



lebensministerium.at

# Mindestanforderungen an den Stauanlagenverantwortlichen von „Kleinen Stauanlagen“

FASSUNG 12/2009





lebensministerium.at

# **Mindestanforderungen an den Stauanlagenverantwortlichen von “Kleinen Stauanlagen”**

Umwelt und Wasserwirtschaft

Österreichische Staubeckenkommission

## **IMPRESSUM**

### **Medieninhaber und Herausgeber:**

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

**Bildnachweis:** Beschneigungsteich Schafkogel der Hinterstoder-Wurzeralm Bergbahnen AG

## Inhaltsverzeichnis

1.	Zielsetzung und Geltungsbereich.....	5
2.	Sicherheitskonzept.....	6
3.	Anwendung des Leitfadens.....	6
4.	Anforderungen an die Überwachung von kleinen Stauanlagen mit erheblichem Gefährdungspotenzial.....	8
4.1.	Auf der Ebene des Wasserberechtigten.....	8
4.1.1	Bestellung eines Stauanlagenverantwortlichen.....	8
4.1.2	Jährliche Vor-Ort-Überprüfungen.....	8
4.1.3	Besondere Vorkommnisse .....	8
4.1.4	Berichterstattung.....	9
4.1.5	Stauanlagenbuch .....	9
4.1.6	Melde- und Alarmplan .....	10
4.2.	Auf der Ebene der zuständigen Behörde .....	10
4.3.	Anforderungsprofil des STV .....	10
4.3.1	Qualifikation .....	10
4.3.2	Erreichbarkeit.....	12
4.3.3	Anordnungsbefugnisse .....	12
4.4.	Inhalt der Jahresberichte.....	12
4.5.	Inhalt der Überwachungsberichte.....	13
5.	Anforderungen an die Überwachung von kleinen Stauanlagen mit geringem Gefährdungspotenzial .....	13
5.1.	Auf der Ebene des Wasserberechtigten.....	13
5.2.	Auf der Ebene der zuständigen Behörde .....	14

5.3.	Anforderungsprofil des STV .....	14
5.3.1	Qualifikation .....	14
5.3.2	Anordnungsbefugnisse .....	14
5.4.	Inhalt der Jahresberichte.....	14
6.	Literatur.....	15

## **Anhänge:**

### **Anhang 1**

„Dambruchberechnung nach Broich“: Verfahren und Bemessungsgrundlagen;  
zusammengestellt vom Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, TU Wien  
2009

### **Anhang 2**

NÖ-Leitfaden

„Überwachung kleiner Staudämme – Flutwellenabschätzung“ - Anhang B  
2001

### **Anhang 3**

Schweizer Bundesamt für Energie (BFE) „Die Beurteilung der besonderen Gefahr  
mit vereinfachten Flutwellenberechnungen“  
2003

### **Anhang 4**

„Zuordnungsmatrix zu Gefährdungsklassen“

Dipl.-Ing. Dr. Alois Vigl, MR Dipl.-Ing. Helmut Czerny  
2008

## 1. Zielsetzung und Geltungsbereich

Da auch kleine Stauanlagen mit einer Höhe über Gründungssohle  $H < 15$  m und einem Stauinhalt  $I < 500.000$  m<sup>3</sup> ein Gefährdungspotenzial darstellen können, soll der gegenständliche Leitfaden auch für diese kleinen Stauanlagen eine entsprechende Überwachung sicherstellen, damit ein Versagen nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen werden kann.

Für die Größe des Gefährdungspotenzials sind u.a. (als Einzelmerkmal oder in Kombination mit anderen Kriterien) maßgebend:

- Stauhöhe und Stauinhalt, im Zusammenhang mit den geologischen und topographischen Verhältnissen
- Neigung des Geländes im Abflussbereich
- Nähe zu Wohnobjekten oder Arbeitsstätten, Verkehrswegen, Versorgungseinrichtungen (Wasser, Energie, Kommunikation), Sicherheitseinrichtungen (Feuerwehr, Spitäler, etc)

Als Schadenswirkungen kommen im Wesentlichen Überflutung und Erosion in Betracht, mit sekundären Wirkungen wie Rutschungen, Muren, Lawinen.

Betroffen sind grundsätzlich alle Stauanlagentypen – Wehre und Speicherbecken – und alle Nutzungsarten wie z.B.: Energiegewinnung, Hochwasserrückhalt, Beschneidung, Fischzucht, Sedimentation („Schlammteiche“).

Ausgenommen sind Stauanlagen, die dem vorübergehenden oder permanenten Rückhalt von Feststoffen (Geschiebe, Muren, Wildholz) und der Energieumwandlung in Wildbächen und Lawenstrichen dienen, da bezüglich Betrieb, Überwachung, Instandhaltung und Sanierung von Schutzbauwerken der Wildbach- und Lawinverbauung derzeit zwei ON Regelwerke ONR 24805 und 24807 in Ausarbeitung sind.

## **2. Sicherheitskonzept**

Im Interesse der Sicherheit müssen

- Bemessung, Entwurf und Errichtung der Anlagen dem Stand der Technik entsprechen,
- Zustand und Verhalten der Bauwerke im Betrieb laufend überwacht werden, um bei Bedarf rechtzeitig Maßnahmen zur Instandhaltung oder Nachrüstung zu treffen,
- Pläne mit Maßnahmen für einen Notfall erstellt und laufend aktualisiert werden.

Obwohl die Hauptverantwortung für die Sicherheit der Anlage beim Wasserberechtigten liegt (1. Ebene), darf auf unabhängige Überprüfungen oder zumindest Kontrollen durch eine zweite Ebene (Behörde) nicht verzichtet werden (Mehr Ebenen-Prinzip).

## **3. Anwendung des Leitfadens**

Die Mindestanforderungen, die ein Stauanlagenverantwortlicher erfüllen muss, sind jedenfalls abhängig von dem Gefährdungspotential der von ihm zu überwachenden Anlage (höhere Anforderungen, höhere Qualifikationen bei Anlagen mit erheblichem Gefährdungspotential).

Für die Zuordnung der Speicheranlagen zu Gefährdungsklassen ist eine Flutwellenabschätzung erforderlich.

Gemäß NÖ-Leitfaden kann die Zeit der Breschenausbildung und die Größe der Auslaufwelle nach dem „Verfahren nach Fröhlich“ abgeschätzt werden, es sind aber auch andere Verfahren zur Abschätzung des Spitzenabflusses angegeben.

Die angegebenen Verfahren gehen davon aus, dass das Dammbauwerk bis zur maximalen Wassertiefe bzw. zur Gründungssohle abgetragen wird, die Materialkennwerte des Dammkörpers und die geringeren Schleppspannungen bei

abgesunkenem Stauspiegel bleiben dabei unberücksichtigt. Somit ergeben die Berechnungen nach Fröhlich und die anderen empirischen Methoden eher größere Werte der Ausflussswelle.

Von der Breschenform her könnte das Verfahren nach Fröhlich auch den Endzustand eines Versagens aufgrund eines „Piping“-Effektes auf tiefem Niveau darstellen.

Eine neuere Entwicklung zur Ermittlung der Ausflussswelle (progressive Breschenbildung) stellt das „Verfahren nach Broich“ dar (zusammengestellt durch TU Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, 2009, siehe Anhang 1), das auch die Materialkennwerte des Dammschüttmaterials und eine maximale Breschentiefe, unabhängig von der Stauhöhe berücksichtigt und somit realitätsnähere Ergebnisse liefert.

Die Abschätzung der Abflussswelle unterhalb des Speichers kann mit einer eindimensionalen Ausbreitungsberechnung (z.B. HEC-RAS, etc.) oder gemäß der Vorgangsweise des Schweizer Bundesamtes für Energie - BFE (vormals Bundesamt für Wasser und Geologie - BWG) „Die Beurteilung der besonderen Gefahr mit vereinfachten Flutwellenberechnungen“ (siehe Anhang 3) durchgeführt werden. Für die Abschätzung der Auslaufswelle ist dieses Schweizer Verfahren weniger geeignet, da es von einer spontanen Bresche bis zur Gründungssohle ausgeht und damit sehr hohe Abflusswerte liefert.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieser Abschätzung wird die jeweilige Stauanlage einer bestimmten Gefährdungsklasse zugeordnet bzw. das der Anlage innewohnende Gefährdungspotenzial bestimmt (siehe Anhang 4 zu diesem Leitfaden: „Zuordnungsmatrix zu Gefährdungsklassen“).

Sofern das Gefährdungspotenzial zufolge Bestand und Betrieb der jeweiligen Anlage gemäß des Anhanges „Zuordnung zu Gefährdungsklassen“ als **erheblich** bewertet werden kann, sind bei der Überwachung die unter Pkt. 4 genannten Anforderungen zu erfüllen.

## 4. Anforderungen an die Überwachung von kleinen Stauanlagen mit erheblichem Gefährdungspotenzial

### 4.1. Auf der Ebene des Wasserberechtigten

#### 4.1.1 Bestellung eines Stauanlagenverantwortlichen

Bestellung eines **Stauanlagenverantwortlichen** (nachfolgend **STV** genannt), der für alle der Sicherheit der Anlage dienenden Vorkehrungen und Maßnahmen verantwortlich ist. Dieser muss angemessen qualifiziert, einschlägig erfahren, verlässlich, mit der Anlage gut vertraut und auch innerbetrieblich mit entsprechenden Anordnungsbefugnissen ausgestattet sein.

Der STV (Qualifikation siehe Pkt. 4.3.1) kann

a) zum Personalstand des Wasserberechtigten gehören (**interner STV**)

- oder -

b) als externe, fachlich befugte Person die Sicherheitsaufgaben wahrnehmen (**externer STV**).

Es sind sowohl für Fall a.) als auch für Fall b.) geeignete Stellvertreter (Anzahl, Qualifikation) zu bestellen, sodass eine dauernde Überwachung der Anlage möglich ist. Der zuständigen Behörde ist zur Kenntnis zu bringen, dass die nominierten Personen die unten genannten Anforderungen erfüllen (Anzeige; Ablehnungsrecht der Behörde).

#### 4.1.2 Jährliche Vor-Ort-Überprüfungen

Regelmäßige, mindestens jährliche Vor-Ort-Überprüfungen der gesamten Stauanlage einschließlich der Betriebseinrichtungen durch den STV

#### 4.1.3 Besondere Vorkommnisse

zusätzliche Überprüfungen durch den STV bei besonderen Vorkommnissen



#### 4.1.4 Berichterstattung (Inhalt d. Berichte siehe Pkt. 4.4 und Pkt. 4.5)

- Bei **Betrieben mit *internem STV*** (aus eigenem Personalstand, siehe Pkt. 4.1.1a):
    - Abfassen von *jährlichen Sicherheitsberichten* (nachfolgend **Jahresberichte** genannt). Auf Verlangen sind diese Jahresberichte den Behörden und dem Talsperrenaufsichtsorgan vorzulegen.
    - Mindestens alle fünf Jahre Vorlage von *fünfjährigen Sicherheitsberichten* (nachfolgend **Überwachungsberichte** genannt) an die zuständigen Behörden.
  - Bei **Betrieben mit *externem STV*** (siehe Pkt. 4.1.1 b):
    - Abfassen von **Jahresberichten** durch besonders geschulte betriebseigene Fachleute und umgehende Vorlage an den externen STV. Dieser hat nach eigener Vor-Ort-Überprüfung eine Beurteilung der Stand- und Betriebssicherheit abzugeben
- oder -**
- Abfassen von **Jahresberichten** durch den externen STV selbst (sachverständiges Gutachten). Auf Verlangen sind diese Jahresberichte den Behörden und dem Talsperrenaufsichtsorgan vorzulegen.
  - Mindestens alle fünf Jahre Abfassen von **Überwachungsberichten** nach eigener Überprüfung der Stauanlage und Vorlage an die zuständigen Behörden.

#### 4.1.5 Stauanlagenbuch

Führung eines „Stauanlagenbuches“; das ist die Sammlung und laufende Aktualisierung aller die Anlage betreffenden Unterlagen (Bestandspläne, Bescheide, Überprüfungsergebnisse, Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen, Betriebsordnung, etc.)

#### 4.1.6 Melde- und Alarmplan

Erstellung von Melde- und Alarmplänen für Notfälle in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden. Diese Pläne sind laufend auf dem aktuellen Stand zu halten.

#### 4.2. Auf der Ebene der zuständigen Behörde

- Anzeige der bestellten STV's an die zuständige Behörde (Ablehnungsrecht der Behörde)
- Prüfung und Evidenthaltung der Überwachungsberichte des STV
- Stichprobenweise Überprüfungen vor Ort, jedenfalls in den Fällen, in denen der STV aus dem Personalstand des Wasserberechtigten kommt (*interner STV*)
- Erhaltung von entsprechend qualifizierten Ingenieuren im Personalstand der zuständigen Fachstellen zur Wahrnehmung der Prüfungs- und Kontrollaufgaben

#### 4.3. Anforderungsprofil des STV

##### 4.3.1 Qualifikation

###### **a.) Bei internem STV:**

Von der fachlichen Qualifikation des STV kann ausgegangen werden bei Abschluss eines Master- oder Diplomstudiums an einer

- Technischen Universität, Fachrichtung: Bauingenieurwesen

- **oder** -

- Universität für Bodenkultur, Fachrichtung: Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

- **oder** -

- Institution mit gleichwertiger Qualifikation (z.B. Fachrichtung Wildbach- und Lawinenverbauung an der Universität für Bodenkultur).

Im **Ausnahmefall** kann für den **internen STV** auch ein Abschluss an einer

- Höheren Technischen Lehranstalt, Schwerpunkt: Tiefbau

- **oder** -

- Fachhochschule, Schwerpunkt: Tiefbau

- **oder** -

- Institution mit gleichwertiger Qualifikation (z.B. Bachelor-Abschluss Fachrichtungen Bauwesen bzw. Kulturtechnik und Wasserwirtschaft)

anerkannt werden, wenn **zusätzlich** eine mindestens 3-jährige einschlägige Tätigkeit in Bauausführung und Überwachung von Stauanlagen vorgewiesen werden kann.

#### **b.) Bei externem STV:**

- Einschlägige Ingenieurkonsulenten-Befugnis (Ziv.-Ing./Ziviltechniker)

- **oder** -

- Technische Büros – Ingenieurbüro-Befugnis mit abgeschlossenem, einschlägigem Master- oder Diplomstudium (Bauwesen, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft, Wildbach- und Lawinenverbauung)

Jedenfalls müssen alle STV's von Stauanlagen mit erheblichem Gefährdungspotential (einschließlich ihrer Stellvertreter) die (unter Mitwirkung der ATCOLD) angebotenen, einschlägigen Spezialkurse absolvieren.

Wesentlich ist, dass die STV's einschlägiges Wissen in den folgenden Gebieten aufweisen:

- Grundlagen der Geologie
- Bodenmechanik, Grund- und Felsbau
- Baustatik, Festigkeitslehre, Stahlbetonbau
- Hydraulik (Hydrostatik, Rohr- und Gerinnehydraulik),

sowie einschlägige Erfahrung in Planung, Bau und Betrieb oder Überwachung von gleichwertigen Anlagen nachweisen können.

#### 4.3.2 Erreichbarkeit

Bei Anlagen mit erheblichem Gefährdungspotenzial muss der STV mit der Sicherheitsverantwortung betraut sein. Für diesen STV muss während der Zeit höherer Wasserbelastung der betreffenden Stauanlage eine Ruferrreichbarkeit gegeben sein.

#### 4.3.3 Anordnungsbefugnisse

In Fragen der Sicherheit der Stauanlage bzw. in außergewöhnlichen Situationen muss der STV befugt sein, die für die Sicherheit der Anlage erforderlichen Maßnahmen anzuordnen (Regelung in der Betriebsordnung).

#### 4.4. Inhalt der Jahresberichte

Im Detail wird dazu in Pkt. 3.4 bzw. Pkt. 5 des Handbuchs „Betrieb und Überwachung von kleinen Stauanlagen mit länger dauernden Staabelastungen“ eingegangen.

- Bericht über eigene Vor-Ort-Überprüfungen, Zustand der Anlage, besondere Wahrnehmungen bzw. Vorkommnisse im Berichtszeitraum (Witterung, Baumaßnahmen, Störungen, usw.), regelmäßigen Begehungen und Erprobungen (Betriebseinrichtungen, Messeinrichtungen, Fernüberwachung), Weiterbildungsmaßnahmen von Betreuungspersonal und Verantwortlichen
- Abschließendes Gutachten des STV betreffend Sicherheit der Gesamtanlage (Absperrbauwerk, Sperrenvorland und Speicherumrahmung) und eventuell erforderlicher bzw. beabsichtigter Maßnahmen
- Messwertauftragungen (Tabellen + Grafik)
- Übersichtslageplan mit Messeinrichtungen (mit repräsentativen Schnitten)
- Mess- und Überprüfungsprogramm

#### 4.5. Inhalt der Überwachungsberichte

Im Detail wird dazu in Pkt. 3.4 bzw. Pkt. 6 des Handbuchs „Betrieb und Überwachung von kleinen Stauanlagen mit länger dauernden Staubebelastungen“, eingegangen (Inhalt der Jahresberichte einschließlich zusätzliche Unterlagen).

Diese Anforderungskataloge erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, im Zuge der Einzelfallbeurteilung von Anlagen können auch zusätzliche Punkte aufgenommen werden.

### **5. Anforderungen an die Überwachung von kleinen Stauanlagen mit geringem Gefährdungspotenzial**

Die nachfolgenden Mindestanforderungen gelten für alle Anlagen, die kein erhebliches Gefährdungspotenzial aufweisen (siehe Pkt. 1).

#### 5.1. Auf der Ebene des Wasserberechtigten

- Bestellung einer mit der Planung, dem Bau oder dem Betrieb der Stauanlage einschlägig befassten und für die Stauanlage verantwortlichen Person (STV) und Anzeige an die zuständige Behörde
- Regelmäßige mindestens jährliche Vor-Ort-Überprüfungen der gesamten Stauanlage einschließlich der Betriebseinrichtungen und Abfassen von Jahresberichten durch den STV
- Zusätzliche Überprüfungen bei besonderen Vorkommnissen
- Führung eines „Stauanlagenbuches“, das ist die Sammlung und laufende Aktualisierung aller die Anlage betreffenden Unterlagen (Bestandspläne, Bescheide, Überprüfungsergebnisse, Dokumentation von Instandhaltungsmaßnahmen, Betriebsordnung, etc.)
- Erstellung von Melde- und Alarmplänen für Notfälle (laufende Aktualisierung)

## 5.2. Auf der Ebene der zuständigen Behörde

- Evidenthaltung der genannten, für die Stauanlage verantwortlichen Personen
- Stichprobenweise Überprüfungen vor Ort
- Prüfung von Jahresberichten im Anlassfall

## 5.3. Anforderungsprofil des STV

### 5.3.1 Qualifikation

Mit der Planung, dem Bau oder dem Betrieb der Stauanlage einschlägig befasste Person.

### 5.3.2 Anordnungsbefugnisse

In Fragen der Sicherheit der Stauanlage bzw. in außergewöhnlichen Situationen muss der jeweils genannte STV befugt sein, die für die Sicherheit der Anlage erforderlichen Maßnahmen anzuordnen bzw. vorzunehmen (Regelung in der Betriebsordnung).

## 5.4. Inhalt der Jahresberichte

- Bericht über eigene Vor-Ort-Überprüfungen, Zustand der Anlage, besondere Wahrnehmungen bzw. Vorkommnisse im Berichtszeitraum (Witterung, Baumaßnahmen, Störungen, usw.), regelmäßigen Begehungen und Erprobungen (Betriebseinrichtungen, Messeinrichtungen, Fernüberwachung), Weiterbildungsmaßnahmen von Betreuungspersonal und Verantwortlichen
- Abschließendes Beurteilung des STV betreffend Sicherheit der Gesamtanlage und eventueller erforderlicher bzw. beabsichtigter Maßnahmen
- Messwertauftragungen (Tabellen + Grafik)
- Übersichtslageplan mit Messeinrichtungen (mit repräsentativen Schnitten)
- Mess- und Überprüfungsprogramm

Dieser Anforderungskatalog erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, im Zuge der

Einzelfallbeurteilung von Anlagen können auch zusätzliche Punkte aufgenommen werden.

## **6. Literatur**

[1] Dambruchberechnung nach Broich, zusammengestellt Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, TU Wien, 2009

[2] NÖ-Leitfaden – Überwachung kleiner Staudämme – Flutwellenabschätzung  
Anhang B

[3] Bundesamt für Wasser und Geologie, CH – Die Beurteilung der besonderen Gefahr mit vereinfachten Flutwellenberechnungen (Workshop kleine Talsperren, Vortrag von R.W. Müller – 6.5.2003)

[4] Zuordnungsmatrix zu Gefährdungsklassen  
Dipl.-Ing. Dr. Alois Vigl, MR Dipl.-Ing. Helmut Czerny  
2008

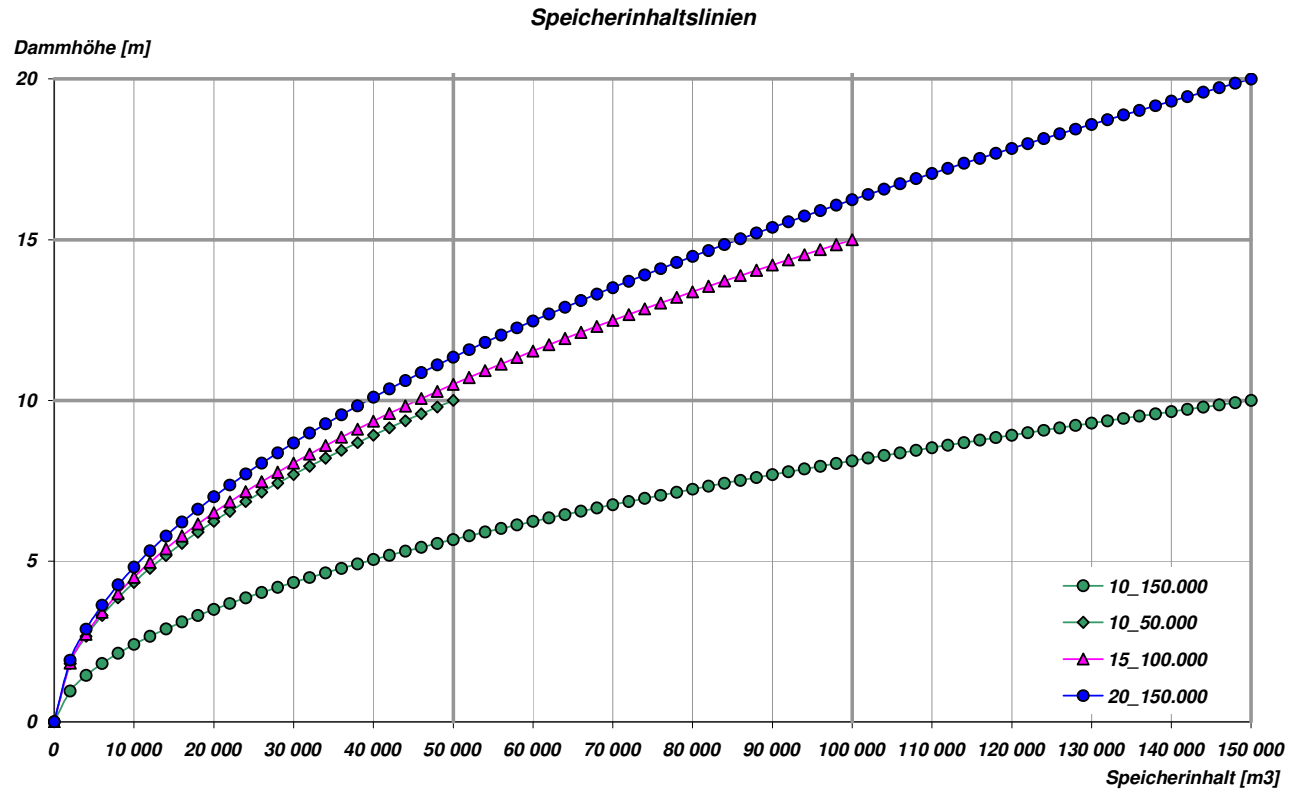
**Berechnung Breschenbildung und Spitzenabfluss nach Broich**

für Speichereinhalten und Dammhöhen

$l = 50.000 \text{ [m}^3\text{]}$  und  $h = 10 \text{ [m]}$

$l = 100.000 \text{ [m}^3\text{]}$  und  $h = 15 \text{ [m]}$

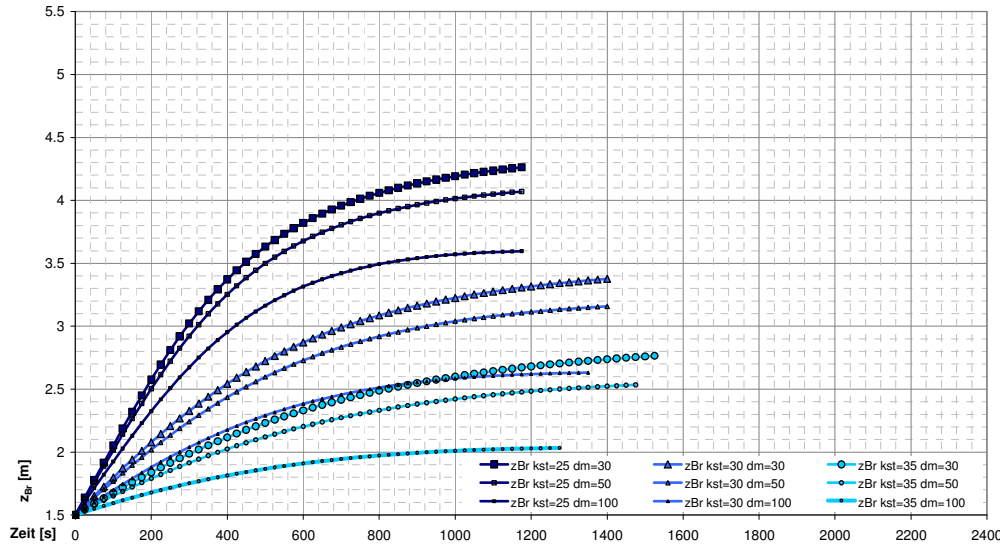
$l = 150.000 \text{ [m}^3\text{]}$  und  $h = 10 \text{ [m]}$  und  $20 \text{ [m]}$



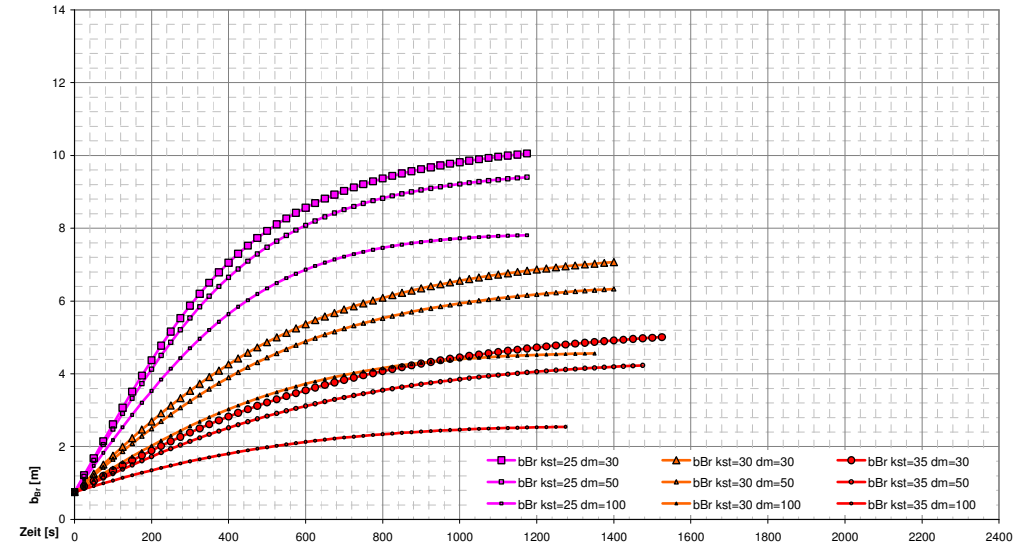


**Dammhöhe 10 [m]**  
**Speicherinhalt 50000 [m<sup>3</sup>]**

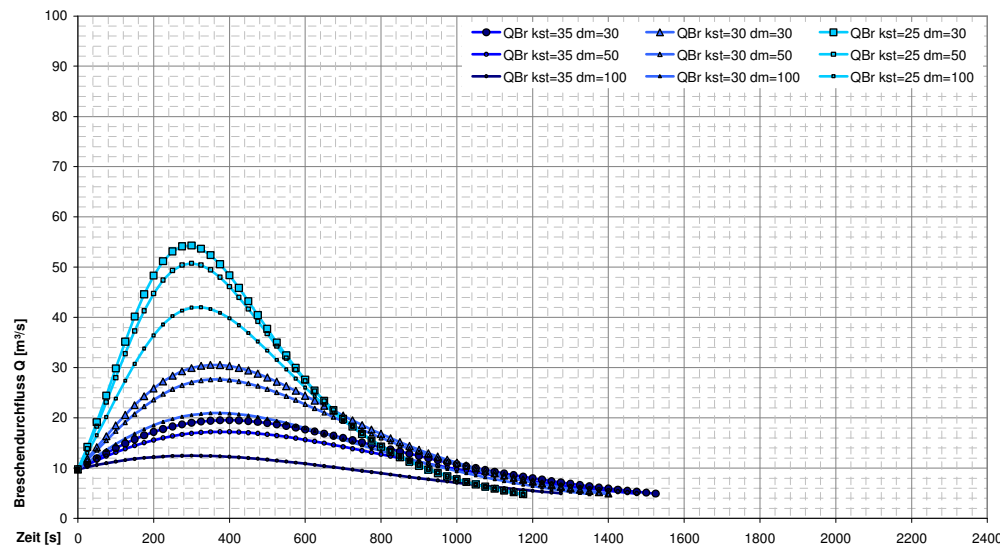
BRESCHENTIEFE  
 Dammhöhe 10 [m] / Speicherinhalt 50000 [m<sup>3</sup>]



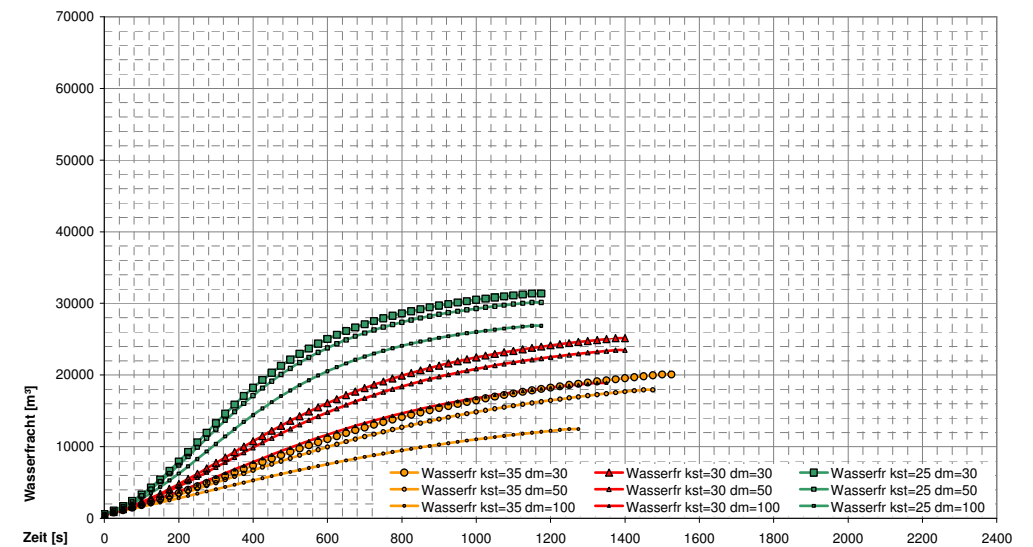
BRESCHENBREITE  
 Dammhöhe 10 [m] / Speicherinhalt 50000 [m<sup>3</sup>]



BRESCHE DURCHFLOSS  
 Dammhöhe 10 [m] / Speicherinhalt 50000 [m<sup>3</sup>]

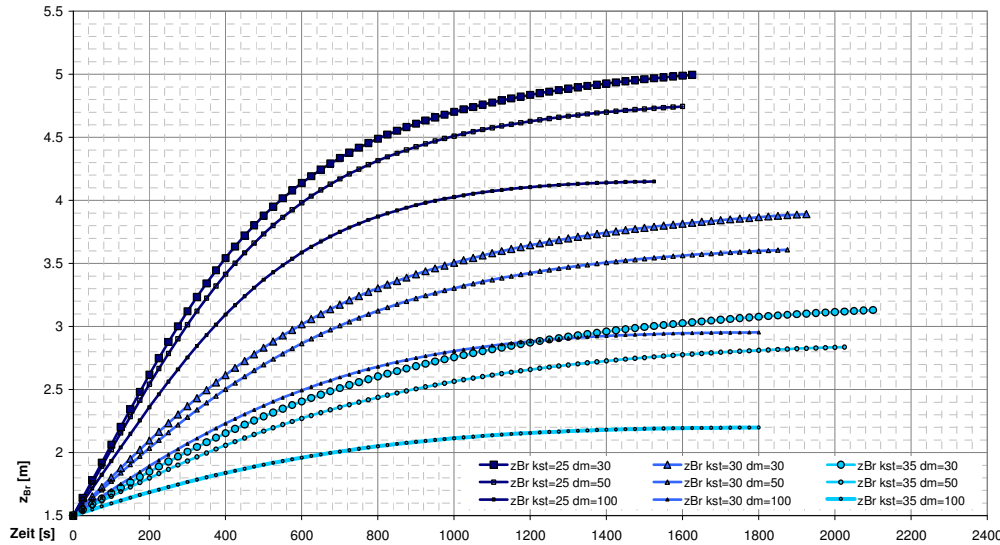


WASSERFRACHT  
 Dammhöhe 10 [m] / Speicherinhalt 50000 [m<sup>3</sup>]

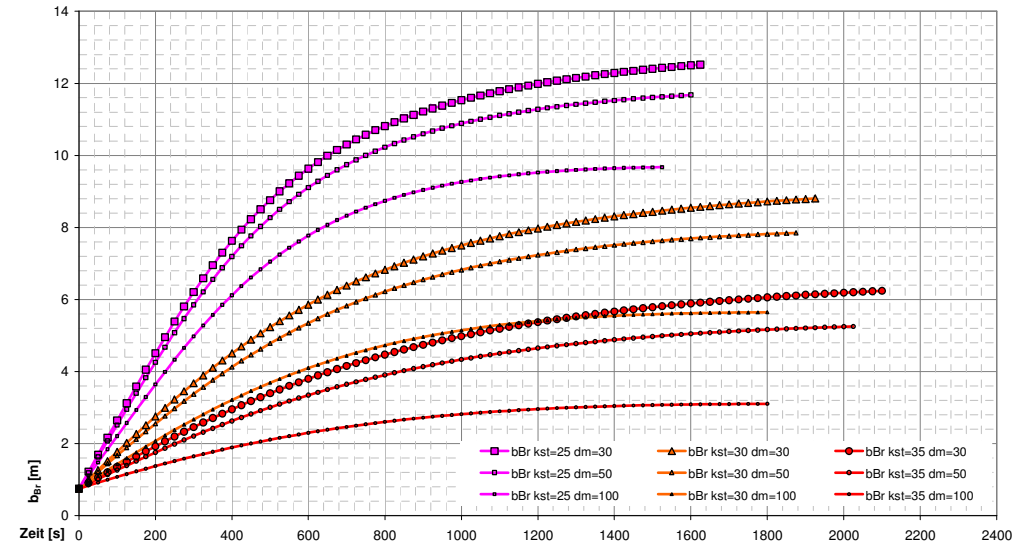


**Dammhöhe 15 [m]**  
**Speicherinhalt 100000 [m<sup>3</sup>]**

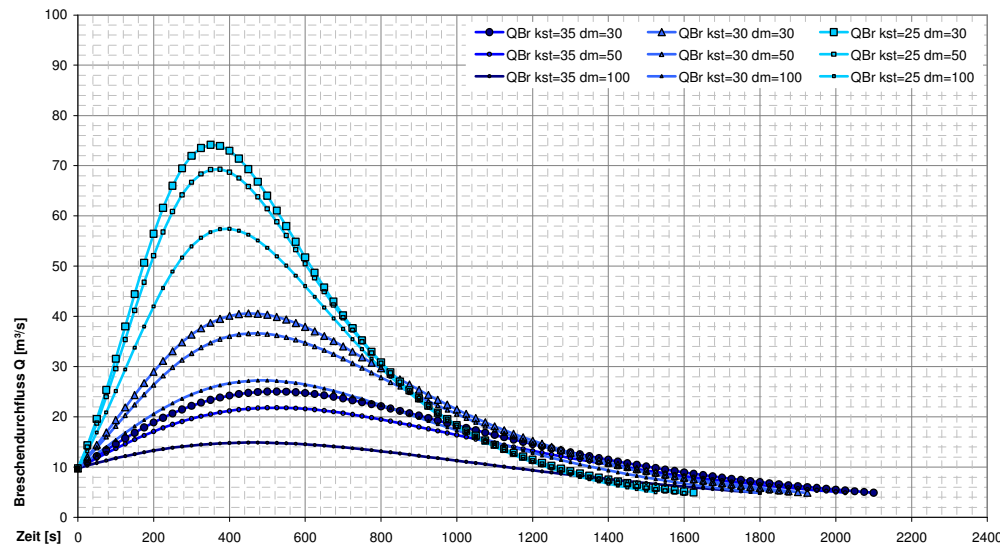
**BRESCHENTIEFE**  
 Dammhöhe 15 [m] / Speicherinhalt 100000 [m<sup>3</sup>]



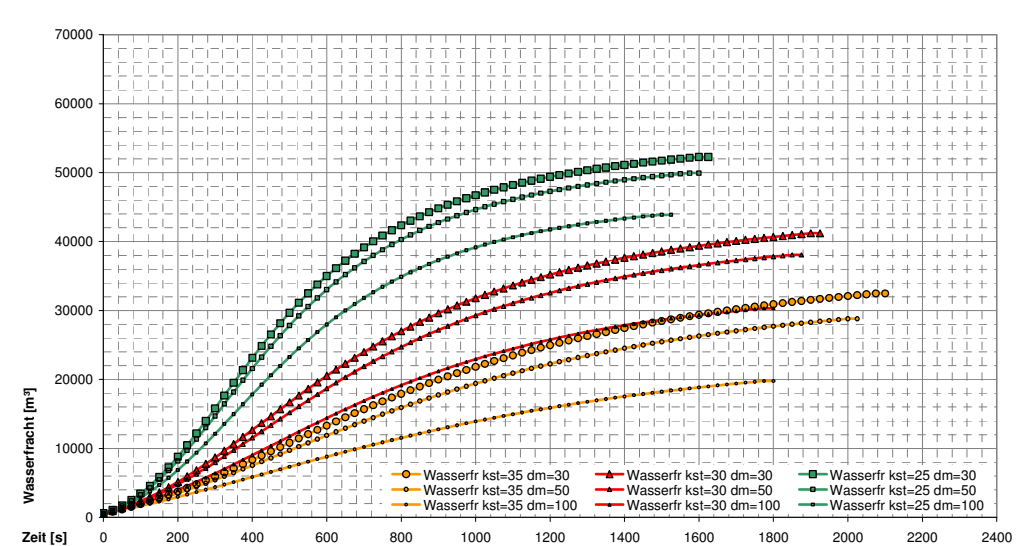
**BRESCHENBREITE**  
 Dammhöhe 15 [m] / Speicherinhalt 100000 [m<sup>3</sup>]



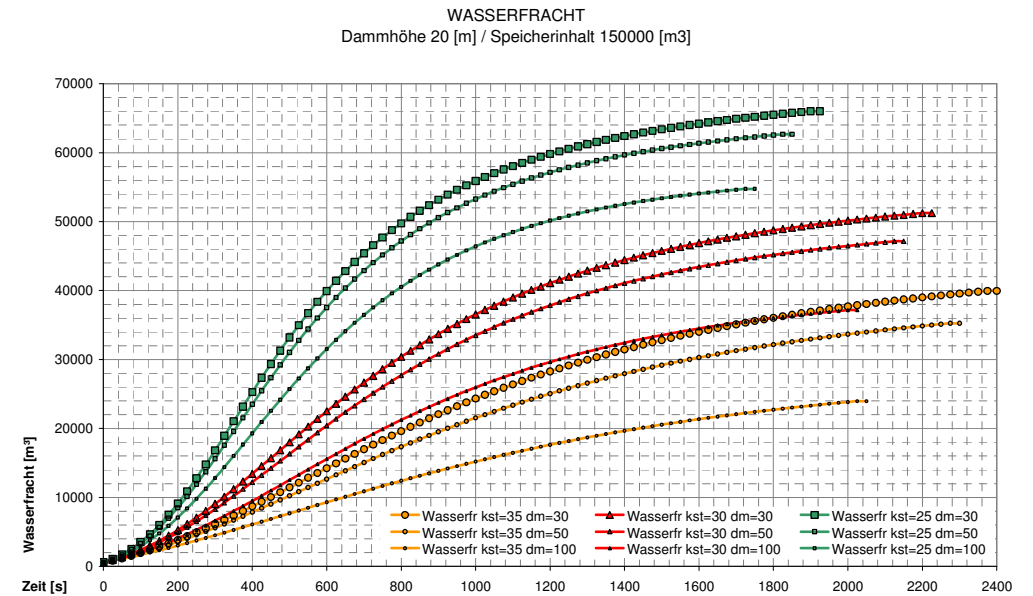
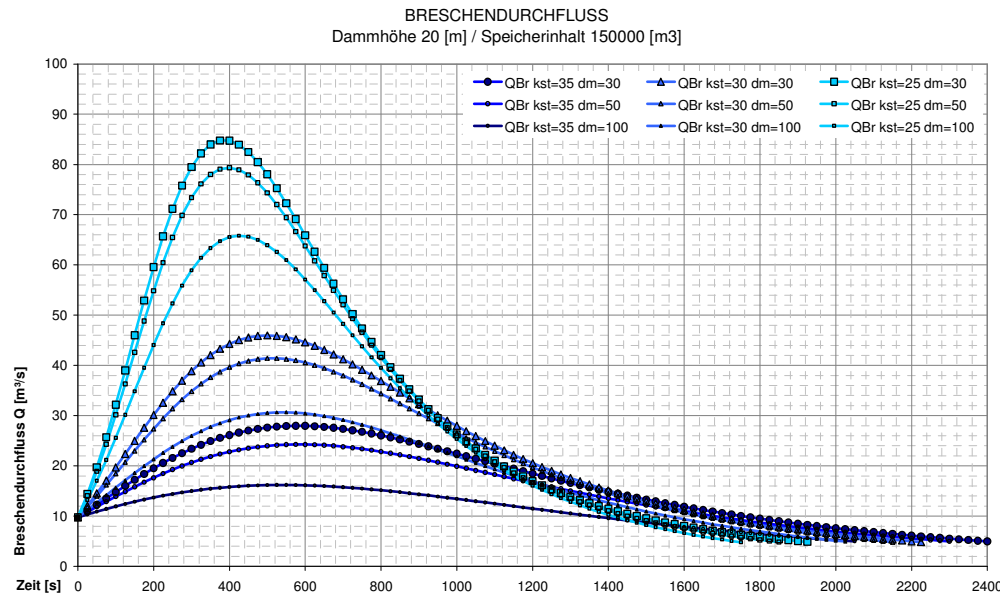
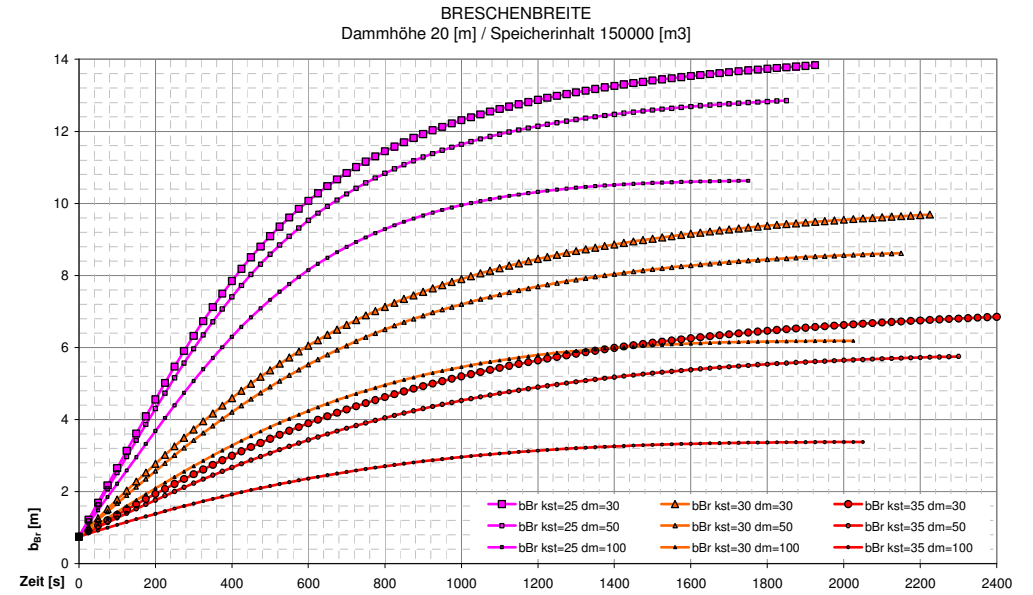
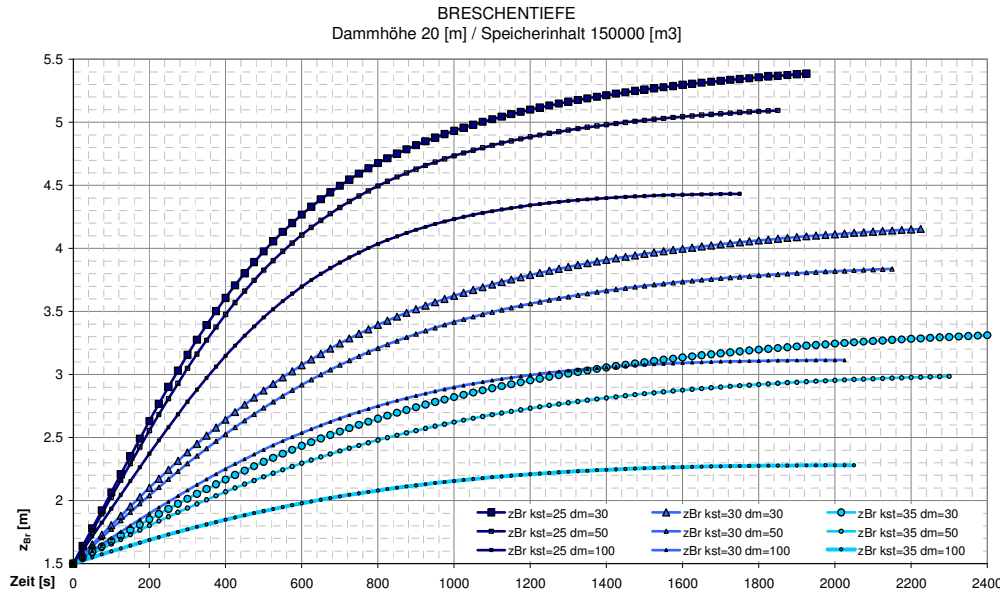
**BRESCHE DURCHFUSS**  
 Dammhöhe 15 [m] / Speicherinhalt 100000 [m<sup>3</sup>]



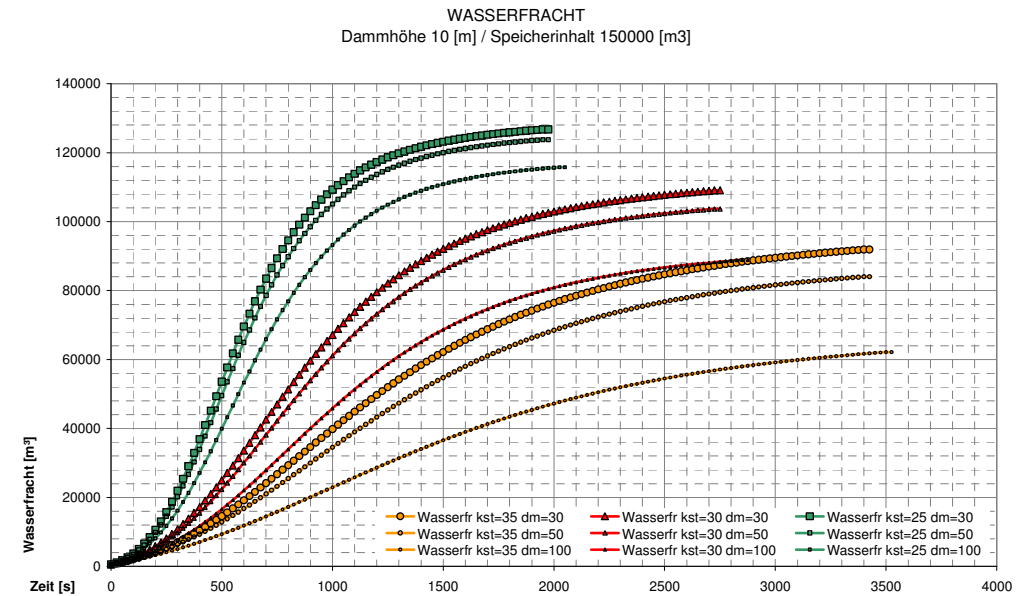
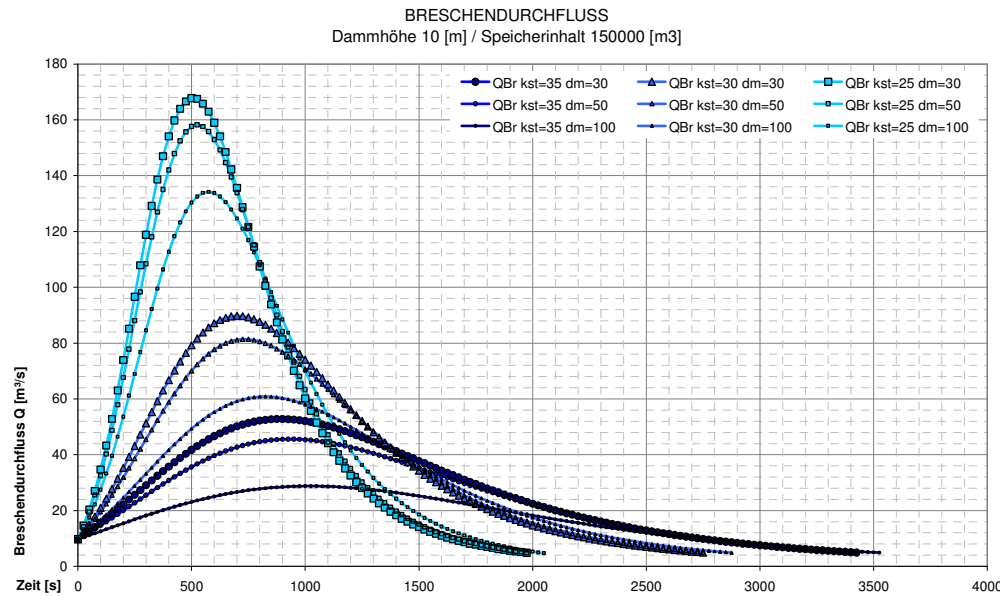
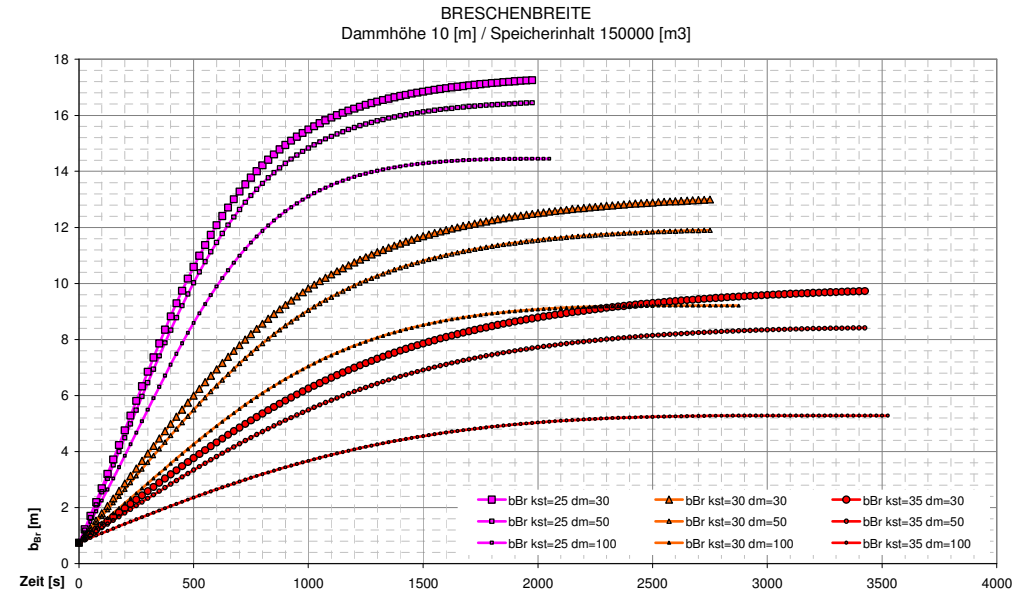
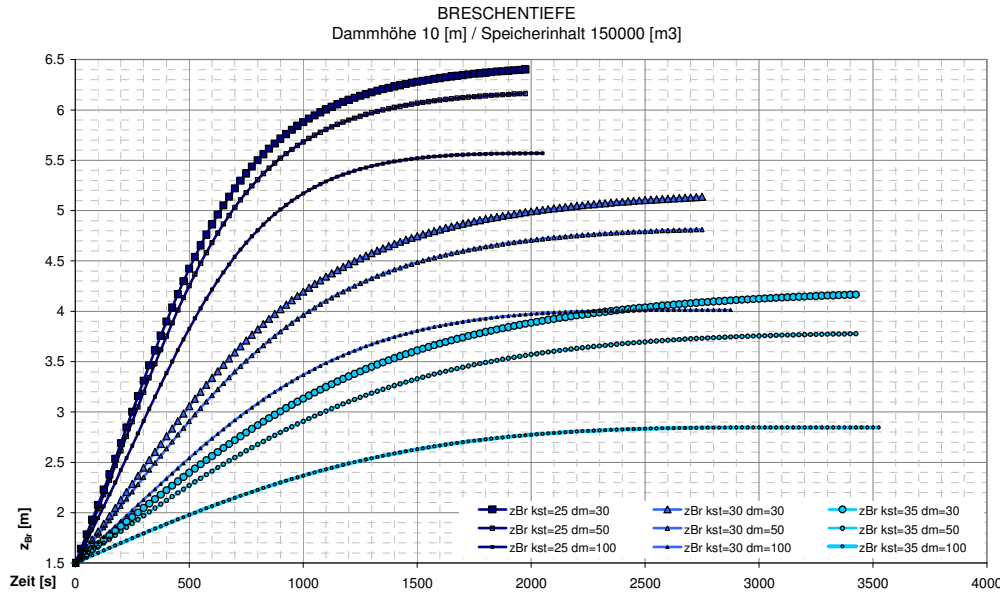
**WASSERFRACHT**  
 Dammhöhe 15 [m] / Speicherinhalt 100000 [m<sup>3</sup>]



**Dammhöhe 20 [m]**  
**Speicherinhalt 150000 [m<sup>3</sup>]**



**Dammhöhe 10 [m]**  
**Speicherinhalt 150000 [m<sup>3</sup>]**



## Berechnung Spitzenabfluss nach Fröhlich

$$Q_p = 0,607 (I^{0,295} * h^{1,24})$$

für Speicherinhalt

I [m <sup>3</sup> ]	h [m]	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> ]
50000	10	257
100000	15	521
150000	10	355
150000	20	837

# NÖ-Leitfaden „Überwachung kleiner Staudämme – Flutwellenabschätzung“

## Anhang B

### Abschätzung der Flutwelle

Im folgenden werden die zur Berechnung der Flutwelle erforderlichen Ausgangsdaten (Abschnitt 1) und dafür geeigneten Formeln (Abschnitt 2) angegeben. Abschnitt 3 enthält die bei Sicherheitsüberprüfungen empfohlene Vorgangsweise.

#### 1. Erforderliche Ausgangsdaten

Dammhöhe  $h$  [m]: dies ist der Abstand zwischen Dammkrone und Breschensohle

Wassertiefe  $h_w$  [m]: dies ist bei einem Bruch infolge Überströmung die Dammhöhe, bei einem Bruch infolge innerer Erosion der Abstand zwischen Wasserspiegel und Breschensohle

Dammlänge  $l$

Kronenbreite  $k$

Fläche  $A$

Speicherbeckenvolumen  $V$  [m<sup>3</sup>]: Wasservolumen zwischen Wasserspiegel und Breschensohle

Länge des Speicherbeckens

Dambböschungen

Materialkennwerte: Mittlere Korngröße  $d_{50}$

$d_{90}/d_{30}$

Wichte  $\gamma$

Kohäsion  $c$

Reibungswinkel  $\phi$

Porenanteil  $n$

## 2. Berechnung der Flutwellenparameter

### a) Ermittlung der Zeit bis zur vollständigen Breschenausbildung

#### Verfahren nach Froehlich [10]

Diese Zeit entspricht dem Zeitraum am Beginn des Bruchvorganges bis zum Durchfluß von  $Q_{\max}$ . Dieser Zeitraum (bzw. ein geringerer) ist in erster Linie für die Bewertung der zur Verfügung stehenden Vorbereitungszeit für Alarm- und Evakuierungsmaßnahmen maßgebend.

$$t = 0.0071 * V^{0.47} * h^{-0.9}$$

t [h] Zeit bis zur Breschenausbildung

### b) Ermittlung des Spitzenabflusses

#### Verfahren nach MacDonald/Langridge-Monopolis [8] [9]

$$\log Q_{\max} = 1.5 + 0.45 * (\log Bbf + 2)$$

Der Breschenbildungsfaktor Bbf [m hm<sup>3</sup>] ergibt sich aus:

$$Bbf = V_w * h_w$$

$V_w$  [hm<sup>3</sup> = 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>] Speichervolumen

#### Verfahren nach Froehlich [10]

$$Q_{\max} = 0,544 * V_w^{0,306} * h_w^{1,22}$$

$V_w$  [m<sup>3</sup>] Speichervolumen

### Verfahren nach Ritter [11]

Annahme: plötzlicher Bruch

$$Q_{\max} = \frac{8}{27} * b_m * \sqrt{g} * h_w^{\frac{3}{2}}$$

$Q_{\max}$  [m<sup>3</sup>/s]    maximaler Breschenabfluß

$b_m$  [m]    mittlere Breschenbreite

$g$  [m/s<sup>2</sup>]    Erdbeschleunigung

### Verfahren nach Schoklitsch [12]

Annahme: plötzlicher Bruch

$$Q_{\max} = 0,9 * \left(\frac{B}{b_m}\right)^{0,25} * b_m * h_w^{1,5}$$

$B$  [m]    Dammbreite an der Wasseroberfläche

$b_m$  [m]    mittlere Breschenbreite

$h_w$  [m]    Wassertiefe im Speicher

### Verfahren nach Fread [15]

$$Q_{\max} = 3.1 * b_m * \left( \frac{C}{\tau + \frac{C}{(h)^{0.5}}} \right)^3$$

$$C = 23.4 * \frac{A}{b_m}$$

$Q_{\max}$  [cft/s]    maximaler Breschenabfluß

$b_m$  [ft]    mittlere Breschenbreite

$\tau$  [h]    Zeit bis zur vollst. Ausbildung der Bresche (nach Froehlich oder Breach)

$h$  [ft]    Dammhöhe

$A$  [acres]    Speicherbeckenoberfläche



### 3. Vereinfachte Abschätzung der Flutwellenparameter

Für eine vereinfachte Abschätzung des Spitzenabflusses  $Q_{\max}$  wird die Formel von Fröhlich verwendet, für die Ermittlung der Beckenentleerungsdauer wird von einer einfachen Annahme ausgegangen.

#### a) Spitzenabfluß

$$Q_{\max} = 0,544 * V^{0,306} * h_w^{1,22}$$

#### b) Ermittlung der Beckenentleerungsdauer

Es werden zwei Zeitabschnitte unterschieden:

- im ersten Zeitabschnitt (bis  $t_{Q_{\max}}$ ) nimmt der Wasserdurchfluß bis zum Spitzenabfluß  $Q_{\max}$  zu,
- im zweiten Zeitabschnitt (bis  $t_n$ ) nimmt der Wasserdurchfluß bis auf eine Menge von etwa  $Q_{\max}/10$  ab.

Geht man näherungsweise von einer dreieckigen Abflußganglinie mit dem Maximum im ersten Drittel aus, so ergeben sich folgende Faustformeln:

$$t_n = \frac{2V}{Q_{\max}}$$

und  $t_{Q_{\max}} = \frac{t_n}{3}$ .

## Beispiel

### Ausgangsdaten

Dammhöhe  $h = 10 \text{ m}$

Wasserspiegelhöhe  $h_w = 8 \text{ m}$

Dammlänge  $l = 100 \text{ m}$

Kronenbreite  $k = 3 \text{ m}$

Fläche  $A = 50.000 \text{ m}^2$

Volumen  $V = 200.000 \text{ m}^3$

Länge des Speicherbeckens =  $500 \text{ m}$

Böschungsneigungen:  $1 : 2$

Materialkennwerte:  $d_{50} = 1,5 \text{ mm}$

$$d_{90}/d_{30} = 90$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$n = 40 \%$$

### a) Spitzenabfluß

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= 0,544 * V^{0,306} * h_w^{1,22} \\ &= 0,544 * 200.000^{0,306} * 8^{1,22} = 288 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

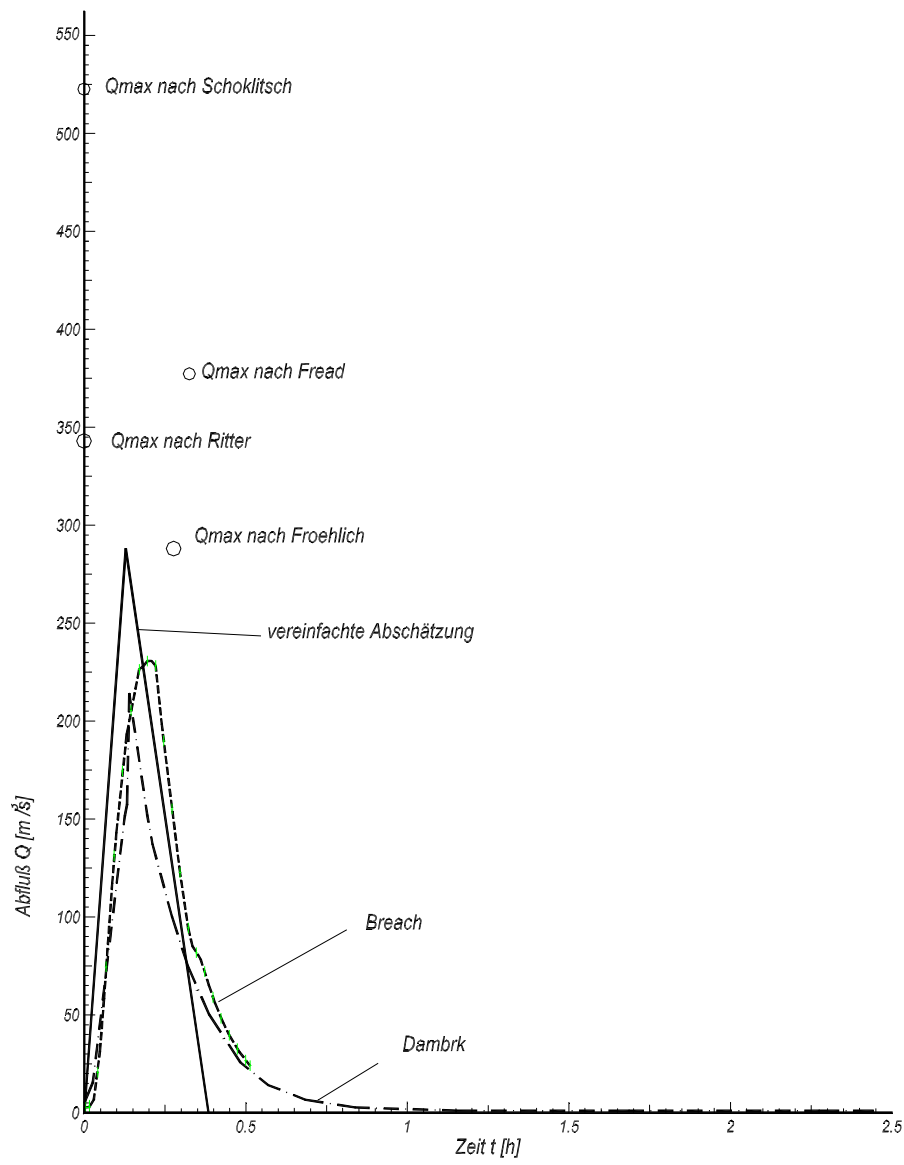
### b) Beckenentleerungsdauer

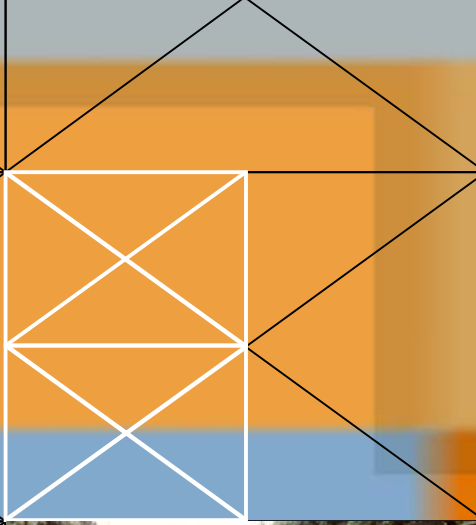
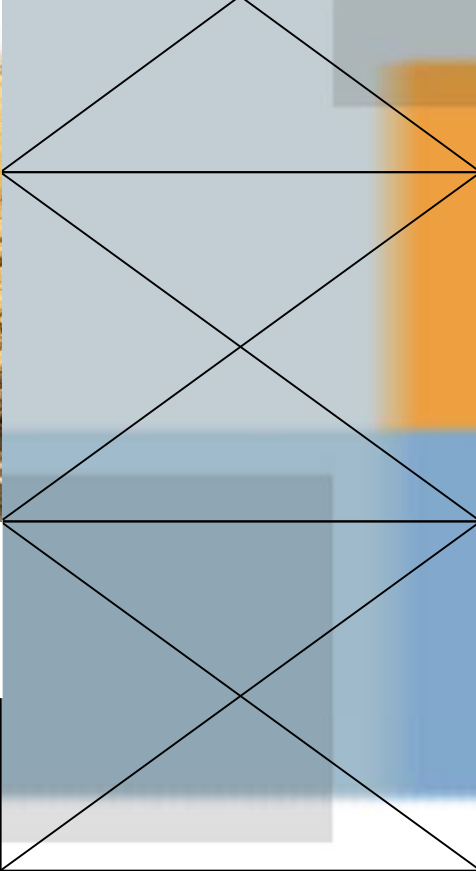
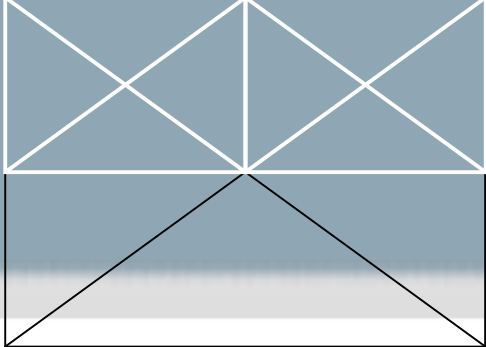
$$t_n = \frac{2V}{Q_{\max}} = \frac{2 * 200.000}{288} = 1389 \text{ s} = 23,1 \text{ min}$$

$$t_{Q_{\max}} = \frac{t_n}{3} = \frac{23,1}{3} = 7,7 \text{ min}$$

Die vereinfacht abgeschätzte Abflußganglinie ist gemeinsam mit anderen Berechnungsergebnissen in Bild 4 dargestellt.

Bild 4: Abflußganglinie





# Die Beurteilung der besonderen Gefahr mit vereinfachten Flutwellenberechnungen



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**  
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**  
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**  
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**  
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

**Workshop kleine Talsperren**  
**6.5.2003** **R.W. Müller**

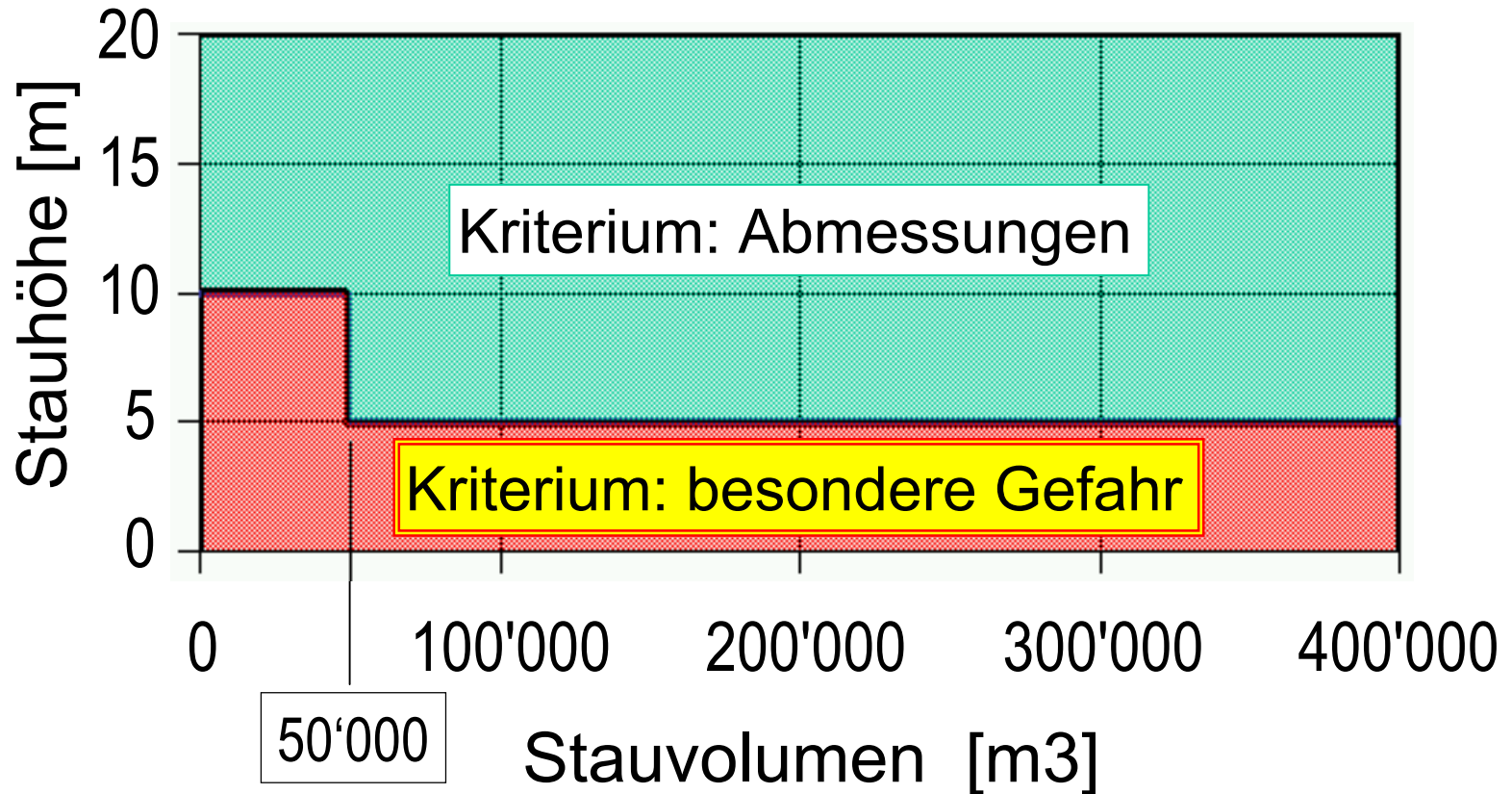
# Inhalt

- Die Beurteilung der besonderen Gefahr mit vereinfachten Flutwellenberechnungen
- Unterstellung unter die StAV
- Ermittlung der „besonderen Gefahr“
- Unterstellungskriterium: „besondere Gefahr“
- Annahmen für die Flutwellenabschätzung
- Verstopfungsanfällige Hochwasserentlastungen
- Bresche 1
- Bresche 2
- Annahmen für die Breschenform
- Abfluss aus der Bresche
- Abfluss 1D oder 2D
- Vereinfachte 1D - Berechnungsmethoden
- Vereinfachtes 2D - Berechnungsverfahren
- Beispiel einer 1D - Berechnung
- Abflussgebiet der Flutwelle
- Längenprofil

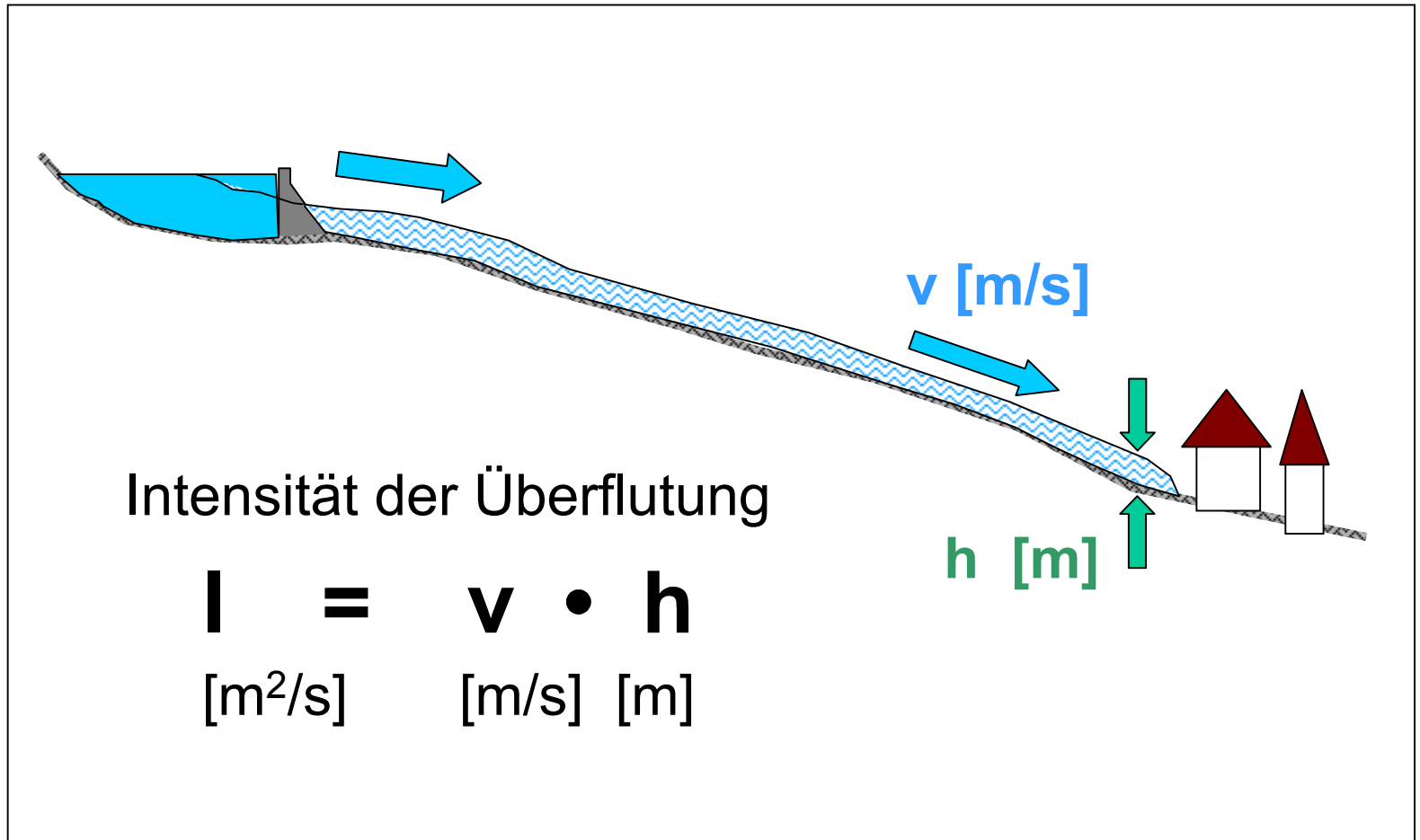
# Inhalt (Fortsetzung)

- Bestimmung von  $Q_{max}$
- Ermittlung der Wassertiefe  $h$
- Zwischenvariable  $D_{max}$
- Zwischenvariable  $U_{max}$
- Bestimmung der Wassertiefe  $h$
- Bestimmung der Fließgeschwindigkeit  $v$
- 2D-Ausbreitung einer Flutwelle
- 2D-Berechnung mit einem einfachen Parameterverfahren
- Dimensionslose Parameter
- Spezifischer Abfluss
- Fließgeschwindigkeit
- Seitliche Ausbreitung
- Laterale Ausbreitung
- Abflussintensitäten
- Ergebnis

# Unterstellung unter die StAV



# Ermittlung der „besonderen Gefahr“

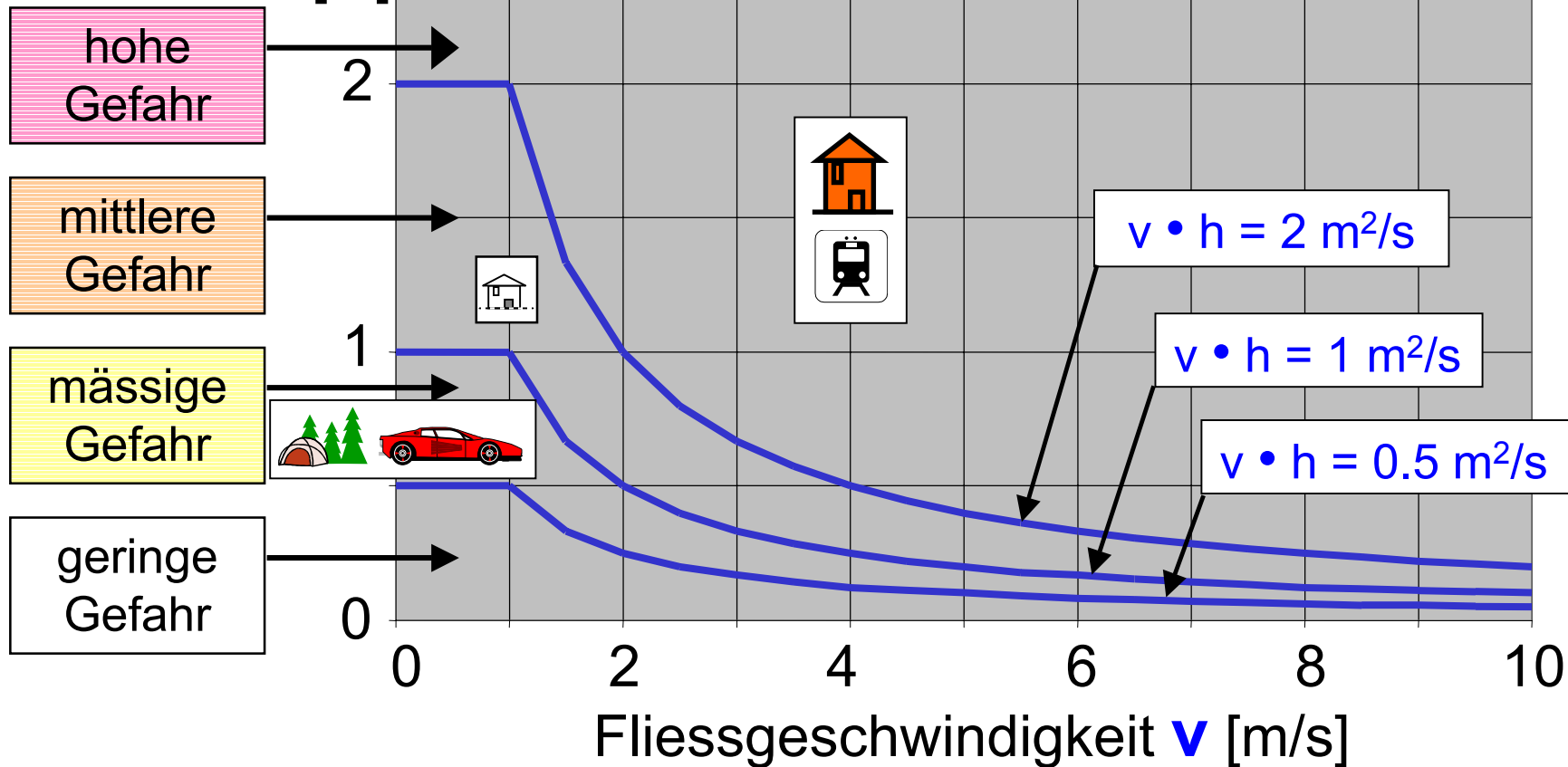




# Unterstellungskriterium: „besondere Gefahr“

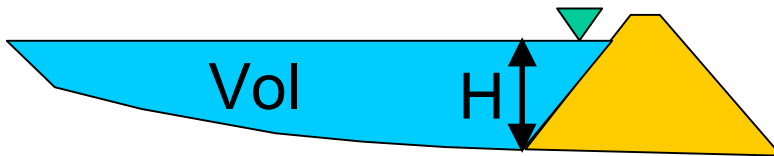
Wassertiefe

$h$  [m]



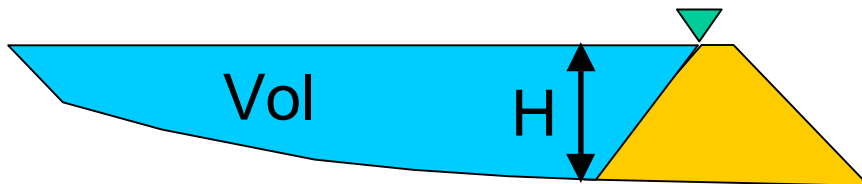
# Annahmen für die Flutwellenabschätzung

## Momentanbruch des gefüllten Speichers



A) übliche Annahme:

See voll gefüllt bis Stauziel



B) wenn keine oder eine  
verstopfungsanfällige  
Hochwasserentlastung:

See voll gefüllt bis  
Kronenkote

# Verstopfungsanfällige Hochwasserentlastungen



# Bresche

beim Bruch eines Hochwasser-  
rückhaltebeckens bei Glashütte (D)

23.8.2002



Dammhöhe  
9 m

Stauvolumen  
60'000 m<sup>3</sup>

# Bresche

beim Bruch des Dammes  
Zeyzoun in Syrien am 5.6.2002

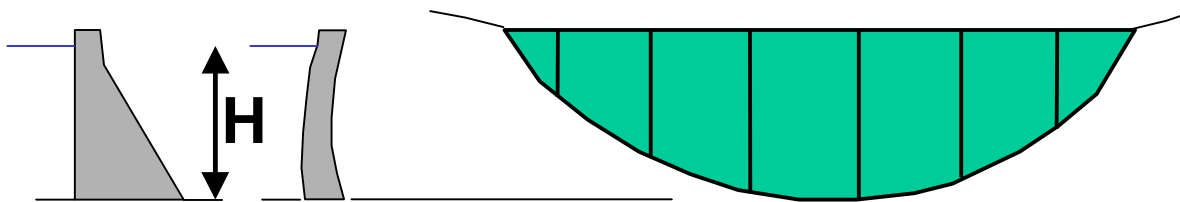
Damm



Bresche

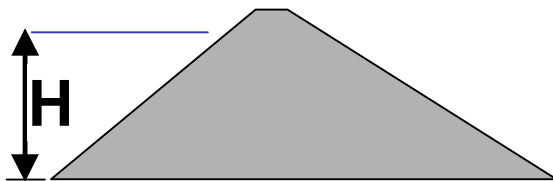
# Annahmen für die Breschenform

Betonmauern:

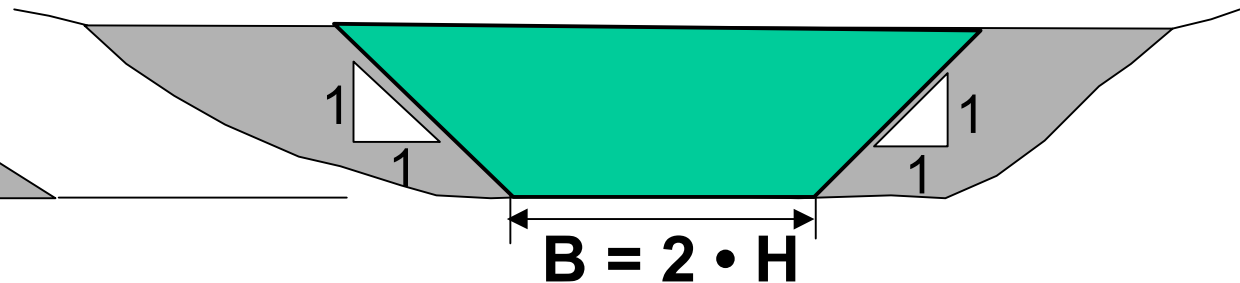


Totalbruch der gesamten Mauer

Kleinere Dämme:

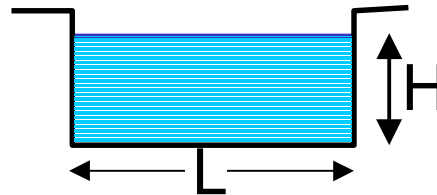


Standardbresche:



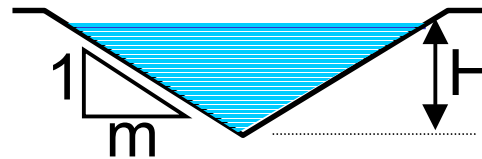
# Abfluss aus der Bresche

- Rechteck



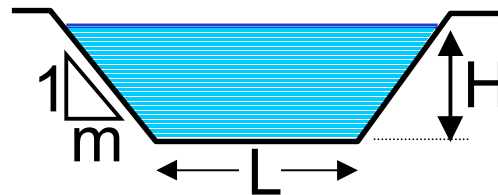
$$Q_b = 0.93 \cdot L \cdot H^{3/2}$$

- Dreieck



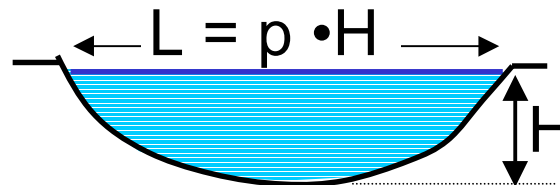
$$Q_b = 0.72 \cdot m \cdot H^{5/2}$$

- Trapez



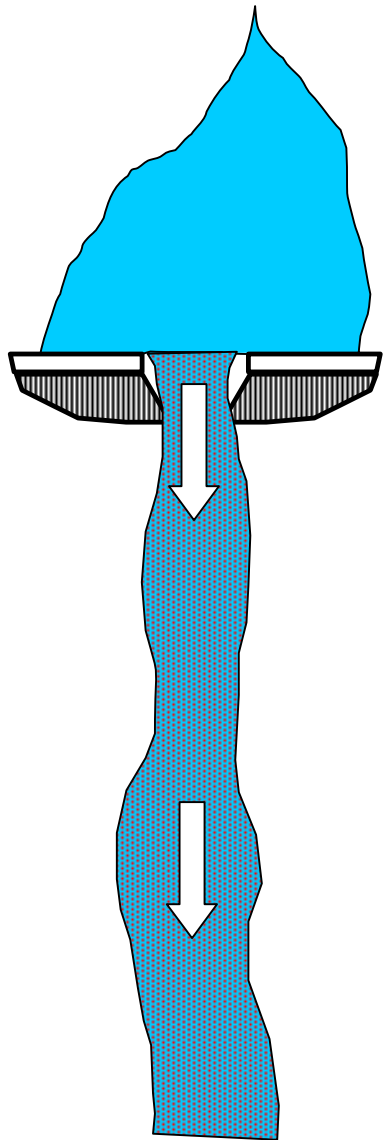
$$Q_b = 0.93 \cdot L \cdot H^{3/2} + 0.72 \cdot m \cdot H^{5/2}$$

- Parabel

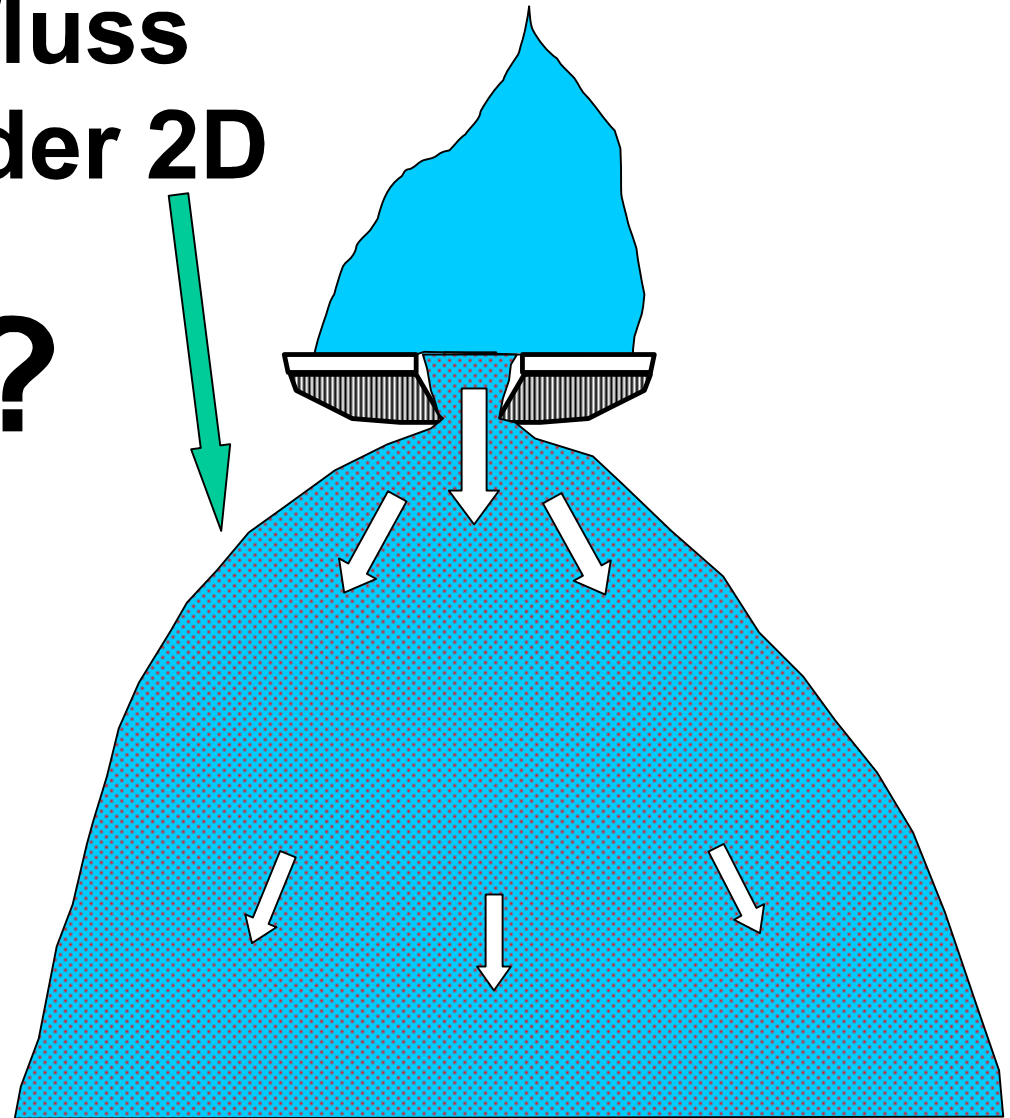


$$Q_b = 0.54 \cdot L \cdot H^{3/2}$$

# Abfluss 1D oder 2D



?





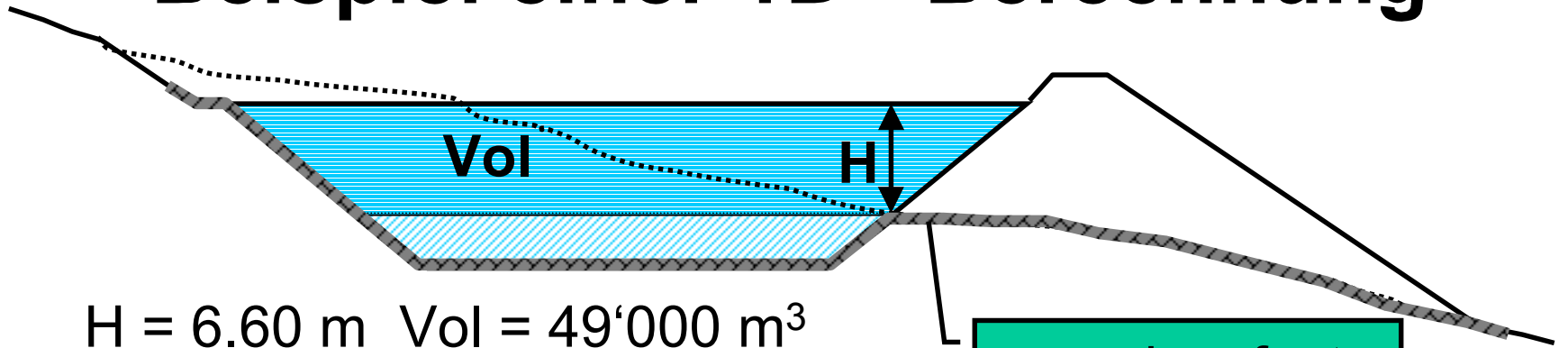
# vereinfachte 1D - Berechnungsmethoden

- **CTGREF**                      **Handrechenverfahren**  
**1978**
- **CASTOR**                      **CTGREF für PC**  
**1997**
- **SMPDBK**                      **Simplified Dam-Break**  
**1991**                              **Flood Forecasting Model**

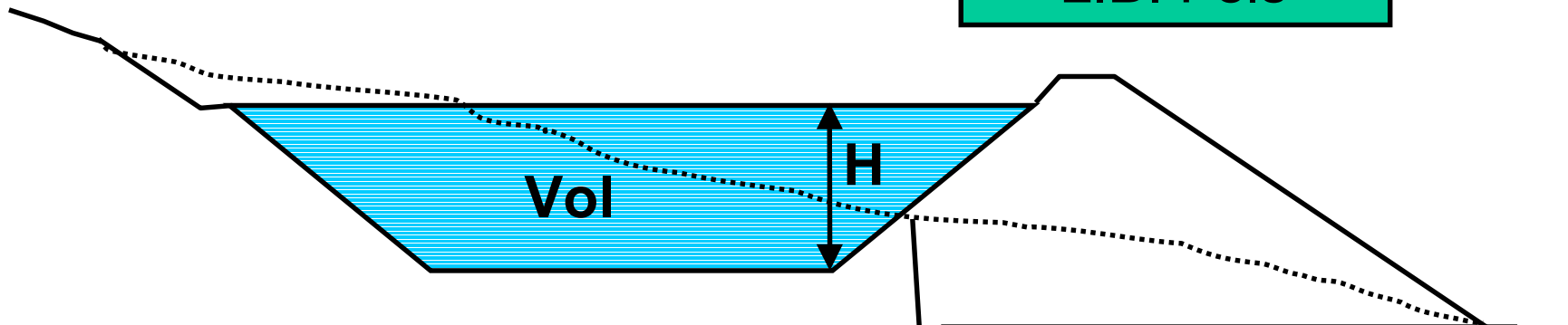
# vereinfachtes 2D - Berechnungsverfahren

- **BEFFA  
2001**                      **Parameterverfahren zur  
Bestimmung der  
flächigen Ausbreitung  
von Breschenabflüssen**

# Beispiel einer 1D - Berechnung



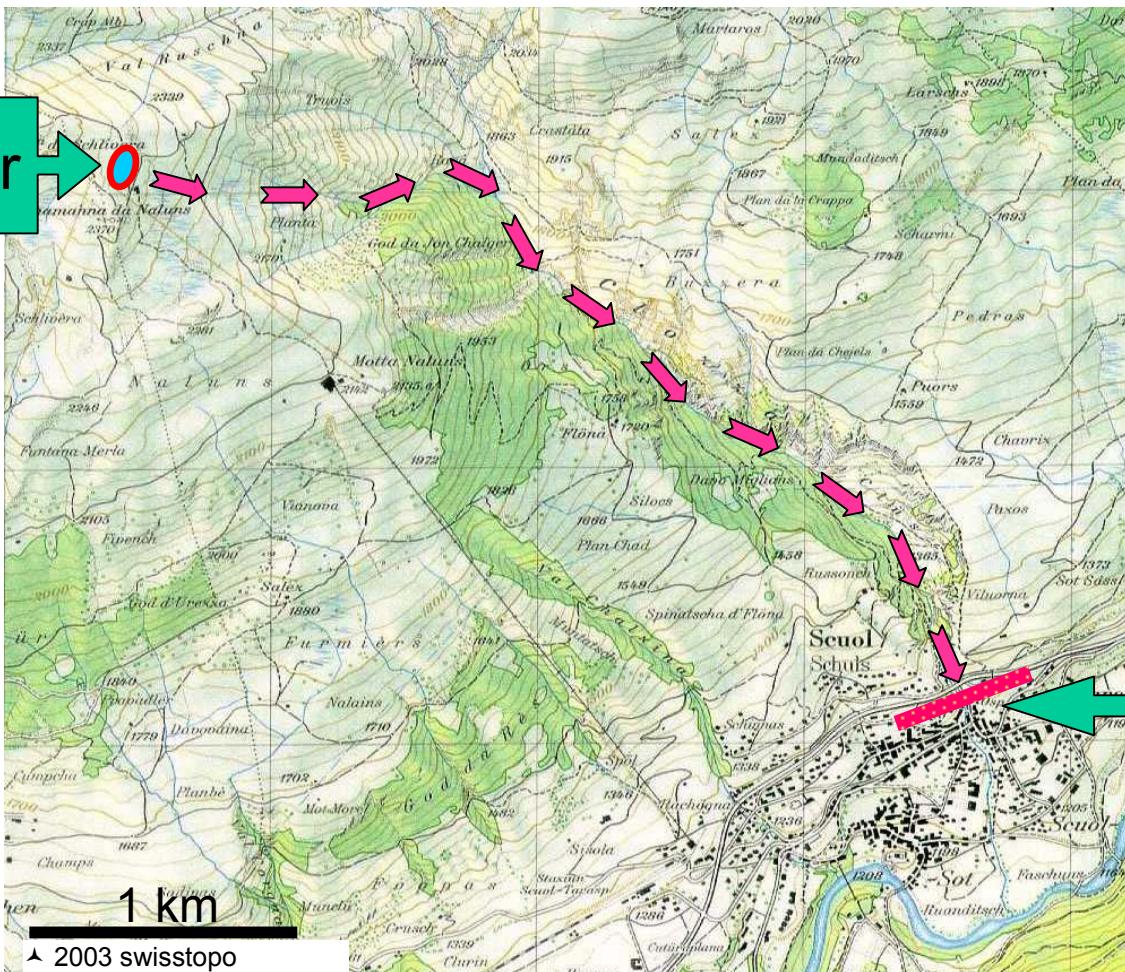
erosionsfest  
z.B. Fels



nicht erosionsfest  
z.B. Moräne

# Abflussgebiet der Flutwelle

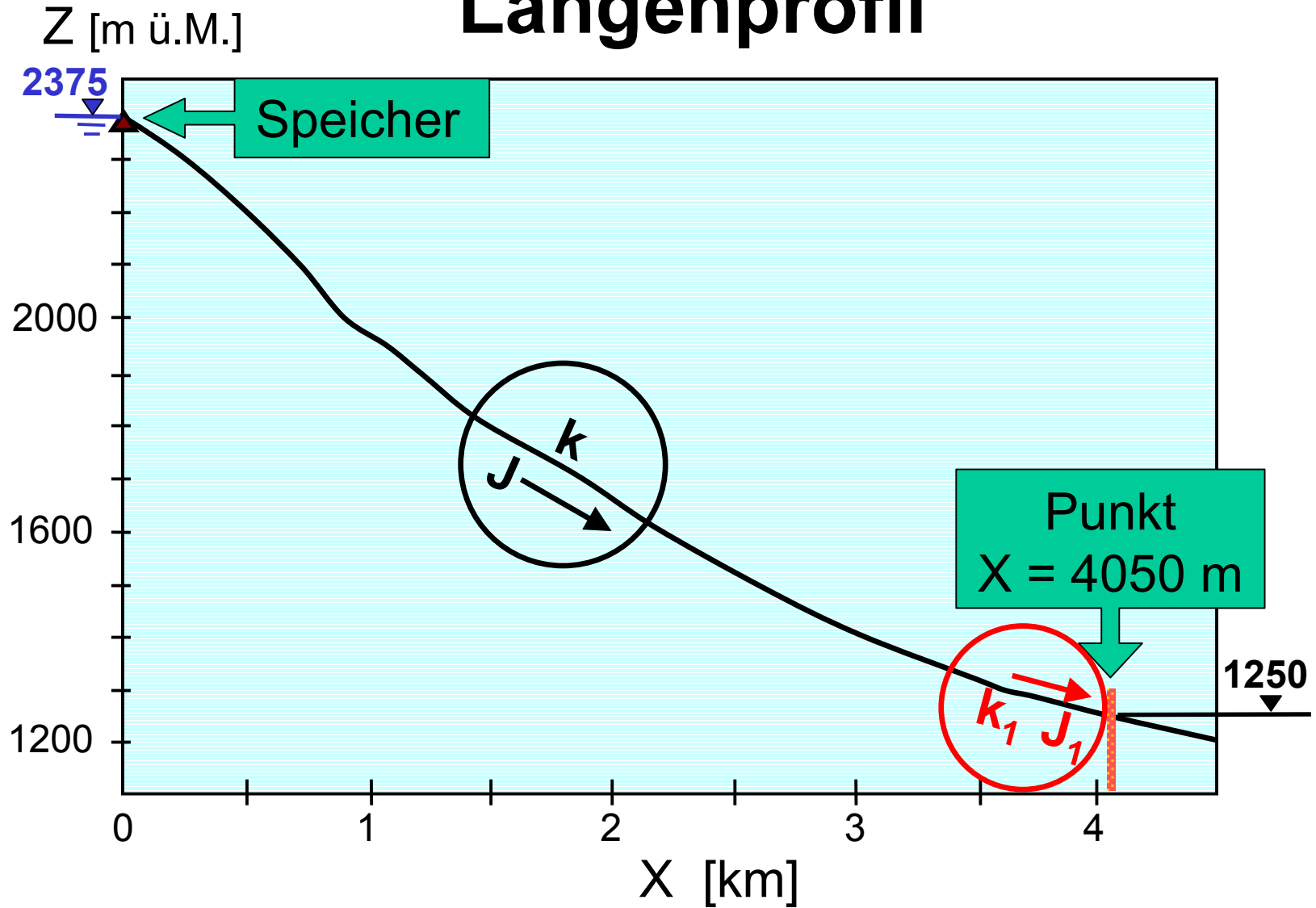
Speicher



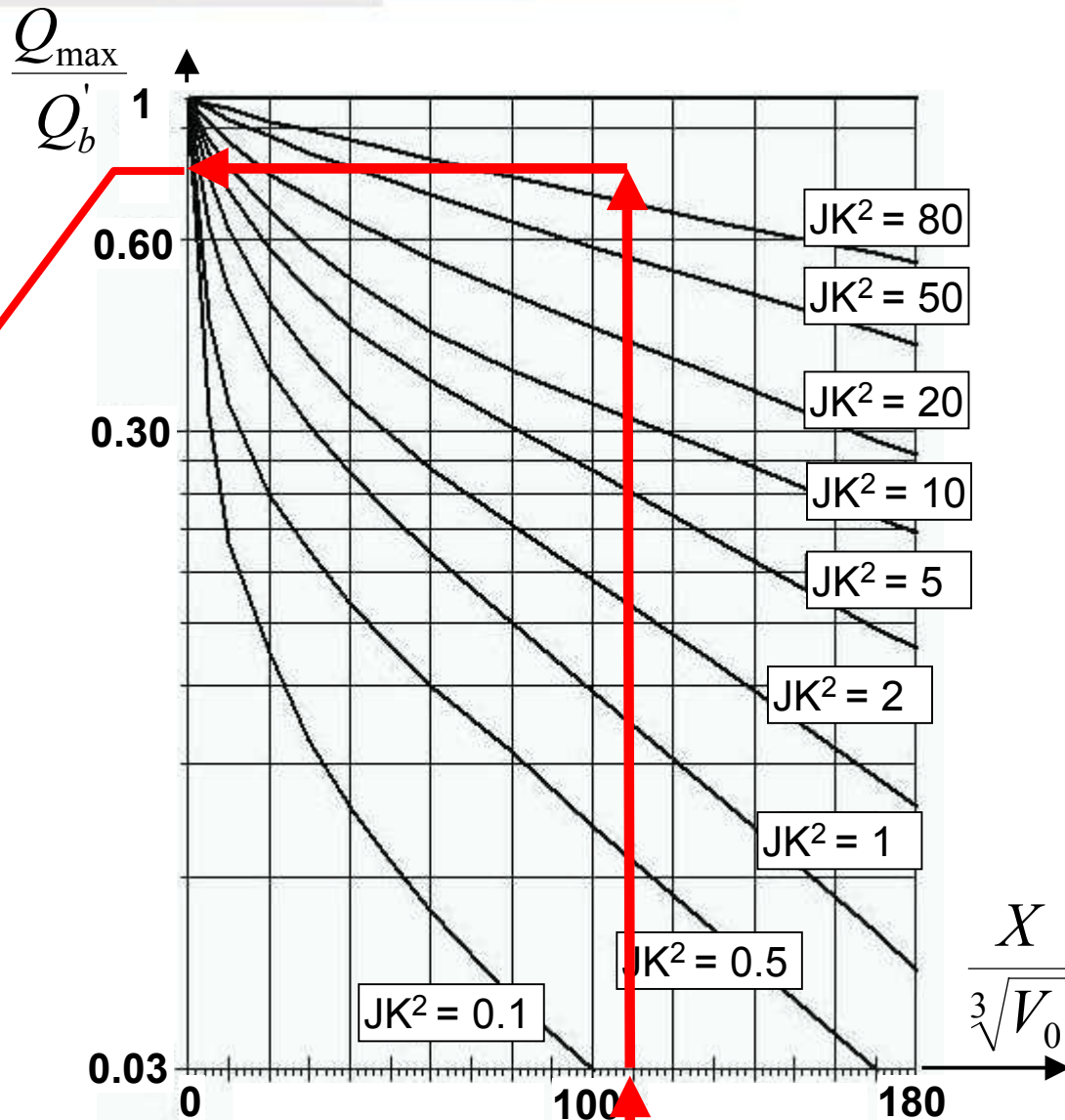
▲ 2003 swisstopo  
(032417)

gesucht:  
Intensität  
in Punkt  
**X**  
= 4050 m

# Längenprofil



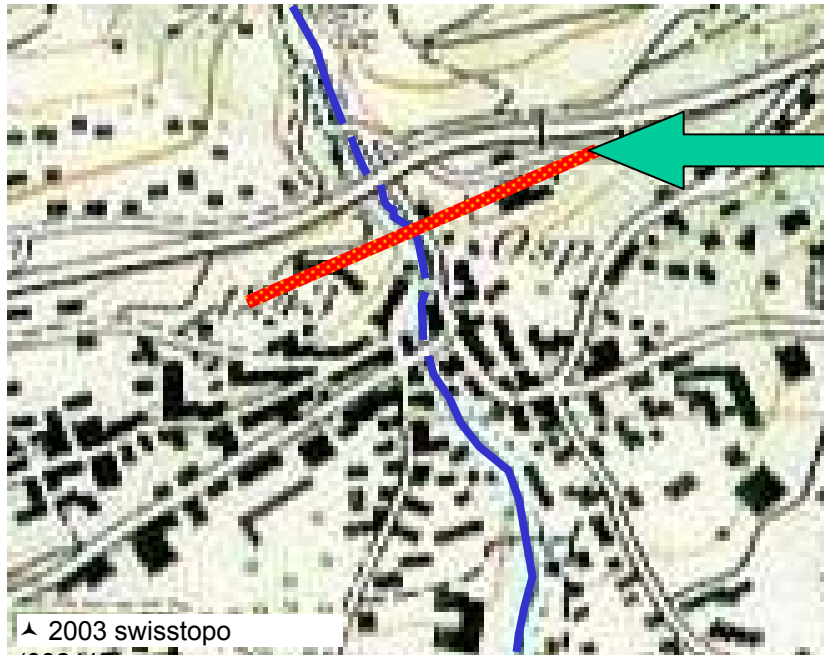
# Bestimmung von $Q_{\max}$



$$\frac{Q_{\max}}{Q_b'} = 0.76$$

$$\frac{X}{\sqrt[3]{V_0}} = 110$$

# Ermittlung der Wassertiefe $h$



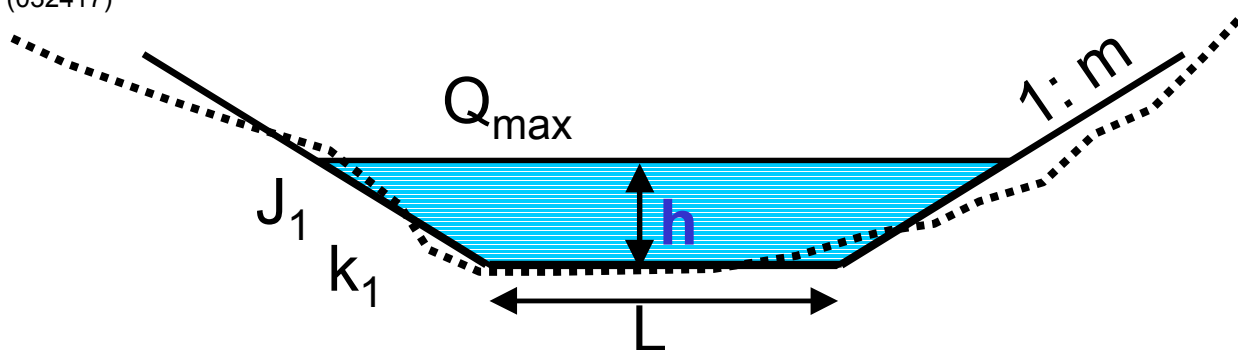
Querschnitt  
Im Punkt  
 $X = 4050 \text{ m}$

Gegeben:

Abflussmenge  $Q_{\max}$

Parameter  $J_1$ ,  $k_1$ ,  $L$ ,  $m$

Gesucht: Abflusstiefe  $h$



# Zwischenvariable $D_{\max}$

- Rechteck  $D_{\max} = \frac{Q}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot L^{8/3}}$

- Dreieck  $D_{\max} = \frac{Q \cdot (1 + m^2)^{1/3}}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot m^{5/3}}$

- Trapez  $D_{\max} = \frac{Q \cdot m^{5/3}}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot L^{8/3}}$

- Parabel  $D_{\max} = \frac{Q}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot p^{16/3}}$

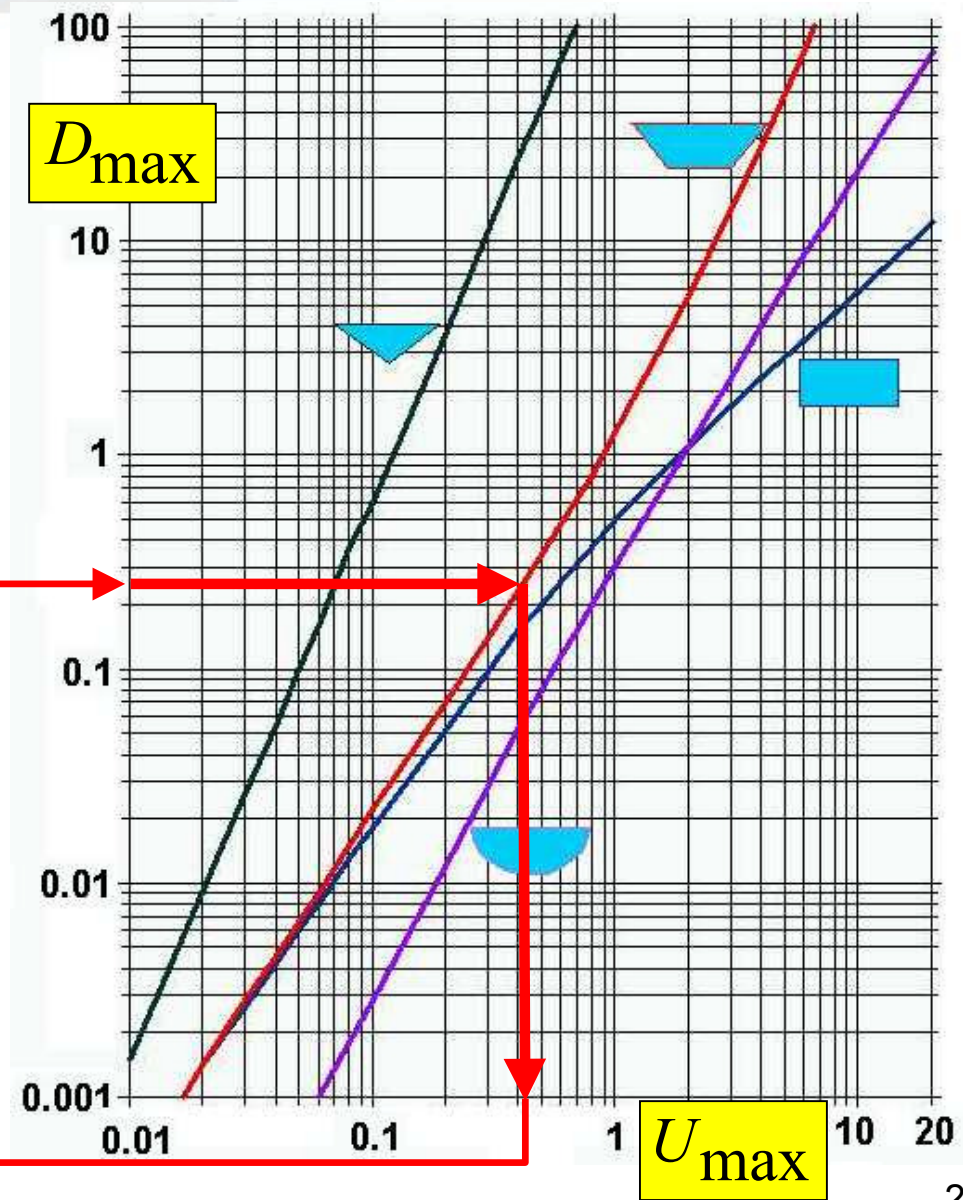


# Zwischenvariable

$U_{\max}$

$D_{\max} = 0.232$

$U_{\max} = 0.44$



# Bestimmung der Wassertiefe $h$

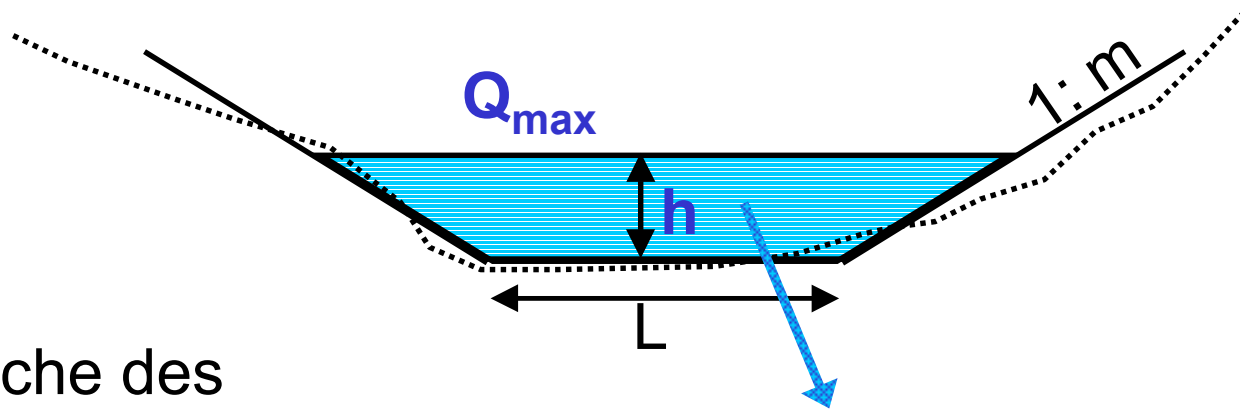
- Rechteck  $h = L \cdot U_{\max}$

- Dreieck  $h = 10 \cdot U_{\max}$

- Trapez  $h = \frac{L}{m} \cdot U_{\max}$

- Parabel  $h = p^2 \cdot U_{\max}$

# Bestimmung der Fließgeschwindigkeit $v$



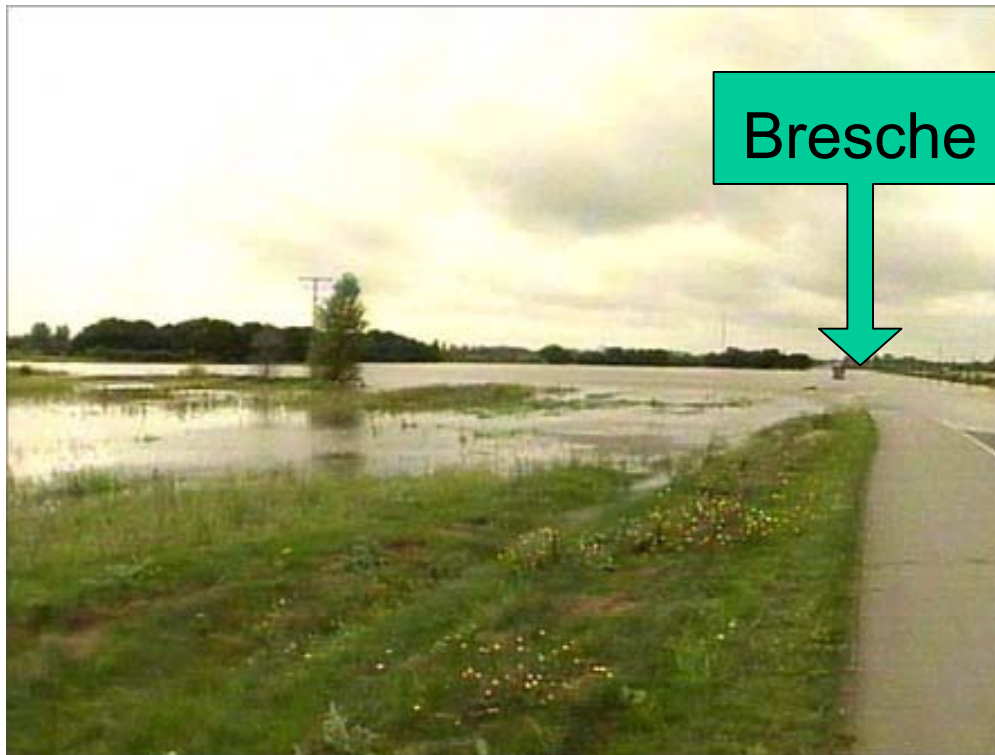
Fläche des Durchflussquerschnitts:

$$F = L \cdot h + m \cdot h^2$$

Fließgeschwindigkeit:

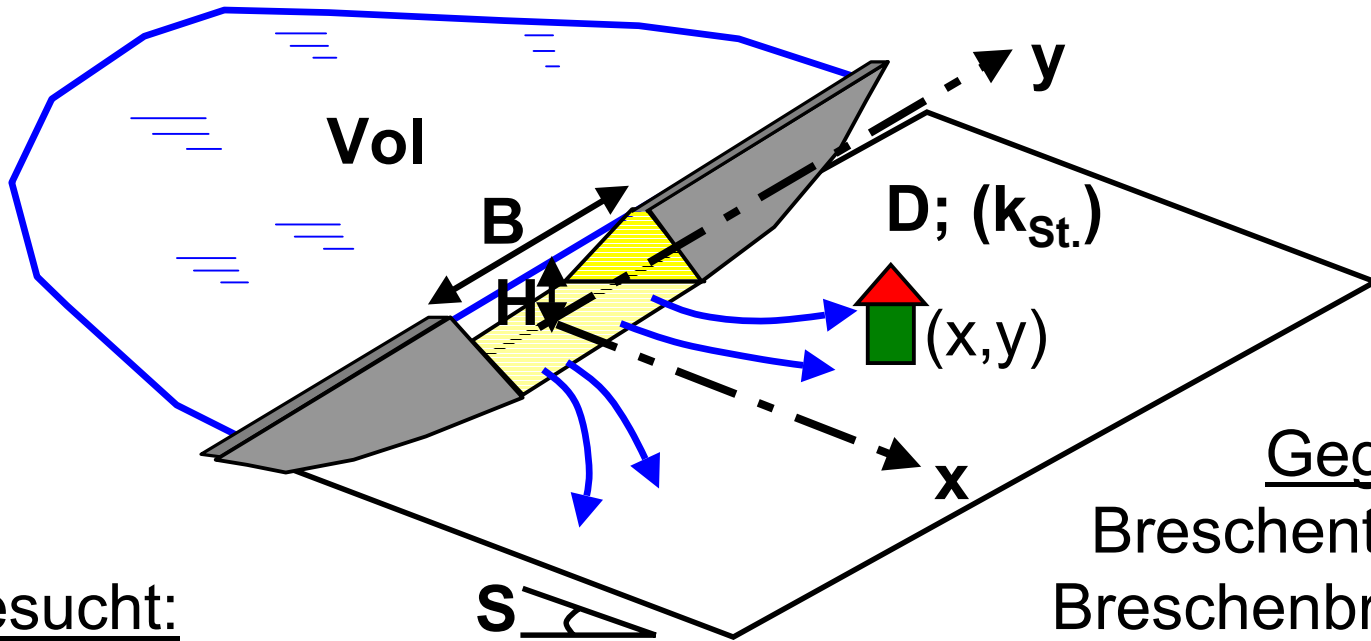
$$v = \frac{Q_{\max}}{F}$$


# 2D-Ausbreitung einer Flutwelle



- bei flachem Abflussgebiet
- z.B. bei einem Längsdamm einer Flusstauhaltung
- ist eine 2-dimensionale Modellierung erforderlich

# 2D-Berechnung mit einem einfachen Parameterverfahren



Gesucht:  
Abflusshöhe  $h$  und  
Fließgeschwindigkeit  $v$   
im Punkt  $(x,y)$  

Gegeben:  
Breschentiefe  $H$   
Breschenbreite  $B$   
Speichervolumen  $Vol$   
Sohlengefälle  $S$   
Rauhigkeit  $D$  bzw.  $k_{St}$

# Dimensionslose Parameter

- Horizontale Länge:

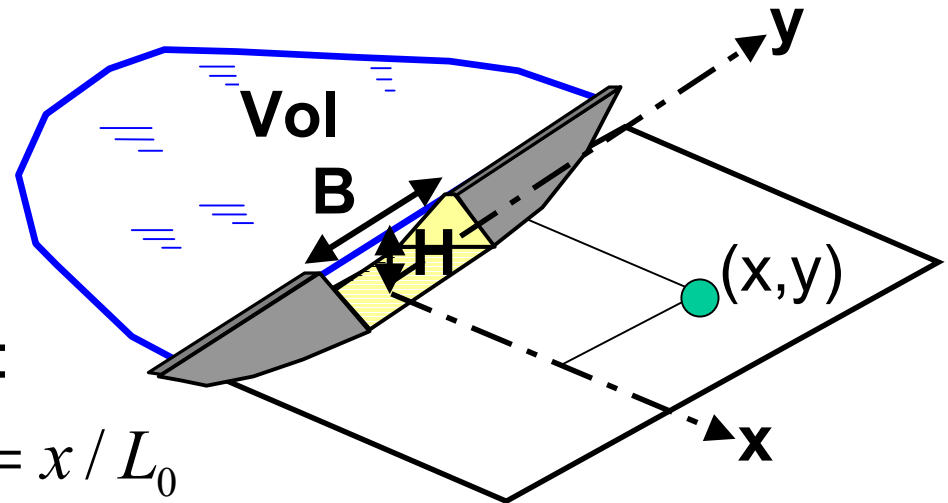
$$L_0 = \sqrt{B \cdot H}$$

- Distanz von der Sperre:

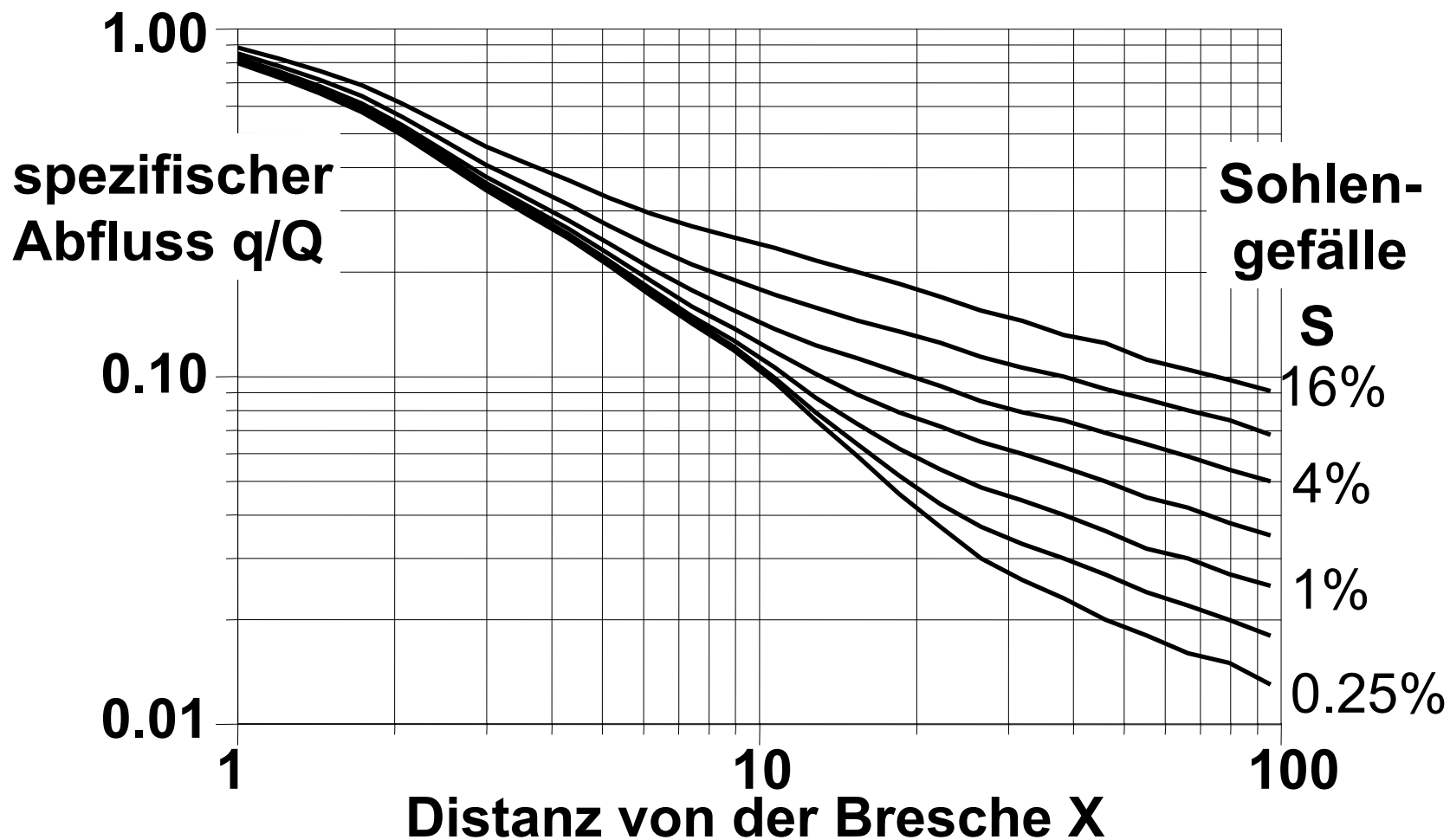
$$X_0 = x / L_0$$

- Distanz von der Strahlachse:  $Y_0 = y / L_0$

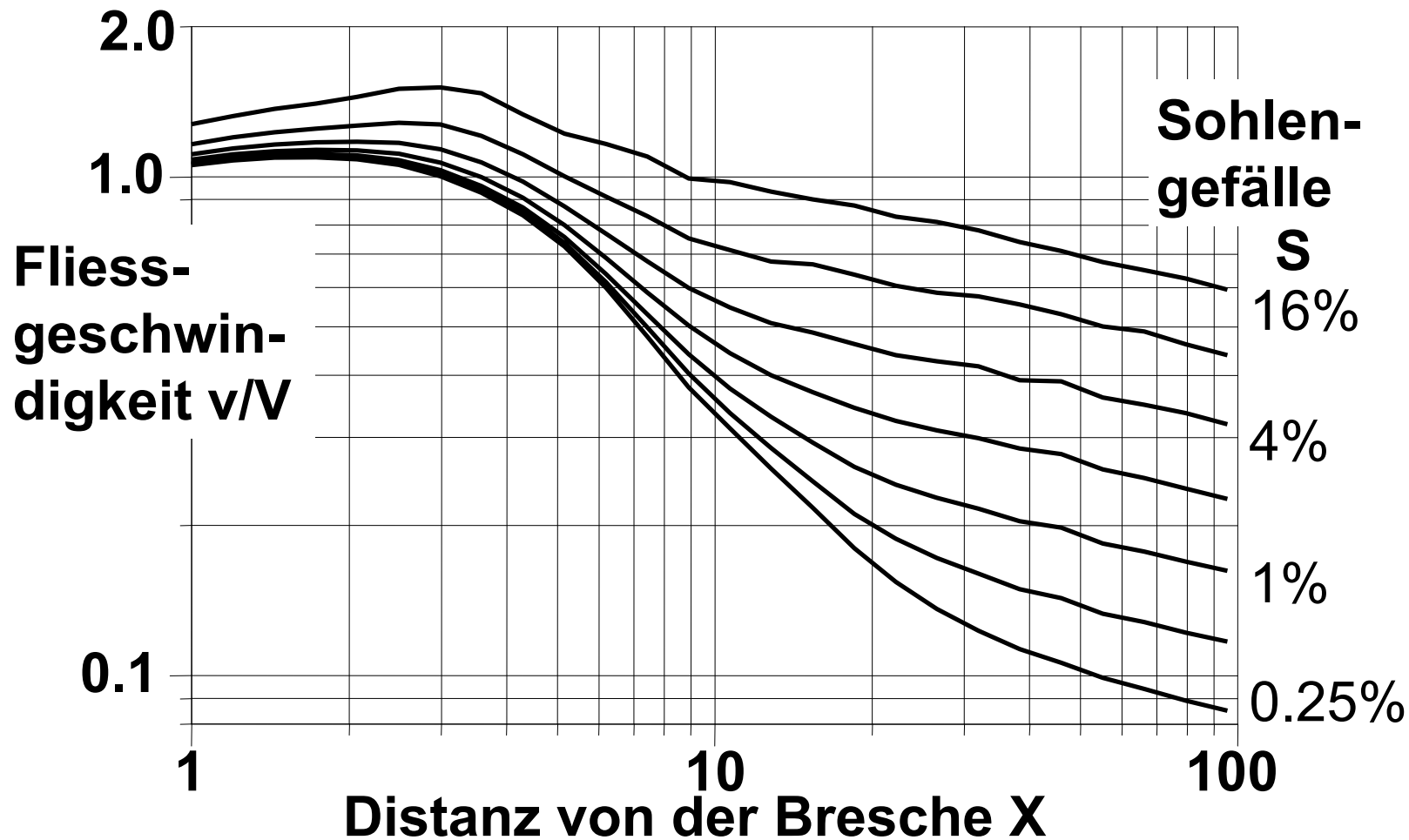
- Speichergrösse:  $Vol_0 = \frac{Vol}{B \cdot H^2}$



# spezifischer Abfluss

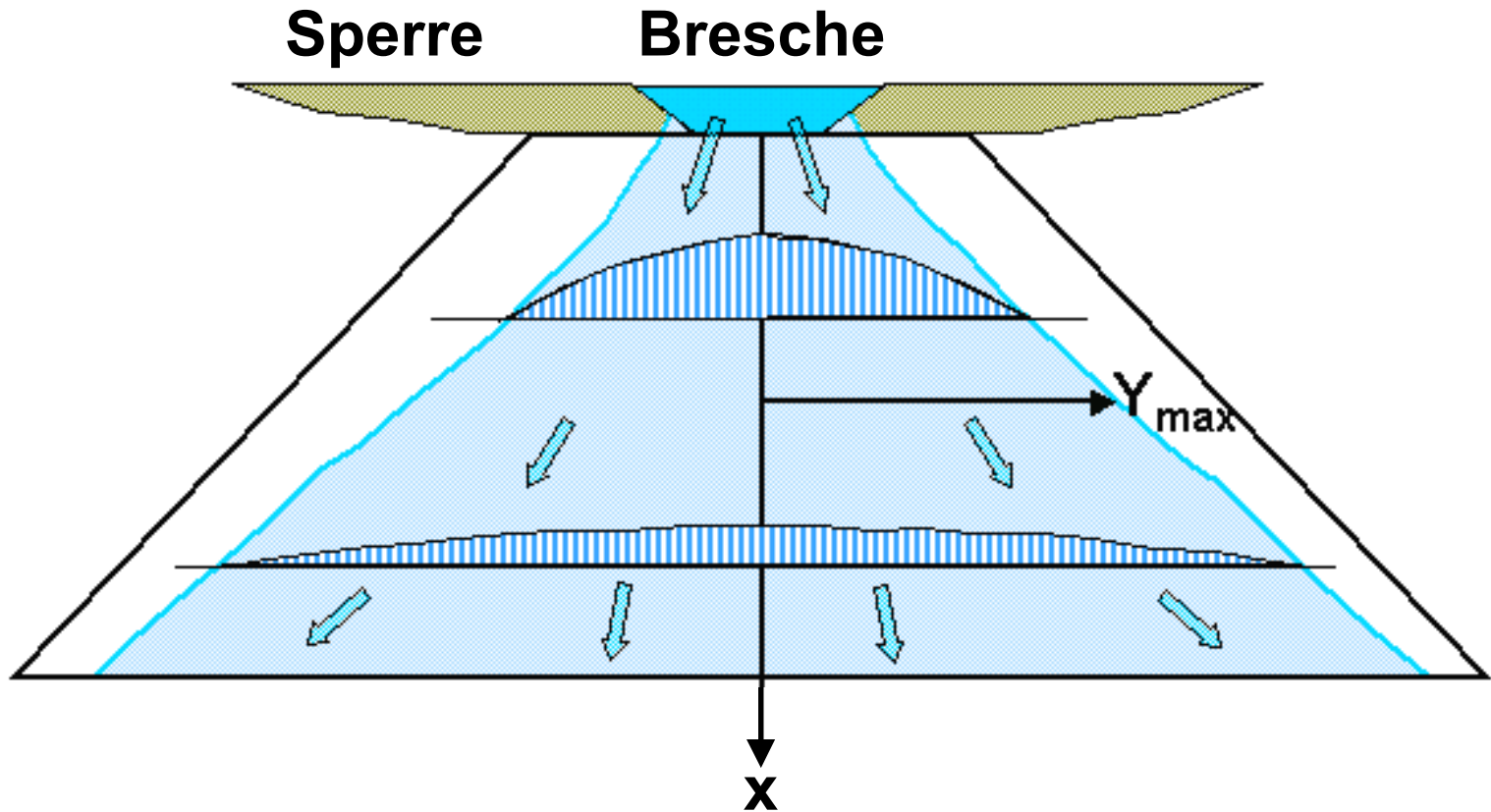


# Fliessgeschwindigkeit

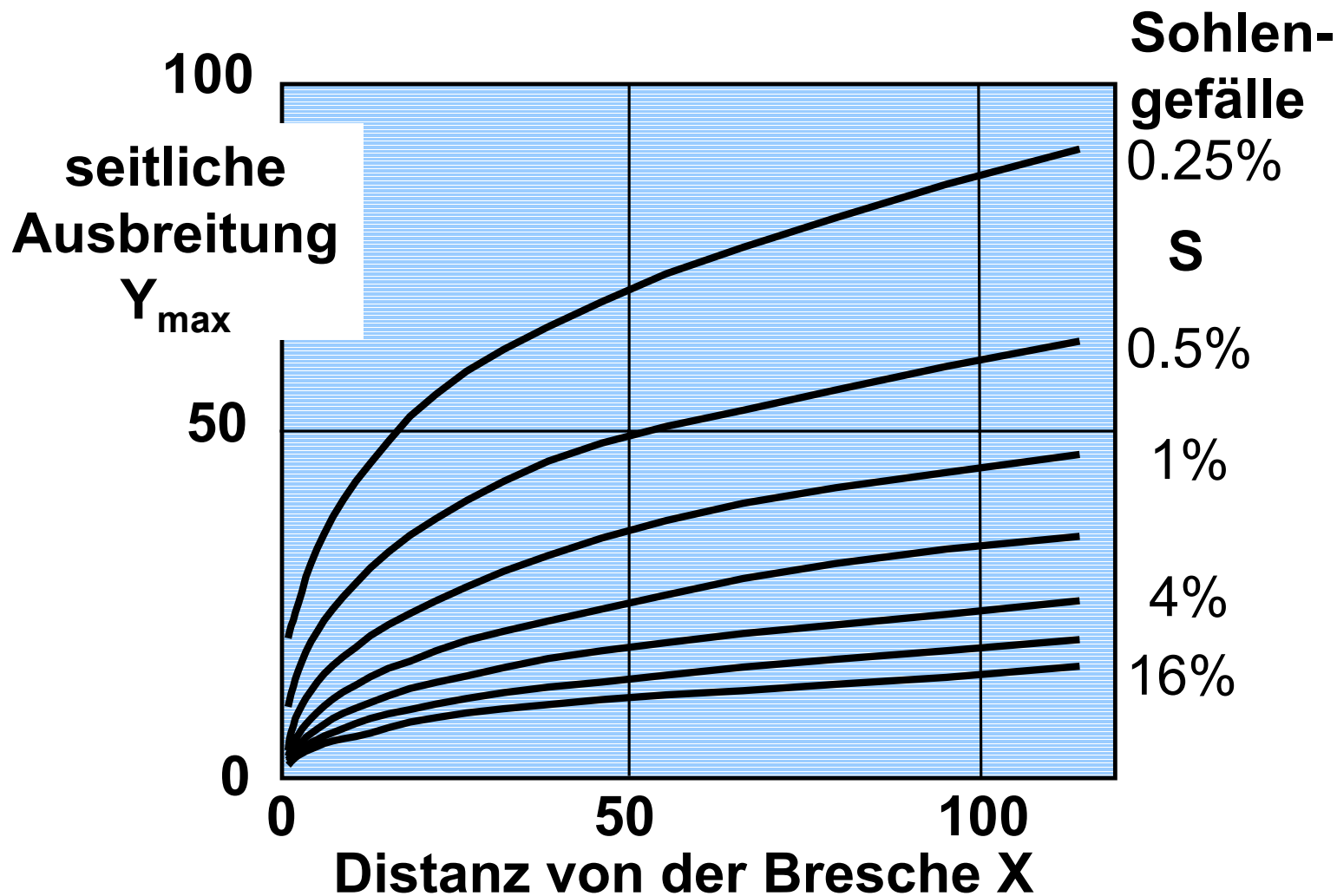




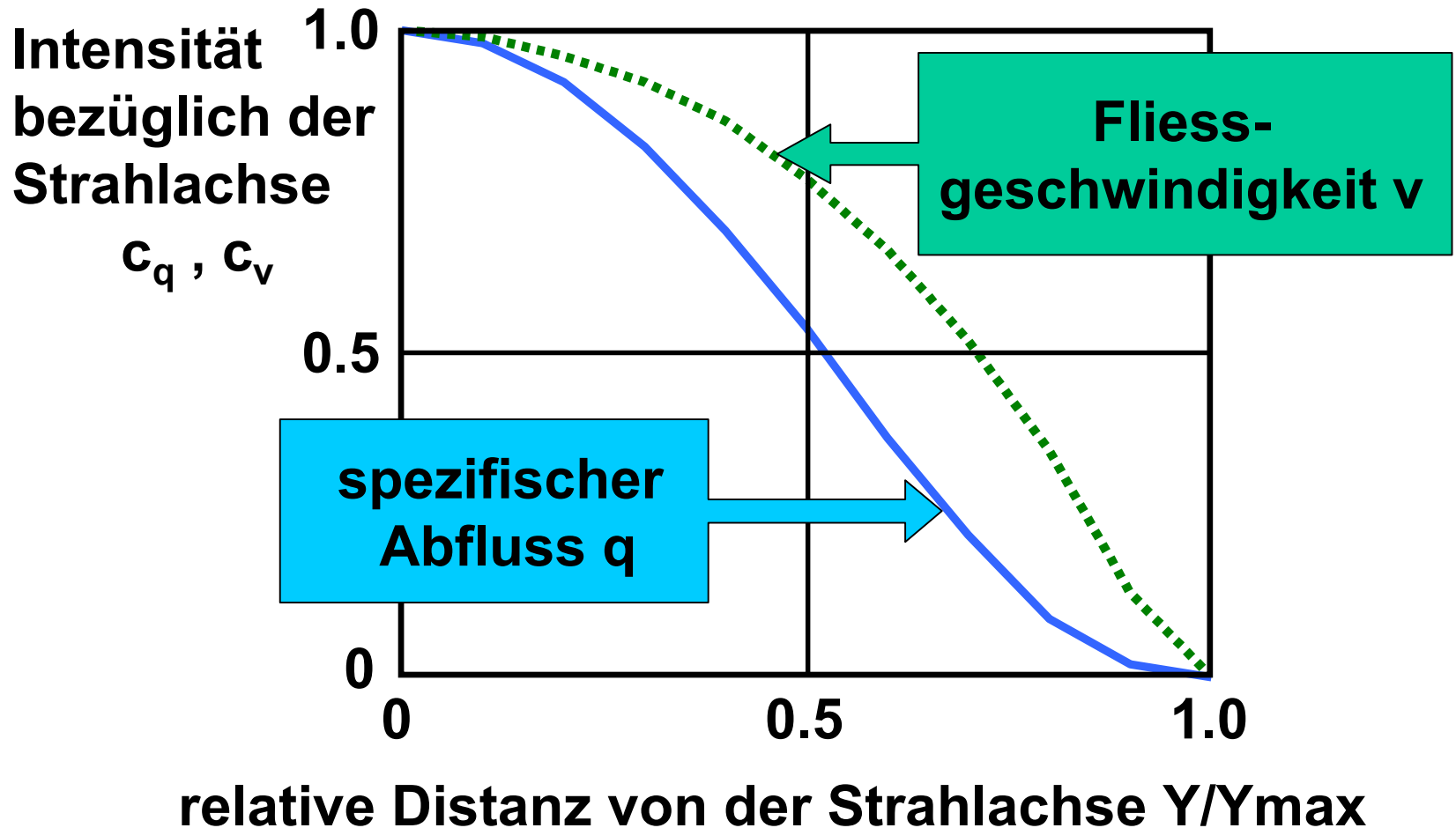
# seitliche Ausbreitung



# laterale Ausbreitung



# Abflussintensitäten



# Ergebnis



- Intensität  
 $I = v \cdot h$  [m<sup>2</sup>/s]
- Kriterium  
„besondere Gefahr“  
erfüllt?
- Wenn ja,  
Stauanlage wird der  
StAV unterstellt

# Kommentare zu den Folien (1)

- # Folie 1  
Um zu beurteilen, ob eine Stauanlage eine besondere Gefahr darstellt, sind die Auswirkungen einer im Bruchfalle entstehenden Flutwelle abzuschätzen. Dies kann, wie gezeigt wird, auf rasche und einfache Weise erfolgen.
- # Folien 2 und 3  
Inhaltsverzeichnis
- # Folie 4  
Eine Stauanlage untersteht bekanntlich dann der Stauanlagenverordnung, wenn sie gewisse Abmessungen bezüglich Stauhöhe und Stauvolumen überschreitet, nämlich bei mehr als 10 m Stauhöhe bzw. bei mindestens 5 m Stauhöhe und gleichzeitig mehr als 50'000 m<sup>3</sup> Stauvolumen. Kleinere Stauanlagen unterstehen dann der Stauanlagenverordnung, wenn sie das Kriterium der besonderen Gefahr erfüllen.
- # Folie 5  
Eine besondere Gefahr besteht dann, wenn die Intensität der Überflutung beim Bruch der Stauanlage bestimmte Werte übersteigt. Die Intensität wird als Produkt von Fliessgeschwindigkeit  $v$  und Abflusshöhe  $h$  definiert, welche mit einer Flutwellenabschätzung zu ermitteln sind.
- # Folie 6  
Je nach betroffenem Objekt gelten unterschiedliche Schwellenwerte der Intensität. In diesem Diagramm sind sie als Funktion der Abflusstiefe  $h$  und der Fliessgeschwindigkeit  $v$  aufgetragen. So besteht eine besondere Gefahr für Wohnhäuser, Arbeitsräume oder Eisenbahnlinien, wenn die Intensität 2 m<sup>2</sup>/s übersteigt. Für den Strassenverkehr oder Campingplätze gelten jedoch bereits Intensitäten von 0.5 m<sup>2</sup>/s als besondere Gefahr.
- # Folie 7  
Die Abschätzung der Flutwelle erfolgt unter der Annahme eines Momentanbruchs des gefüllten Speichers. Dabei wird üblicherweise vom bis zum Stauziel voll gefüllten Speicher ausgegangen. In Fällen, wo keine oder eine verstopfungsanfällige Hochwasserentlastung vorhanden ist, soll vom bis zur Kronenkote gefüllten See ausgegangen werden.

## Kommentare zu den Folien (2)

### # Folie 8

Verstopfungsanfällige Hochwasserentlastungen sind solche, wo insbesondere Gras, Laub, Astwerk und andere Objekte den geringen Durchflussquerschnitt oder die Rechen mit grösster Wahrscheinlichkeit verstopfen können und den See über die Krone zum Überlaufen bringen, was zur Breschenbildung und damit zum Bruch der Stauanlage führen kann.

### # Folie 9

Beim Bruch eines Absperrbauwerks entsteht eine Bresche von unterschiedlicher Grösse. Das Beispiel hier zeigt die Bresche eines Hochwasserrückhaltebeckens, das anlässlich des Hochwassers 2002 bei Glashütte in Sachsen gebrochen war. Der Erddamm wies eine Höhe von 9 m und ein Stauvolumen von 60'000 m<sup>3</sup> auf. Die trapezförmige Bresche wurde rechts begrenzt durch die Felsoberfläche der Foundation und links durch den mit Geschwemmsel vollständig verstopften Dammdurchlass. (Foto: <http://www.heimatverein-cunnersdorf.de>)

### # Folie 10

Eine andere und auch grössere Bresche entstand im Jahr 2002 bei einem Speicher für Bewässerung in Syrien. Die ebenfalls trapezförmige Bresche im Damm war recht breit, entsprechend etwa der dreifachen Stauhöhe.

### # Folie 11

Für unsere Flutwellenabschätzungen gelten folgende Annahmen für die Breschenformen und -grössen: Bei Betonmauern wird ein Totalbruch der gesamten Mauer angenommen. Bei kleineren Dämmen, welche sicher die Mehrzahl der hinsichtlich der besonderen Gefahr zu untersuchenden Stauanlagen ausmachen, wird eine Standardbresche angenommen. Ihre Basisbreite entspricht der doppelten Wassertiefe und die seitlichen Böschungen weisen Neigungen von 45° auf.

### # Folie 12

Der Maximalabfluss aus der Bresche kann mit einfachen Näherungsformeln aufgrund der Breschengeometrie berechnet werden. Rechteckige Breschenformen kommen zum Beispiel bei Gewichtsmauern oder Stauwehren vor, dreieckige bei Bogenmauern, trapez- und parabelförmige Breschen kommen bei eigentlich allen Sperrtypen, aber insbesondere bei Dämmen, vor. Zu bemerken ist auch, dass bei einer Verbreiterung der Bresche der Abfluss linear zunimmt, während er bei Vergrösserung der Höhe bzw. der Breschentiefe exponentiell mit  $3/2$  zunimmt.

# Kommentare zu den Folien (3)

## # Folie 13

Um die Grösse des Abflusses in einer gewissen Distanz unterhalb der Sperre zu ermitteln, ist zuerst festzustellen, ob der Abfluss ein- oder zweidimensional erfolgt. In den meisten Fällen ist eine Talform vorhanden, wo der Abfluss in einem durch Querschnitte definierbaren Gerinne erfolgt. Hier kommt ein eindimensionales Verfahren zur Anwendung. Nur dort, wo sich der Abfluss auf einer geneigten Ebene allseitig ausbreiten kann, ist der Einsatz eines zweidimensionalen Verfahrens angebracht.

## # Folie 14

Für die Durchführung vereinfachter eindimensionaler Flutwellenberechnungen sind verschiedene Verfahren bekannt. Ein praktisches und übersichtliches ist das CTGREF-Verfahren aus Frankreich, welches von Hand durchgeführt werden kann. Unter dem Namen CASTOR wurde es als PC-Version weiterentwickelt. Ein weiteres einfaches Verfahren für PC ist das Simplified Dam-Break Model aus den USA, wo es sich einer gewissen Beliebtheit erfreut.

## # Folie 15

Damit auch einfache, zweidimensionale Flutwellenausbreitungen abgeschätzt werden können, haben wir durch Dr. Beffa ein Parameterverfahren entwickeln lassen, das es erlaubt, mit einfachen Formeln und Diagrammen die Intensität der Überflutung an vorgegebenen Stellen zu ermitteln. Andere ähnlich einfache 2D-Verfahren sind uns nicht bekannt.

## # Folie 16

Betrachten wir als Beispiel einer eindimensionalen Flutwellenabschätzung ein typisches Becken für eine Beschneigungsanlage. Für das an einer Hangverflachung gelegene Becken, das durch Abtrag und Dammschüttung gebildet wird, sind zuerst die massgebenden Stauhöhe und Stauvolumen zu ermitteln. Falls der Untergrund erosionsfest ist, kann die ursprüngliche Terrainlinie als Bezugshorizont dienen. Wenn aber der Untergrund nicht als erosionsfest zu betrachten ist, was meistens der Fall sein dürfte, ist die volle Stauhöhe massgebend. Man erkennt, dass im unteren Fall das Unterstellungskriterium aufgrund der Abmessungen erfüllt ist. Beim oberen Fall ist mit der Flutwellenberechnung abzuklären, ob das Kriterium der besonderen Gefahr erfüllt ist.

# Kommentare zu den Folien (4)

## # Folie 17

Aufgrund der topographischen Situation sind das Abflussgebiet festzulegen und die Lage des oder der interessierenden Punkte zu definieren. In diesem Fall hier folgt der Abfluss dem natürlichen Gerinne bis zur Ortschaft, wo uns in einer Distanz von rund 4 km unterhalb des Speichers die Abflussintensität interessiert.

## # Folie 18

Mit dieser Darstellung des Längenprofils können die wenigen Größen gezeigt werden, welche für die Berechnung erforderlich sind. Nebst den vorher erwähnten Angaben zum Speicher - nämlich dem Volumen und den Breschenparametern - benötigt man das globale Gefälle  $J$  zwischen Speicher und betrachtetem Punkt sowie einen globalen  $K$ -Wert nach Strickler für die Sohlenreibung. Im betrachteten Punkt werden weiter das lokale Gefälle  $J_1$  und die lokale Reibung  $K_1$  benötigt.

## # Folie 19

Die Ermittlung des Maximalabflusses im betrachteten Punkt erfolgt mit diesem Diagramm. Die Abszisse enthält die Distanz  $X$  und das Speichervolumen  $V$ . Die Kurvenschar ist eine Funktion von Globalgefälle und  $K$ -Wert, und in der Ordinate kann der Maximalabfluss als Bruchteil des Breschenabflusses abgelesen werden. In unserem Beispiel ergibt der Wert für die Abszisse 110. Wegen des steilen Geländes wird  $JK^2$  relativ hoch und der Maximalabfluss im Punkt  $X$  erreicht immer noch 76% der Breschenabflussmenge.

## # Folie 20

Um nun die Wassertiefe im betrachteten Punkt zu bestimmen, ist ein Querprofil zu legen und dieses einem der 4 Standardtypen der geometrischen Form zuzuordnen. Mit den gegebenen Werten: Maximalabfluss  $Q_{\max}$ , lokalem Gefälle  $J_1$  und lokalem  $K$ -Wert  $K_1$  sowie den Formparametern des Querschnitts  $L$  und  $m$  kann die gesuchte Abflusstiefe  $h$  ermittelt werden.

## # Folie 21

Zu diesem Zweck ist eine kleine Berechnung einer Zwischenvariablen erforderlich, die als  $D_{\max}$  bezeichnet wird. Die Formel enthält die gegebenen Werte des Querschnitts. Gelb unterlegt sind dies diejenigen für den vorliegenden Fall des Trapezprofils.



# Kommentare zu den Folien (5)

## # Folie 22

Damit steigt man in ein weiteres Diagramm, um eine weitere Zwischenvariable  $U_{\max}$  zu ermitteln. Die 4 Kurven sind den 4 geometrischen Standardquerschnittstypen zugeordnet. In unserem Beispiel beträgt  $D_{\max} = 0.232$ . Auf der Kurve für das Trapezprofil wird der gesuchte Wert für  $U_{\max} = 0.44$  bestimmt.

## # Folie 23

Und schliesslich wird die Wassertiefe  $h$  mittels einer weiteren kleinen Formel aus dieser Zwischenvariablen  $U_{\max}$  verbunden mit den Parametern der geometrischen Querschnittsform berechnet.

## # Folie 24

Schliesslich kann die Fliessgeschwindigkeit  $v$  aufgrund der maximalen Abflussmenge  $Q_{\max}$  und der Wassertiefe  $h$  bestimmt werden. Zuerst ermittelt man die Fläche des Durchflussquerschnitts aufgrund der Geometrie. Und anschliessend wird die Fliessgeschwindigkeit  $v$  berechnet. Damit sind  $h$  und  $v$  bekannt und somit auch die gesuchte Intensität der Überflutung.

## # Folie 25

Wie bereits erwähnt, ist bei einem flachen Abflussgebiet, wie zum Beispiel bei einem Längsdamm einer Flusstauhaltung, eine 2-dimensionale Modellierung der Flutwelle erforderlich.

## # Folie 26

Das einfache Parameterverfahren nach Beffa benötigt als Grunddaten: die Breschentiefe  $H$  und Breschenbreite  $B$ , das Speichervolumen  $Vol$ , das Sohlengefälle  $S$  des ebenen Abflussgebiets sowie einen Wert für die Rauigkeit  $D$ , welcher aus dem  $K$ -Wert nach Strickler berechnet werden kann. Für die Ermittlung der Abflusshöhe  $h$  und Fliessgeschwindigkeit  $v$  im gesuchten Punkt sind dessen Koordinaten  $x$  und  $y$  bezogen auf den Breschenmittelpunkt erforderlich.

## # Folie 27

Mit diesen gegebenen Daten werden normalisierte und dimensionslose Parameter gebildet, welche es nachher gestatten, mit Hilfe von Diagrammen die gesuchten Werte herauszulesen. Die dafür massgebenden Werte sind die Breschenparameter  $B$  und  $H$  sowie das Speichervolumen  $Vol$ . Im Weiteren werden aber noch skalierte Werte für den spezifischen Abfluss und die Fliessgeschwindigkeit benötigt, die hier nicht dargestellt wurden.

# Kommentare zu den Folien (6)

## # Folie 28

Mit diesem Diagramm wird der spezifische Abfluss in Richtung der Strahlachse und in Funktion des Sohlengefälles bestimmt. Man erkennt den zunehmenden Einfluss des Sohlengefälles bei grösser werdender Distanz von der Bresche. Den spezifischen Abfluss erhält man durch Multiplikation des hier herausgelesenen Werts mit dem skalierten Wert für  $Q$ .

## # Folie 29

Mit einem ähnlichen Diagramm wird die Fliessgeschwindigkeit in Richtung der Strahlachse bestimmt. Hier tritt der Einfluss des Sohlengefälles noch stärker in Erscheinung. Und auch die Fliessgeschwindigkeit wird durch Multiplikation des herausgelesenen Werts mit dem skalierten Wert für  $v$  bestimmt.

## # Folie 30

Für die seitliche Ausbreitung der Flutwelle wurden weitere Diagramme entwickelt, und zwar für die seitliche Begrenzung  $Y_{\max}$  der Überflutung sowie für die Abflussintensitäten zwischen der Strahlachse  $x$  und der seitlichen Begrenzung.

## # Folie 31

Die seitliche Ausbreitung nimmt mit zunehmendem Abstand von der Bresche bzw. mit abnehmendem Sohlengefälle zu. Insbesondere ist auch zu erkennen, dass bei grossem Gefälle fast keine seitliche Ausbreitung erfolgt.

## # Folie 32

Die Abflussintensitäten für jeden Punkt zwischen Strahlachse und seitlicher Begrenzung der Ausbreitung können aus diesem Diagramm leicht abgelesen werden. Die Abszisse zeigt die Relativedistanz zwischen Strahlachse bei 0 und der seitlichen Begrenzung  $Y_{\max}$  bei 1. Die Ordinate zeigt die Grösse der Fliessgeschwindigkeit bzw. des spezifischen Abflusses bezogen auf deren Wert in der Strahlachse.

## # Folie 33

Das Ergebnis dieser Berechnungen liefert wiederum die Intensität  $v \times h$ . Für das betrachtete Objekt ist nun zu klären, ob das Kriterium „besondere Gefahr“ erfüllt ist. Ist das Kriterium „besondere Gefahr“ erfüllt, wird die Stauanlage der Stauanlagenverordnung unterstellt. Dies dürfte zum Beispiel bei diesem Objekt zweifellos erfüllt gewesen sein, als es beim Bruch des vorher gezeigten Hochwasserrückhaltebeckens Glashütte in Mitleidenschaft gezogen wurde. (Foto: <http://www.heimatverein-cunnersdorf.de>)

# Zuordnungsmatrix zu Gefährdungsklassen "erheblich" und "gering"

## ANHANG 4

### Schwellenwerte der Einwirkung

SCHUTZGÜTER		v.h $\leq 0,5m^2/s$ h $\leq 0,5m$	v.h $> 0,5m^2/s$ h $> 0,5m$	v.h $\leq 2,0m^2/s$ h $\leq 1,0m$	v.h $> 2,0m^2/s$ h $> 1,0m$	$\leq$ SHQ	$>$ SHQ
		Flucht zu Fuß möglich	Flucht zu Fuß Lebensgefahr	Schäden an Gebäuden	Gefährdung der Standsicherheit	Schadensgefahr	Gefährdung der Standsicherheit
<b>Betroffene Personen</b>							
1	Personen ohne Vorwarnung und/oder ohne Fluchtmöglichkeit (bewohnte Kellerräume, öffentliche Campingplätze, Kinderspielplätze, Veranstaltungsplätze,..)	gering	erheblich				
2	Personen im Inneren von Gebäuden bei Vorwarnung und mit Fluchtmöglichkeit in obere Stockwerke			gering	erheblich		
<b>Betroffene Gebäude</b>							
3	öffentliche Gebäude von besonderer Bedeutung (Notfalleinrichtungen, Kultur, Verwaltung, ..)	gering	erheblich				
4	sonstige Gebäude von besonderem Wert (Wohnhäuser, Betriebseinrichtungen, ..)			gering	erheblich		
<b>Betroffene Sonstige Einrichtungen</b>							
5	wichtige öffentliche Einrichtungen (Infrastruktur, Notfalleinrichtungen, ...)	gering	erheblich				
6	wichtige öffentliche Verkehrswege ohne Ausweichmöglichkeit	gering	erheblich				
7	Eisenbahnen und Einrichtungen zur Personenbeförderung (wenn auf SHQ bemessen)					gering	erheblich
8	Brücken und Brückenfundamente wichtiger Verkehrswege und Eisenbahnen (wenn auf SHQ bemessen)					gering	erheblich
9	Anlagen mit gefährlichen Gütern (z.B. Öltanks) - im Einzelfall abzuklären			gering	erheblich		
10	Bauten auf Uferböschungen			gering	erheblich		
11	Wasserbauten (wenn auf SHQ bemessen)					gering	erheblich
12	Brücken und Brückenfundamente untergeordneter Verkehrswege						gering
13	Geparkte Autos ohne Vorwarnung	gering	erheblich				