



# Bundesamt für Wasserwirtschaft

Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung



lebensministerium.at

...kein Wässerchen trüben...



**Bundesamt für Wasserwirtschaft**

Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung



lebensministerium.at

# Dimensionierung von Rampen

## Dimensionierungsmöglichkeiten, Steinbemessung

20.1.2010

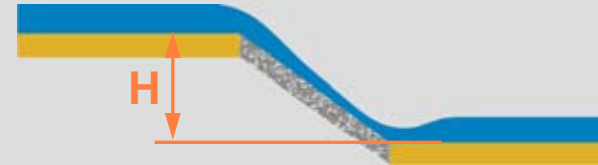
Ursula Stephan

# Inhalt

- Einleitung
- Gleichgewichtsgefälle
- Stabilität der Rampe  
(Dimensionierung Riegel-, Beckensteine, Schlichtung)
- Nachbett  
(Dimensionierung Steingrößen, Länge, Belegungsichte)
- Wehrhöhe

# Einleitung

Alternativen zu Querbauwerken:



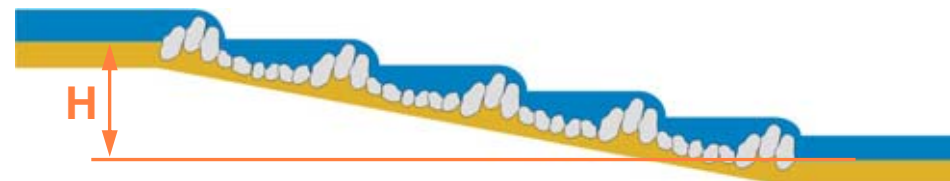
Laufverlängerung



Gewässeraufweitung



**Rampe, z.B.  
aufgelöste Rampen**



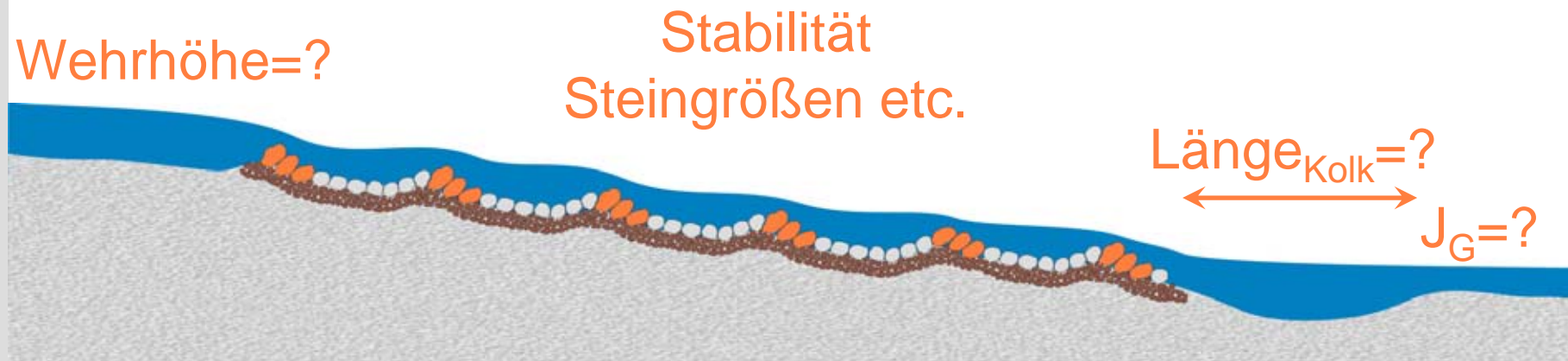
# Einleitung

## Rampentypen

- Schüttsteinrampe
- Blocksteinrampe (Schaubergerrampe)
- Aufgelöste Rampe (unstrukturiert)
- Aufgelöste Rampe (unstrukturiert, eigendynamisch)
- Aufgelöste Rampe (Riegelrampe)
- Aufgelöste Rampe (Holzpfehlrampe)

# Vorgangsweise

$$\text{Rampenhöhe} = \frac{\Delta S + \text{Wehrhöhe} + \text{Kolklänge} \times J_G}{(1 - J_G/J_R)}$$



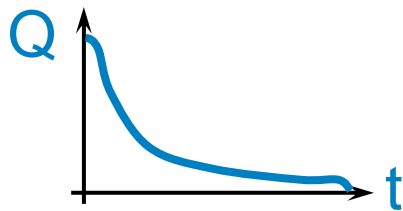
- ① Gleichgewichtsgefälle
- ② Stabilität der Rampe
- ③ Nachbett
- ④ Wehrhöhe
- ⑤  $\Rightarrow$  Festlegung der Rampenhöhe

# Gleichgewichtsgefälle

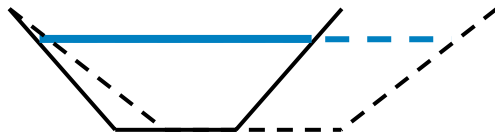
Voraussetzung für die Planung einer Rampe ist die Kenntnis des Gleichgewichtsgefälles.

**Gleichgewichtsgefälle** = Funktion von

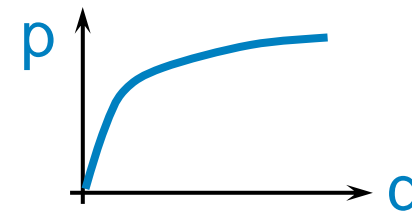
- Hydrologie



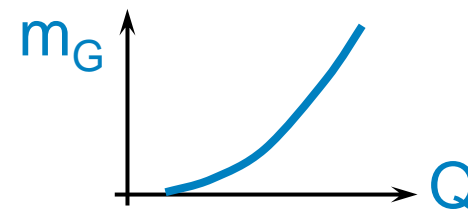
- Fließquerschnitt



- Korngrößen



- Geschiebemenge



# Gleichgewichtsgefälle

Hydrologie

trocken

abhängig von:

Wetter, Klima

nass

Korngröße

hoch

Geschiebequellen,  
Maßnahmen im  
Einzugsgebiet

klein

Geschiebemenge

groß

Ereignissen,  
Maßnahmen im  
Einzugsgebiet, Klima

nieder

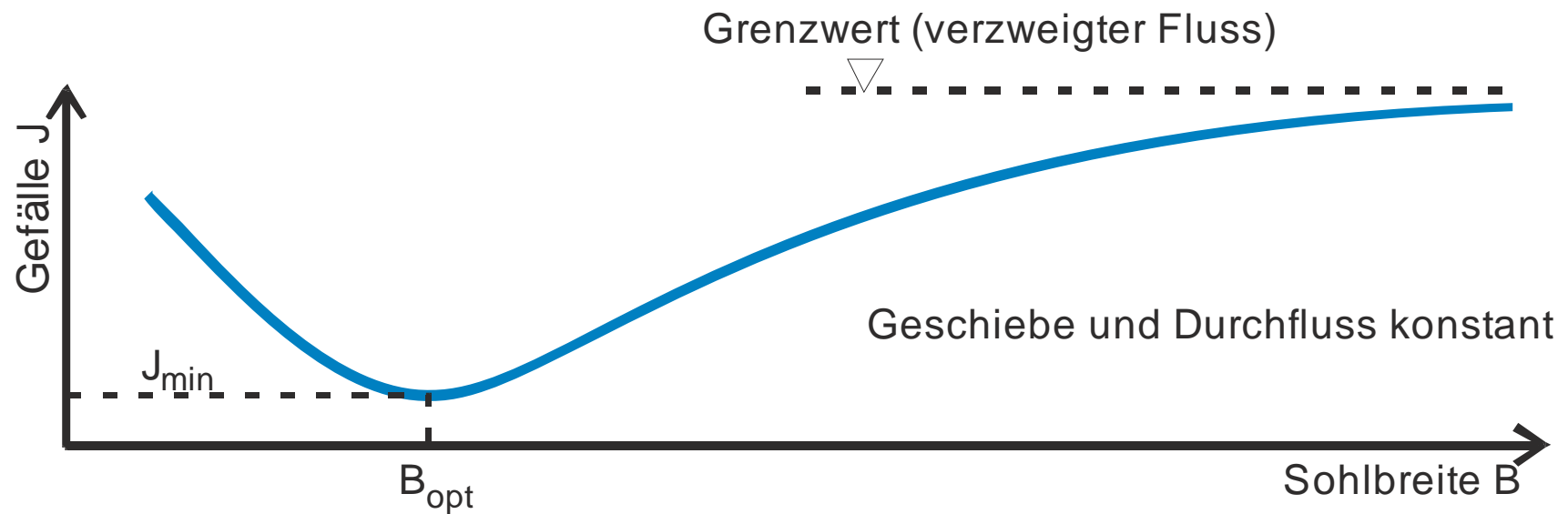


# Gleichgewichtsgefälle

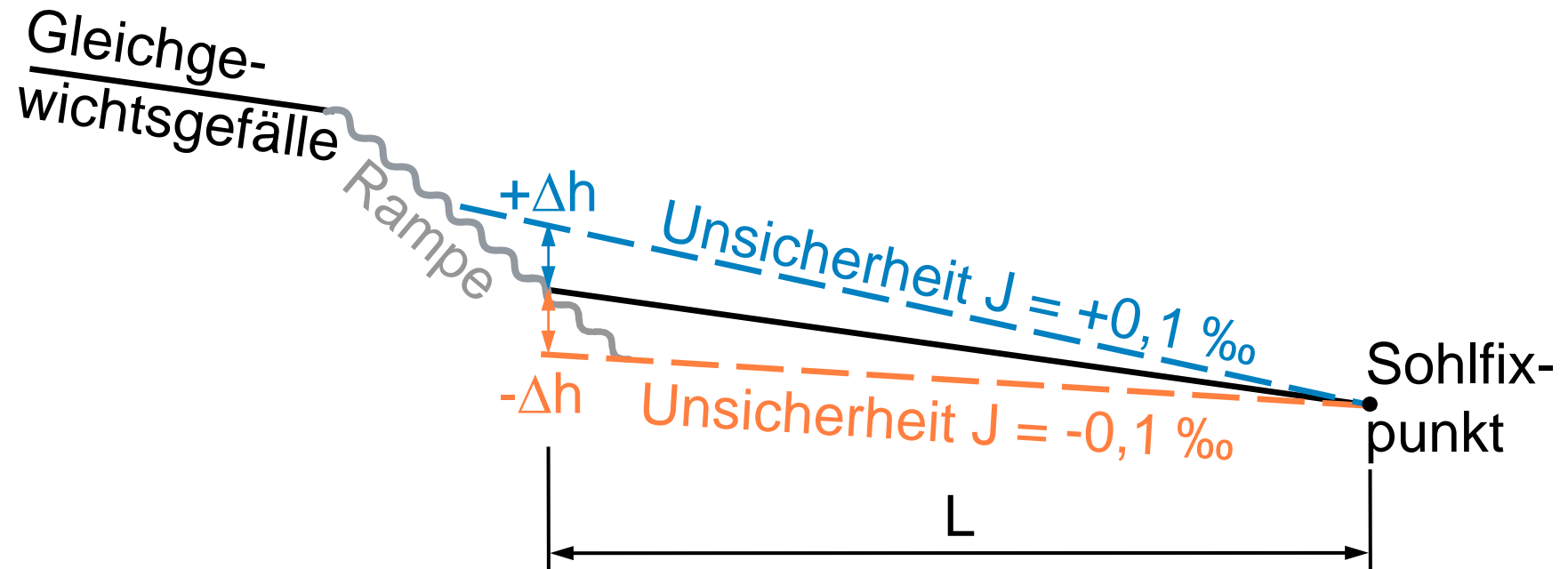
Abflussquerschnitt

breit, sehr schmal

schmal



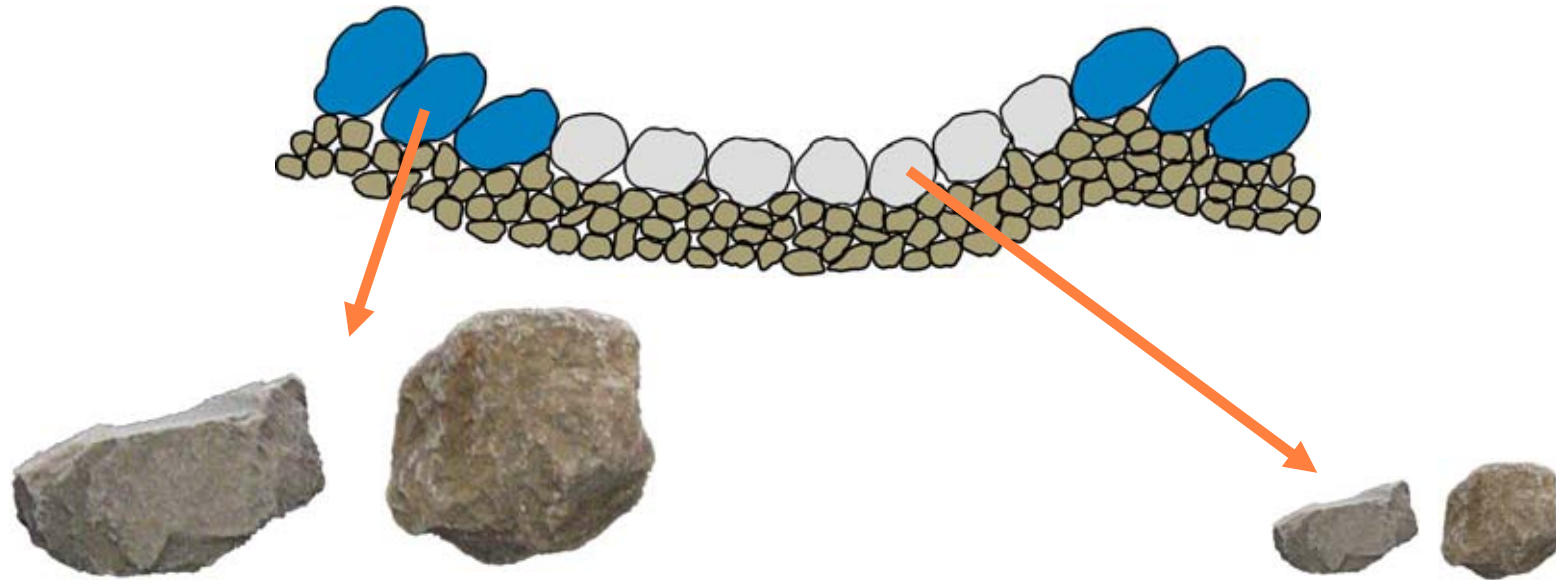
# Gleichgewichtsgefälle



bei Streckenlänge  $L = 5 \text{ km} \rightarrow \Delta h = 0,5 \text{ m}$

➔ keine punktuelle sondern gesamtheitliche Betrachtung !

# Stabilität



maßgeblich für die Riegelsteingröße

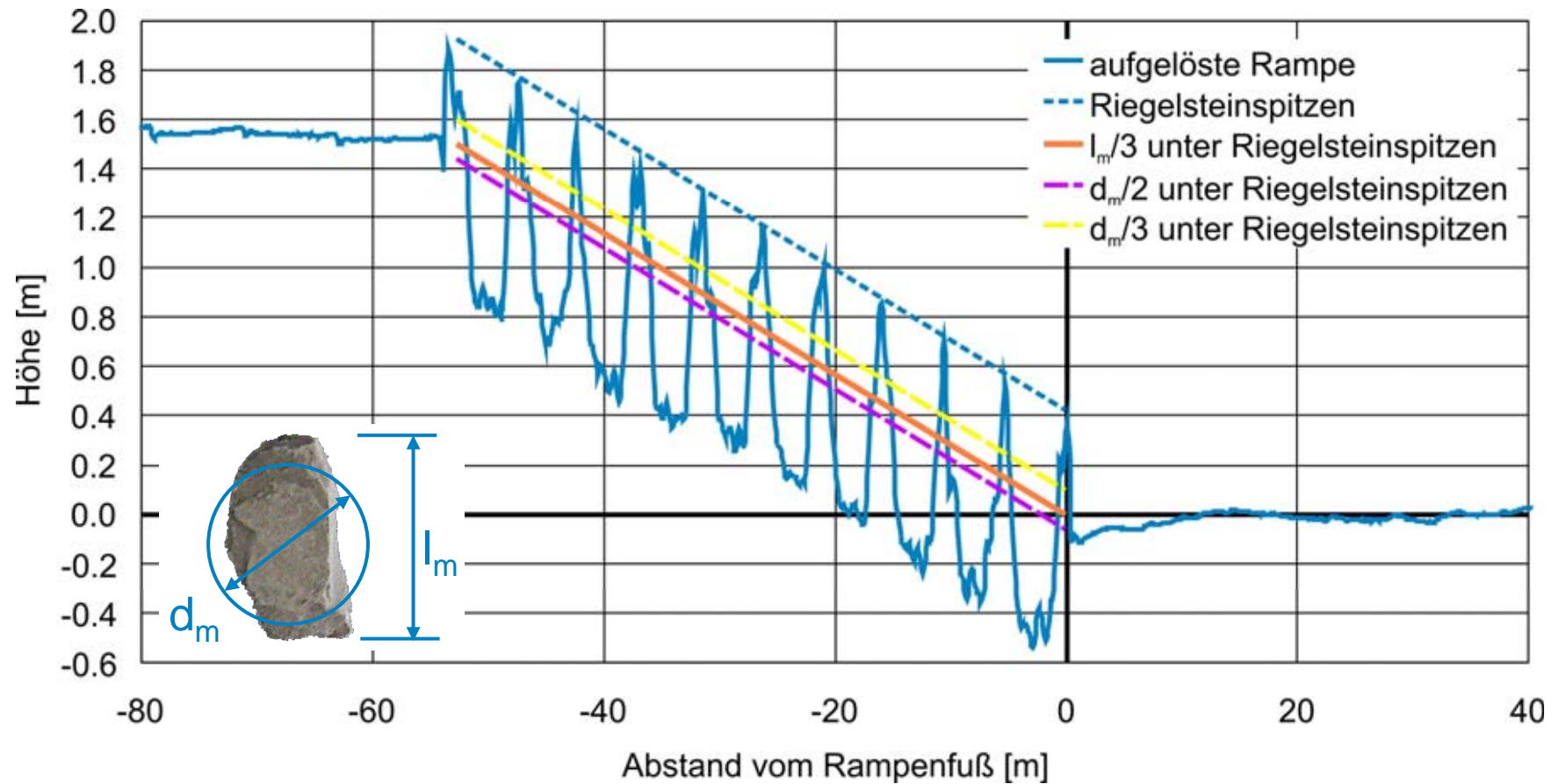
Beckensteingröße

Bemessungsabfluss (HQ100)  
Gefälle der Rampe  
Breite der Rampe

ca. 40-50% der  
Riegelsteingröße

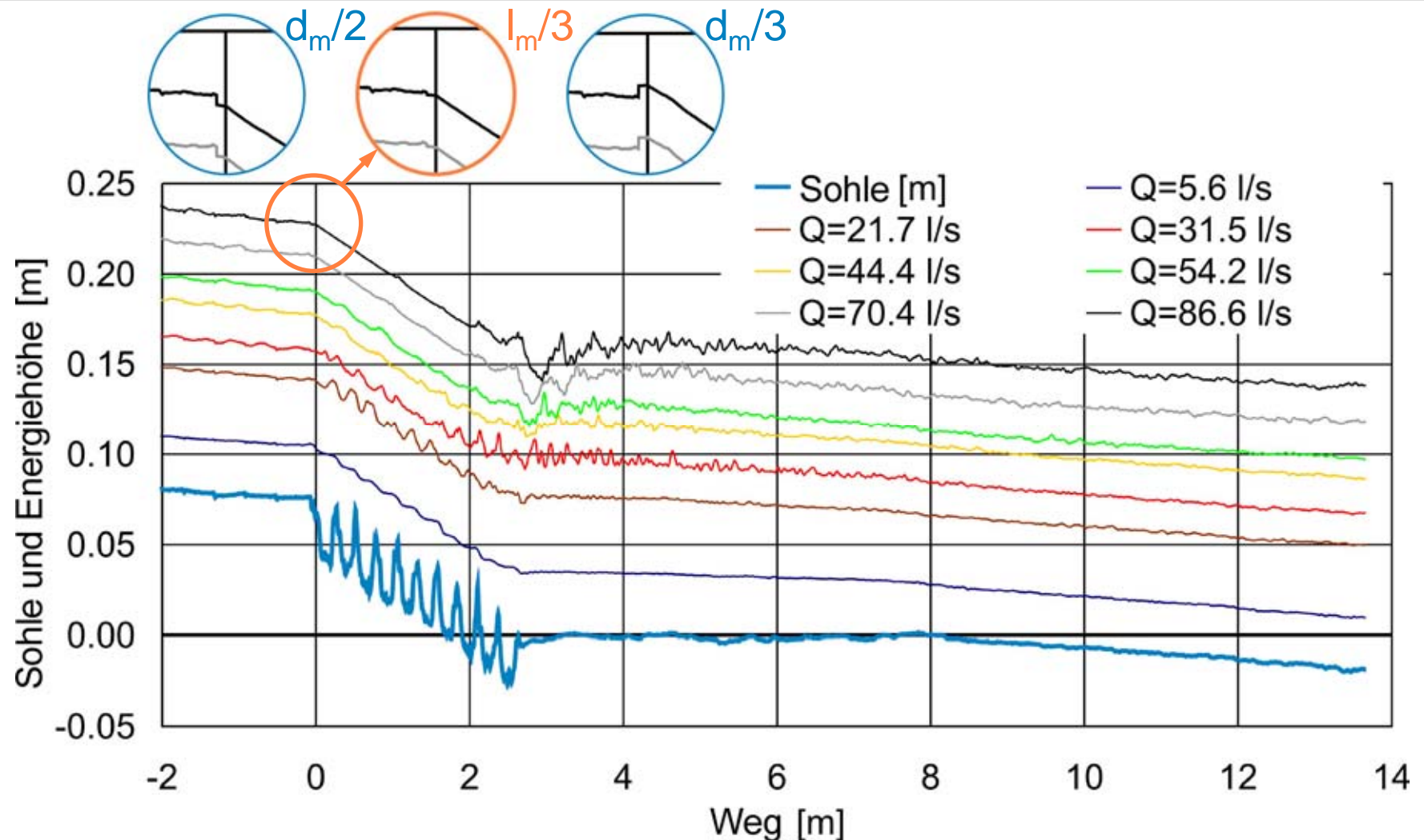
# Stabilität - Hydraulik

## Festlegung der mittleren Sohle auf der Rampe



# Stabilität - Hydraulik

## Festlegung der mittleren Sohle auf der Rampe



# Stabilität - Hydraulik

## Berechnung der mittleren Fließtiefe

### Ansatz nach Vogel (2003)

unterschätzt bei flachen Rampen die Rauheit  
Stricklerformel

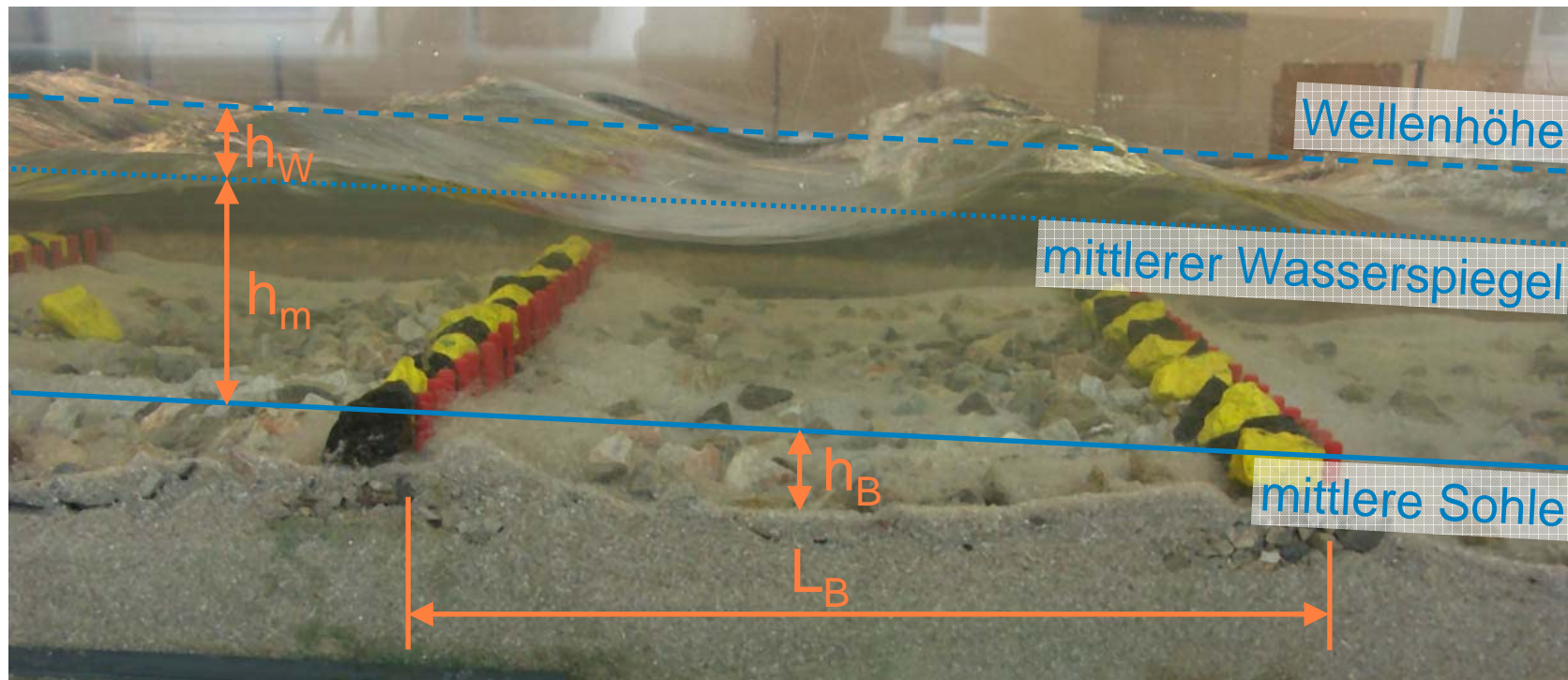
### Ansatz nach Pagliara & Chiavaccini (2006)

modifizierte Form  
allgemeine Fließformel



# Stabilität - Hydraulik - Hochwasserschutz

## Abschätzung der Wellenhöhe



$$h_w = 0,42 \cdot L_B \cdot \left( \frac{h_m}{h_B} \right)^{-1,52} \quad \text{für } h_m/h_B > 2$$

# Stabilität - Riegelsteine

## SOHLSCHUBSPANNUNG (Gefälle 1-4 %)

$$\theta_{cr} = \frac{\tau}{g \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot d_R} \quad \text{mit } 0,030 < \theta_{cr} < 0,035$$

$$\tau = \rho_w g \cdot R_h \cdot J_E = \text{Sohlschubspannung}$$

$d_R$  ... Riegelsteindurchmesser

$\theta_{cr}$  ... dimensionslose kritische Sohlschubspannung

$J_E$  ... Energieliniengefälle auf der Rampe

$R_h$  ... hydraulischer Radius

➔ iterativer Prozess!

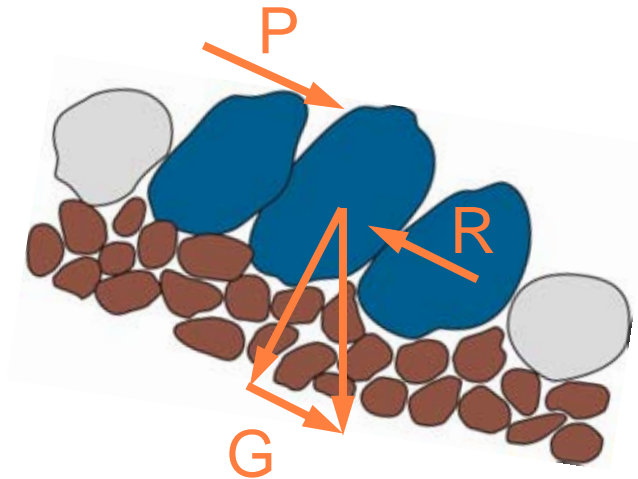




# Stabilität - Riegelsteine

ANSATZ DES KRÄFTEGLEICHGEWICHTS (Gefälle 1-5 %)

$$P + G = R$$



$P$  ... Strömungskraft  $\leftarrow v_m$  bzw.  $v_{gr}$ ,  $d_m$ , Anströmfläche  
 $R$  ... Reibungskraft  $\leftarrow d_m$ , Reibungswinkel  
 $G$  ... Gewichtskraft  $\leftarrow d_m$ , Neigungswinkel

# Stabilität - Riegelsteine

ANSATZ nach Korecky (2007) (Gefälle 1-3,3 %)

$$m_R = \frac{\rho_s}{g} \cdot \frac{9,81 \cdot q^2}{2650 \cdot (-0,197 \cdot \Omega^{-0,035} \cdot \ln(J) - 0,275 \cdot \Omega^{-0,129})^2}$$

$\Omega$  ... Toleranzgrad

z.B.  $\Omega = 0,03$  wenn beim Bemessungsabfluss  
3 % der Steine bewegt werden dürfen.

# Stabilität - Beckensteine

## SOHLSCHUBSPANNUNG

$$\theta_{cr} = \frac{\tau}{g \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot d_B} \quad \text{mit } 0,065 < \theta_{cr} < 0,090$$

$d_B$  ... Beckensteindurchmesser



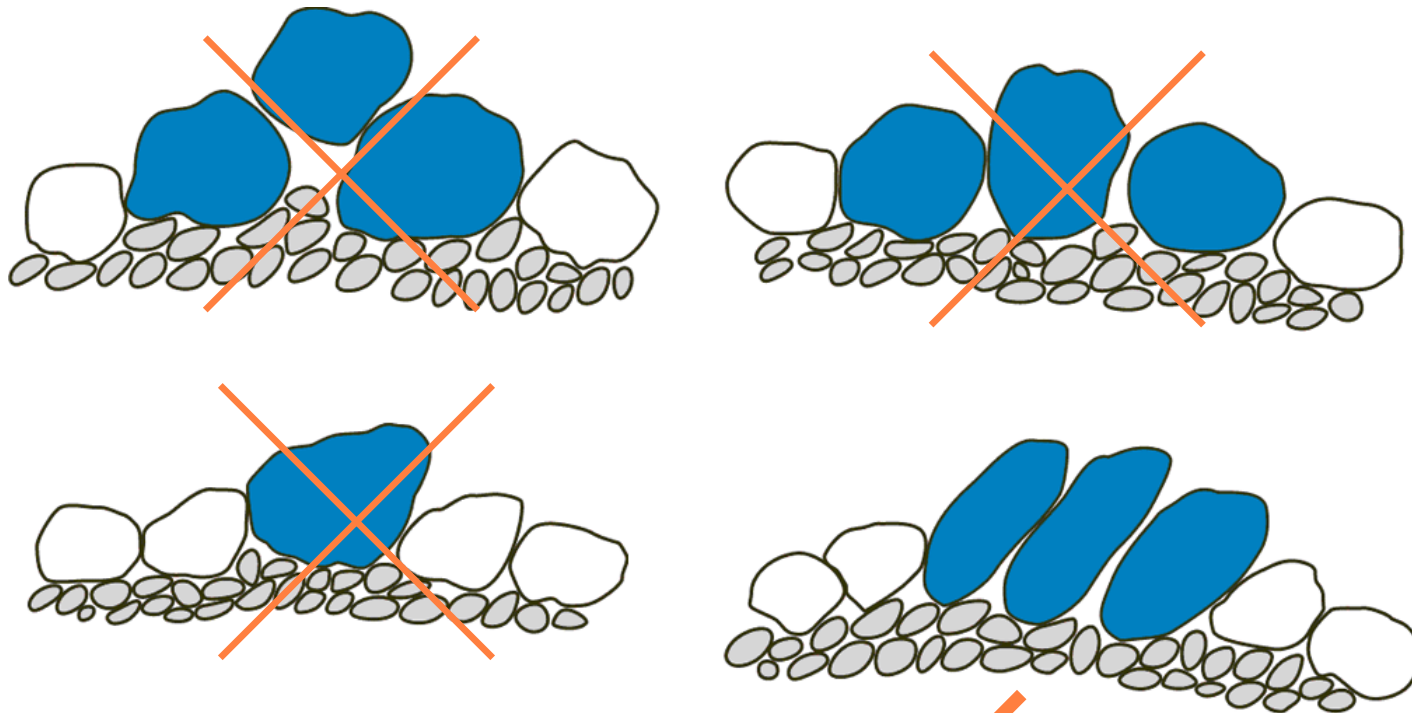
$$d_B = \text{ca. } 0,43 \cdot d_R$$



$$m_B = \text{ca. } 0,08 \cdot m_R$$

# Stabilität - Schichtung

Schichtung hat Einfluss auf die Stabilität einer aufgelösten Rampe.



aus Modellversuchen:

**dachziegelartige Schichtung bewirkt größte Stabilität**

# Stabilität - Untergrund

## Filterschicht

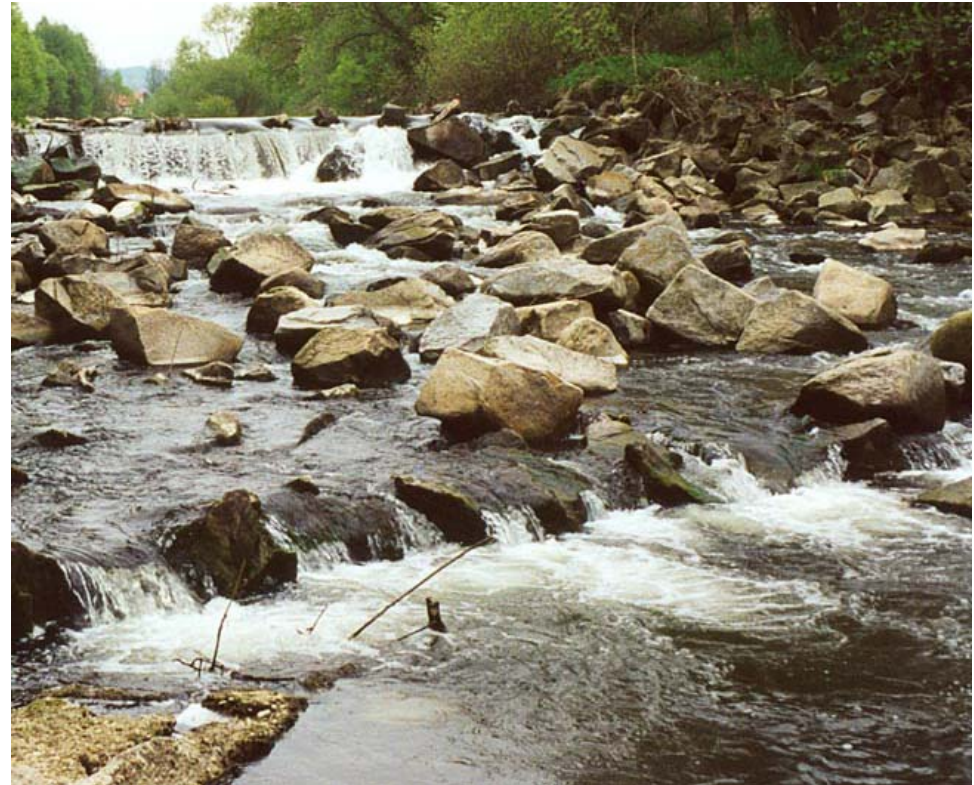


Filterregel:

$$d_F = \text{ca. } (0,1-0,25) \cdot d_R$$

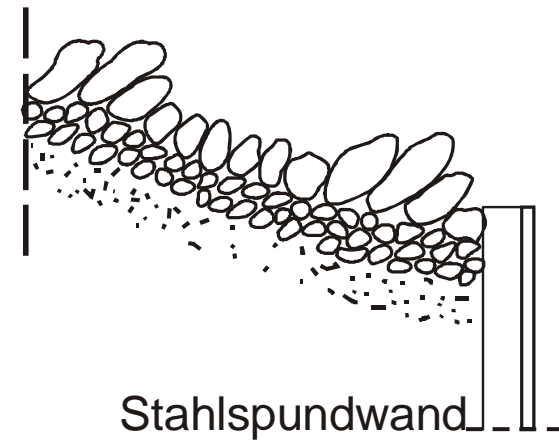
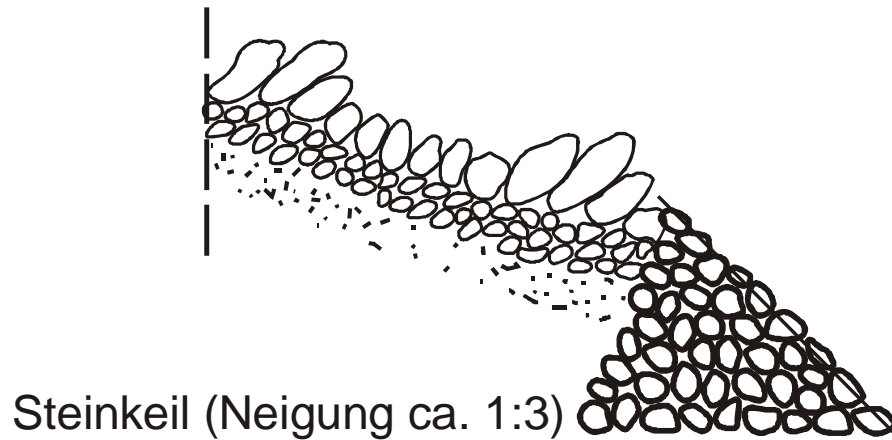
2-lagig

$d_F$  ... Durchmesser des Filterschichtmaterials



# Stabilität - Rampenfußsicherung

- Steinkeil
- Spundwand bzw. Schienenzaun





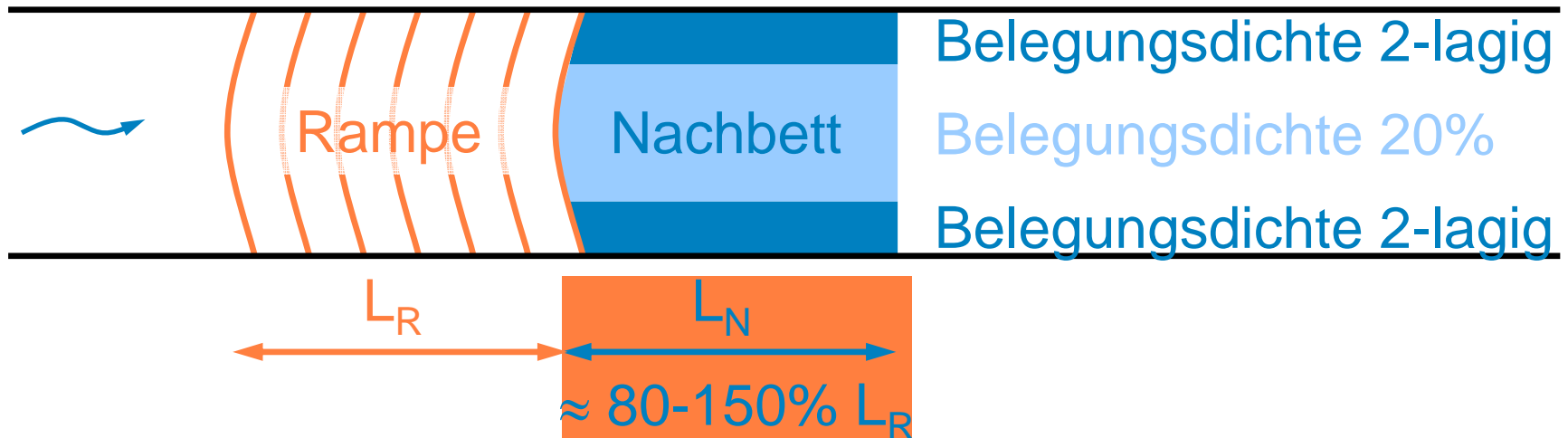
# Nachbettschutz

## SOHLSCHUBSPANNUNG

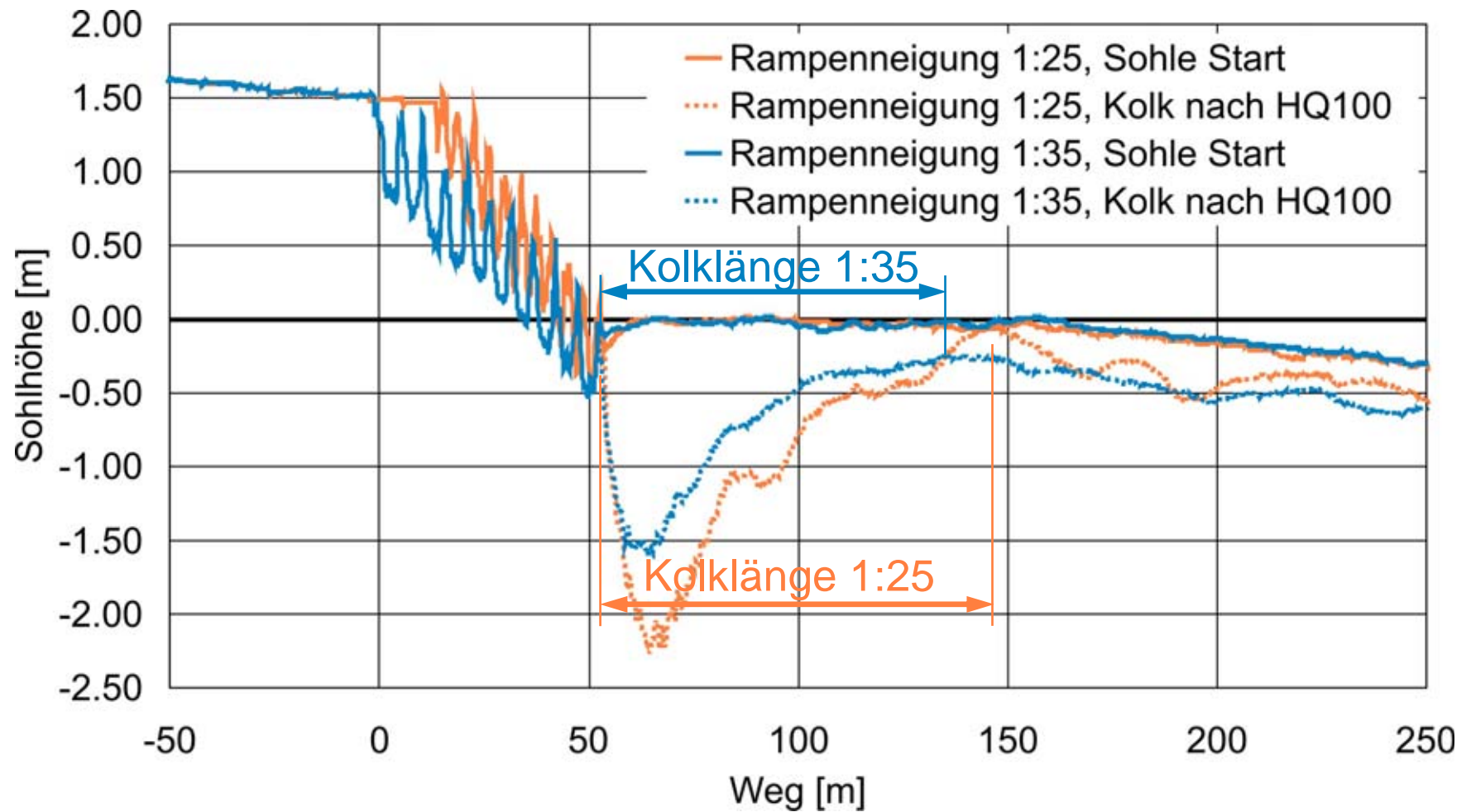
$$\theta_{cr} = \frac{\tau_{UW}}{g \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot d_N} \quad \text{mit } 0,010 < \theta_{cr} < 0,015$$

$d_N$  ... Durchmesser Steine Nachbettsicherung

$\tau_{UW}$  ... Sohlschubspannung der Strecke stromab der Rampe



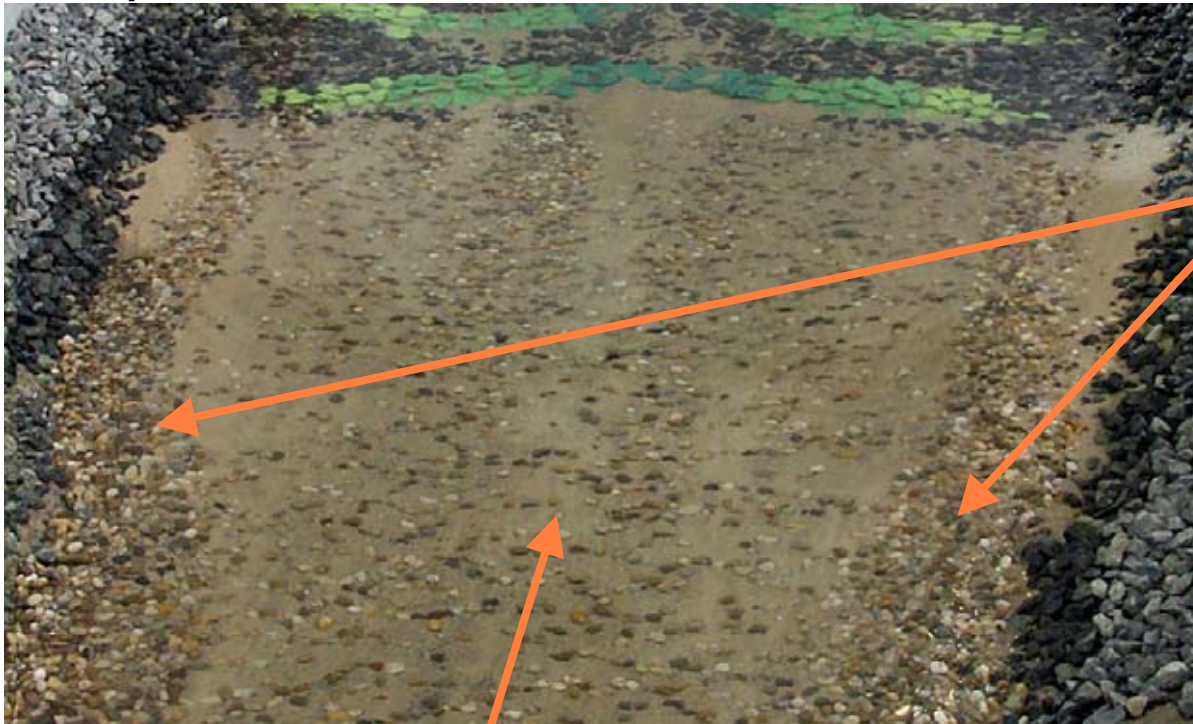
# Nachbettschutz





# Nachbettschutz

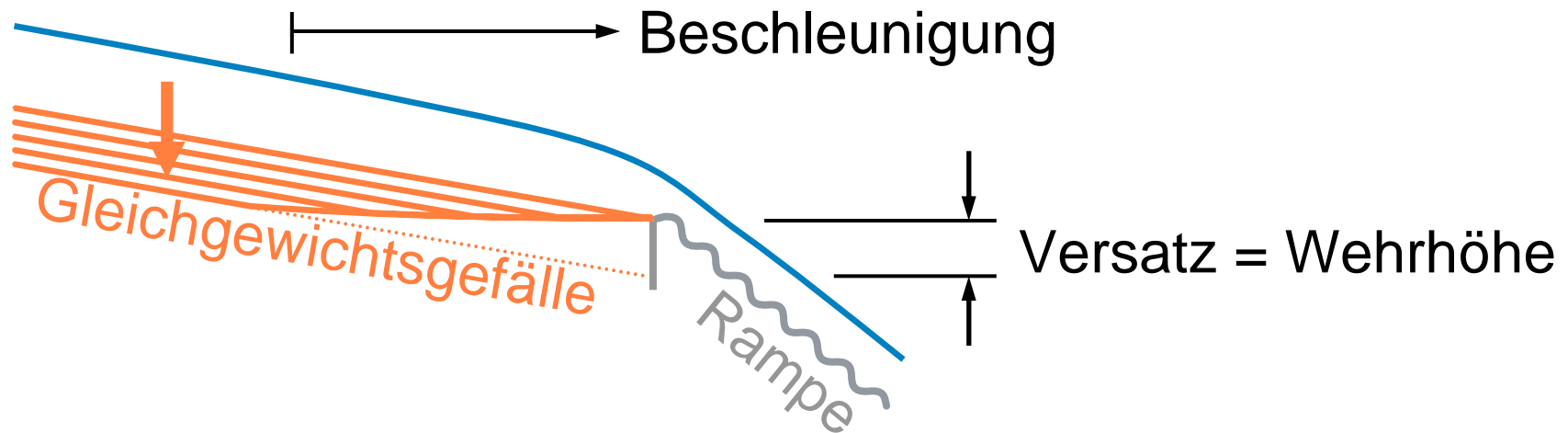
## Beispiel: Modellversuch Saalach



Randstreifen  
(2-lagig)

Flächenschutz auf 80 – 150% Rampenlänge  
(20% Belegungsichte)

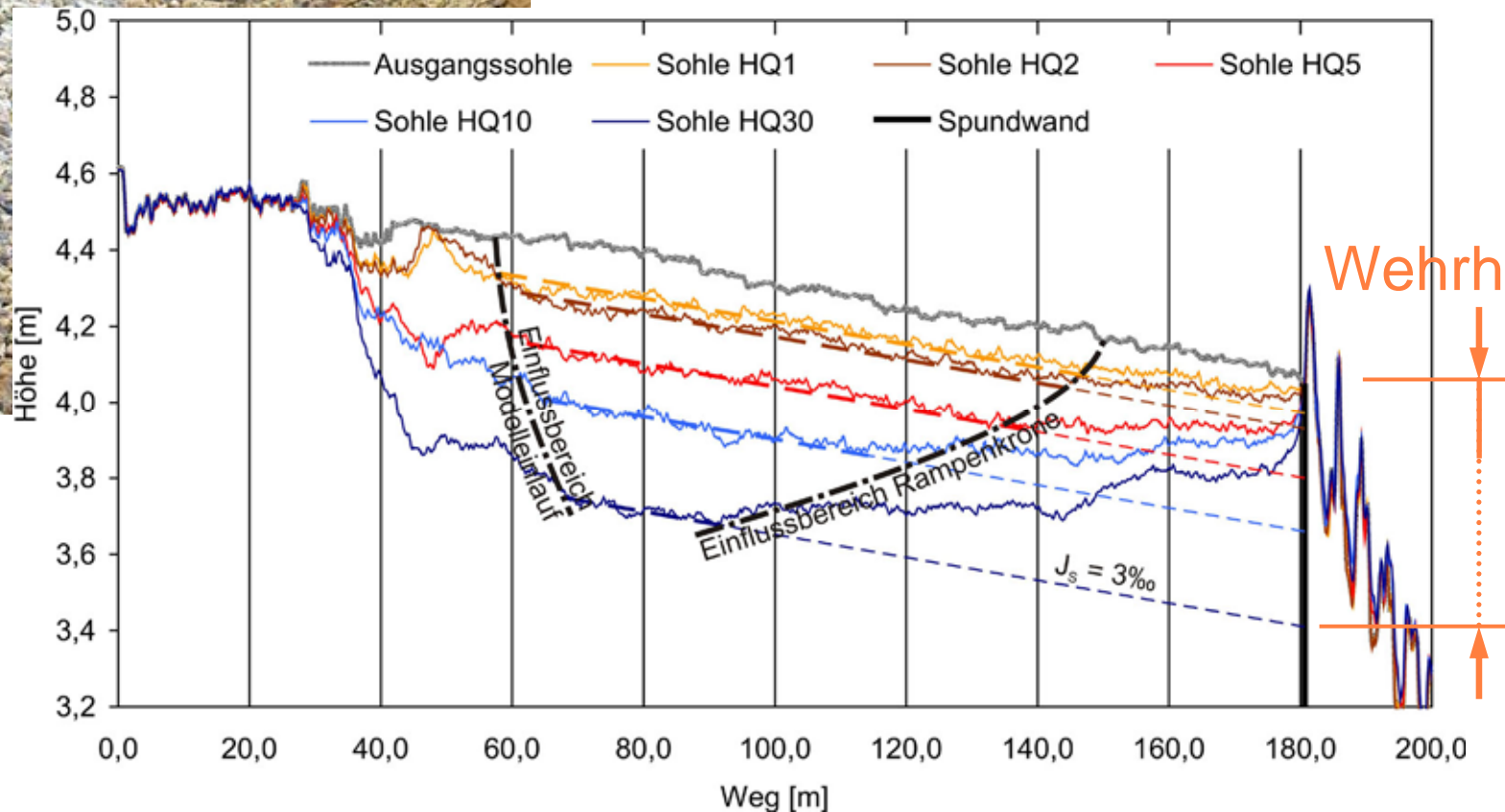
# Wehrhöhe



## Wehrhöhe = Funktion von

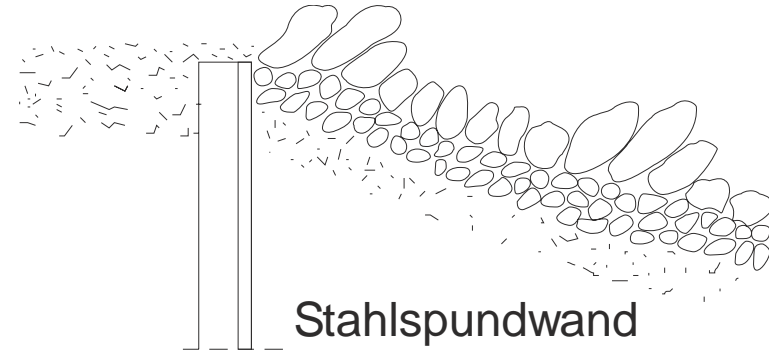
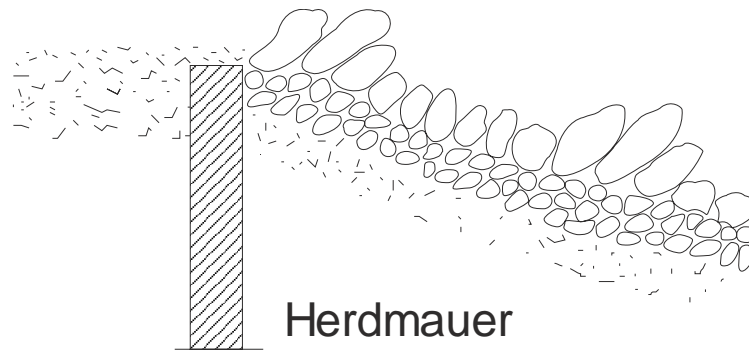
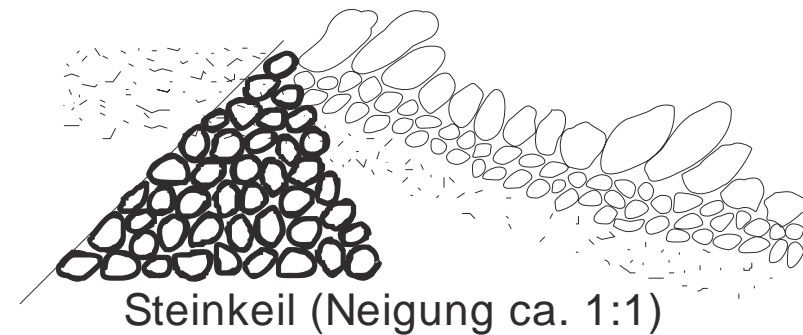
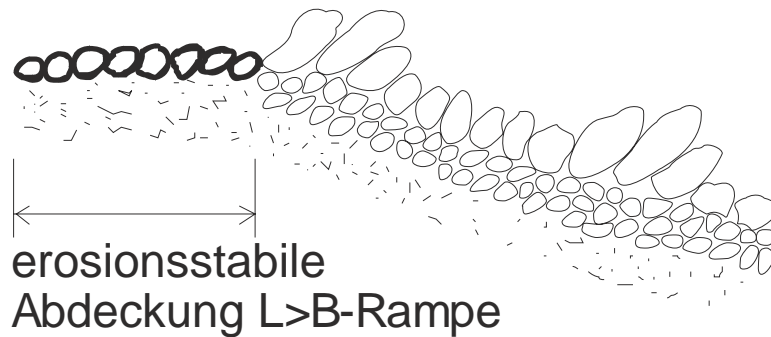
- Hydrologie
- Fließquerschnitt im Oberwasser
- Energiehöhe
- Geschiebe (Korngröße, Menge)

# Wehrhöhe



# Sicherung der Rampenkronen

- Erosionsstabile Abdeckung
- Steinkeil
- Spundwand bzw. Herdmauer bzw. Schienenzaun



# Zusammenfassung

- Gleichgewichtsgefälle
- Stabilität der Rampe  
(Dimensionierung Riegel-, Beckensteine, Schlichtung)
- Nachbett  
(Dimensionierung Steingrößen, Länge, Belegungsichte)
- Wehrhöhe



**Bundesamt für Wasserwirtschaft**

Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung



lebensministerium.at

**[www.baw-iwb.at](http://www.baw-iwb.at)**

Severingasse 7, 1090 Wien

Ursula Stephan

[ursula.stephan@baw.at](mailto:ursula.stephan@baw.at)