ältere Anlagen die $(n - 1)$ -Bedingung nicht erfüllen und trotzdem seit Jahrzehnten problemlos arbeiten. Die Nichterfüllung der heutigen $(n - 1)$ -Bedingung liegt im wesentlichen in zwei Punkten begründet. Zum einen existierte diese Forderung zum Zeitpunkt der Wehrrichtung noch gar nicht, zum anderen haben sich vielfach die Bemessungshochwasserabflüsse aufgrund neuerer hydrologischer Erkenntnisse nicht unwesentlich erhöht.

Sinn der nachfolgenden Ausarbeitung ist es auch, für solche bestehenden, bisher einwandfrei arbeitenden, jedoch der $(n - 1)$ -Bedingung rechnerisch nicht gerecht werdenden Anlagen Überprüfungskriterien aufzustellen, die die Entscheidung darüber erleichtern sollen, ob ein Wehr baulich erweitert oder ertüchtigt werden muß oder auch in seinem jetzigen Zustand unverändert weiterbetrieben werden kann.

Darüber hinaus soll dieses Merkblatt eine vertiefte Interpretation der im Detail doch etwas komplexen $(n - 1)$ -Betrachtung bringen. Hier spielen Fragen der Revision eines Wehrfeldes, eines eventuell auftretenden Störfalles und eines großen Hochwasserabflusses, insbesondere in ihrem möglichen gleichzeitigen Auftreten, eine entscheidende Rolle, worauf in der DIN 19 700 nicht weiter eingegangen wird. Bei der Behandlung dieser Problematik ergeben sich stets Überlegungen zur Gleichzeitigkeit sicherheitsrelevanter Ereignisse.

Das vorliegende Merkblatt befaßt sich aber auch ganz bewußt mit der Frage eines über den Bemessungshochwasserabfluß hinausgehenden Hochwasserereignisses. Es wird ein ergänzender Dimensionierungsvorschlag für neu zu bauende Wehre unterbreitet, der dem gestiegenen Sicherheitsinteresse entsprechend auch größere Abflüsse berücksichtigt (Extremsituation).

1.2 Bemessungshochwasserabfluß

Generell ist dem Bemessungshochwasserzufluß die Wiederholungszeitspanne (Jährlichkeit) T_n zugeordnet. Subtrahiert man davon die Wirkung einer Retention, so ergibt sich der Bemessungshochwasserabfluß. Bei den Stauraumgrößen von Staustufen (Wehren) spielt die Retention meist keine Rolle, so daß in aller Regel der Bemessungshochwasserzufluß dem Bemessungshochwasserabfluß gleichgesetzt werden kann.

$$HQ_{bz} = HQ_{ba} = HQ_b$$

Der Nachweis über die Einhaltung der $(n - 1)$ -Bedingung ist immer für den Bemessungshochwasserabfluß zu führen, der bei Staustufen (Wehren) im allgemeinen mit einer Jährlichkeit von 100 a anzunehmen ist. Wird wohlbegründet eine größere Jährlichkeit



DVWK-Merkblatt 216/1990 **Betrachtung zur (n - 1)-Bedingung an Wehren**

DK 627.43
Wehrbau

DK .001.2
Bemessung

ISBN 3-935067-63-1

Verantwortlicher Herausgeber:

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Glückstraße 2,
D-5300 Bonn

bearbeitet vom DVWK-Fachausschuß „Wehre“

Benutzerhinweis für die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“

Die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ sind das fachgerechte Ergebnis ehrenamtlicher technisch-wissenschaftlicher Gemeinschaftsarbeit und stehen jedermann zur Anwendung frei. Die in den Merkblättern veröffentlichten Empfehlungen stellen einen Maßstab für einwandfreies technisches Verhalten dar und sind somit eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechtes Verhalten im Normalfall. Die Merkblätter können jedoch nicht alle Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können. Durch das Anwenden der „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insofern auf eigene Gefahr.

VORWORT

Bei der Stauregelung eines Fließgewässers, also beim Ausbau durch Anordnung von Staustufen, kommt der ausreichenden hydraulischen Leistungsfähigkeit der Wehre und – bei beweglichen

Copyright GFA, Hennele

[...]

Die Bearbeiter haben sich auch bemüht, vergleichbare Regelungen in anderen europäischen Ländern zu eruieren und gegebenenfalls in ihre Überlegungen einfließen zu

Copyright GFA, Hennef

2

lassen. Ein solches Bemühen war nicht von Erfolg gekrönt, da über die in der DIN 19 700 definierte $(n - 1)$ -Bedingung hinausgehende Vorstellungen nicht gefunden werden konnten. Von Interesse war allenfalls die Feststellung, daß in der DDR eine $(n - 1)$ -Bedingung nur dann vorgeschrieben ist, wenn es sich um Wehrverschlüsse handelt, die nicht alleine aus dem Wasserdruck, sondern nur mit Fremdenergie öffnen (vgl. DDR-Fachbereichsstandard (1974)).

Abschließend sei noch deutlich darauf hingewiesen, daß die in diesem Regelwerk enthaltenen Vorschläge für mitteleuropäische Verhältnisse, also für Wehre mit maximal etwa sechs Feldern gedacht sind. Es wird jedoch kurz darauf eingegangen, wie ein Ausfallkriterium bei wesentlich mehr Feldern aussehen könnte und wie die hier getroffenen Regelungen sinngemäß darauf zu übertragen wären.

Das vorliegende Merkblatt soll Hilfestellungen insbesondere bei der Beurteilung älterer Anlagen geben und einen Beitrag zur wirklichkeitsnäheren Einschätzung der Sicherheit von Staustufen liefern. Sollte das Merkblatt auch von der Praxis als hilfreich empfunden werden, so könnte es richtungsweisend dafür sein, wie später in einer neuen Norm die derzeit doch recht starre $(n - 1)$ -Regelung auch bei Neubauten flexibler gestaltbar wäre.

[...]

Detaillierte Aussagen finden sich wohl erstmalig in der neuen DIN 19 700, Teil 13, Jan. 1986, wobei diese insbesondere auf die Behandlung bei ungleichen Wehrfeldern und gegebenenfalls auf die gleichzeitige Heranziehung von Schleusen zur Hochwasserabfuhr eingeht. Vgl. hierzu auch KUHN (1985) und PARTENSCKY (1986). Sie äußert sich auch zur Frage von seitlichen Entlastungen vor einem Wehr und zur bisher nicht präzisierten Handhabung der $(n - 1)$ -Bedingung bei Staubalkenwehren. Ferner wird erwähnt, unter welchen Gegebenheiten bei kleinen, einfeldrigen Wehren ausnahmsweise auf die $(n - 1)$ -Bedingung verzichtet werden kann.

Die $(n - 1)$ -Bedingung gilt „im allgemeinen“, was besagt, daß in begründeten Fällen von dieser Regel auch abgewichen werden darf. Hierbei kann sowohl eine Erhöhung als auch

Copyright GFA, Hennef

4

eine Abminderung der $(n - 1)$ -Forderung in Betracht kommen. Natürlich wird man bei der Neuplanung eines Wehres in aller Regel die $(n - 1)$ -Bedingung entsprechend der DIN 19 700, Teil 13, Jan. 1986, einhalten.

(2 a) erübrigen.

- Nachdem der pauschale Nachweis (2 b) hier nicht erfüllt werden kann, ist jetzt zu zeigen, daß der Bemessungshochwasserabfluß unter den anzusetzenden an lagenspezifischen Ausfallwerten bei Inanspruchnahme des Sicherheitszuschlages abgeführt werden kann.

$$HQ_b \cdot (n - a_R - a_s) B_F ; \nabla OW \leq \nabla Z_B + h_{Si} \quad (2 a)$$

Zum Revisionsfall:

Geplant sind schwere Revisionsverschlüsse ohne stationäres Hebezeug, die Vorwarnzeit muß als kurz beurteilt werden. Dementsprechend ist der Ausfallwert für den Revisionsfall voll anzusetzen, d. h.

$$a_R = 1,0$$

Zum Störfall:

Die Aufsatzklappen können ohne Fremdenergie geöffnet werden; deshalb muß nur der untere Verschuß (Segment) eines Feldes als ausgefallen (verschlossen) unterstellt werden.

Die Geschwindigkeitshöhe des Oberwassers beträgt unverändert 0,56 m, ebenso bleibt der Rückstau einfluß auf die Schwelle in gleicher Größe mit $c_s = 1,00$ erhalten. Der Rückstau einwert auf die Stauklappe folgt zu

$$\frac{h_{Ri}}{h_i} = \frac{1,80}{4,10} = 0,44 \rightarrow c_i = 1,00$$

Auch für die ganz gelegte Stauklappe tritt jetzt kein Rückstau einfluß auf!

Der Ausfallwert für den Störfall ergibt sich unter Bezugnahme auf Punkt 4.2.2, Ziffer 5 und Bild 6 mit $h_{E0} = 4,66$ m und $h_{E0} = 11,86$ m zu

$$a_s = 1 - \frac{\mu_a}{\mu_s} \cdot \frac{c_a}{c_s} \cdot \frac{B_a}{B_F} \cdot \left(\frac{h_{Ea}}{h_{E0}} \right)^{3/2}$$

$$a_s = 1 - \frac{0,75}{0,57} \cdot \frac{1,00}{1,00} \cdot \frac{21,00}{24,00} \cdot \left(\frac{4,66}{11,86} \right)^{3/2} = 0,72$$

Möglicher Gesamtabfluß:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0,57 \cdot 1,00 \cdot \sqrt{2g} \cdot (5 - 1 - 0,72) \cdot 24,00 \cdot (11,30 + 0,56)^{3/2}$$

$$= 5413 \text{ m}^3/\text{s} < HQ_b = 5600 \text{ m}^3/\text{s}$$