

**BELASTUNGEN VON SOHLE UND DECKWERK DURCH
SCHNELLERE BINNENSCHIFFE BEI ANWENDUNG HEUTIGER
BEMESSUNGSANSÄTZE**

***TRADITIONAL DESIGN PATTERNS FOR CALCULATION OF
FORCES ON BOTTOM AND EMBANKMENTS AND THEIR USE FOR
FAST SHIPS FOR INLAND NAVIGATION***

von / by

Michael HEIBAUM

Renald SOYEAUX

Belastungen von Sohle und Deckwerk durch schnelle Binnenschiffe bei Anwendung heutiger Bemessungsansätze

**Dr.-Ing. M. Heibaum
Dr.-Ing. R. Soyeaux**



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau

1

Belastungen von Sohle und Deckwerk durch schnelle Binnenschiffe bei Anwendung heutiger Bemessungsansätze

Teil 1: Hydraulische Belastungsgrößen

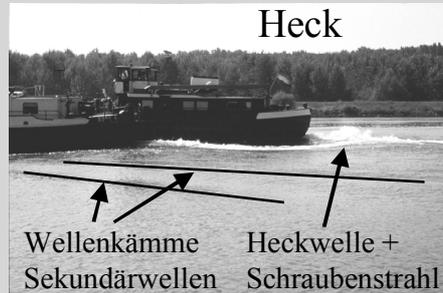
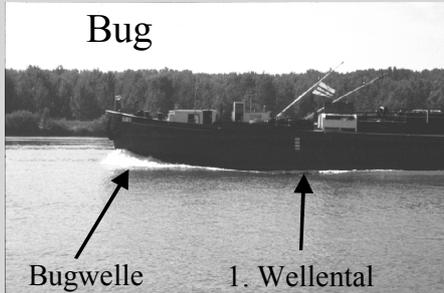
Dr.-Ing. R. Soyeaux



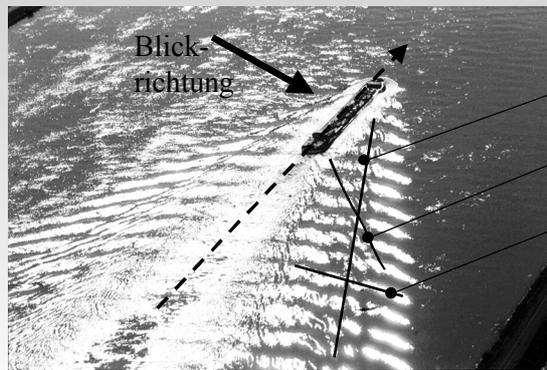
BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau

2

Schiffsinduzierte Wellen



Primärwellen
und
Sekundärwellen

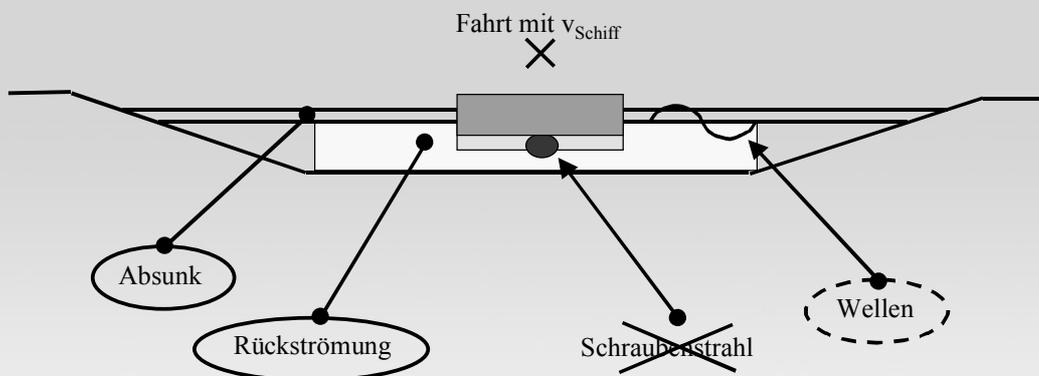


- Interferenzlinie
- Divergenzwelle
- Querwelle



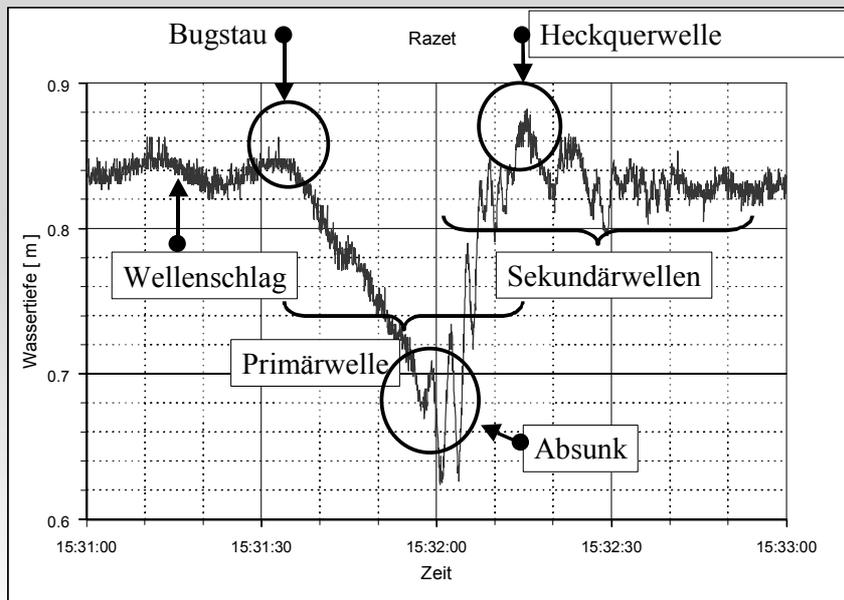
Hydraulische Belastungskomponenten

Schiff im Trapez-Profil

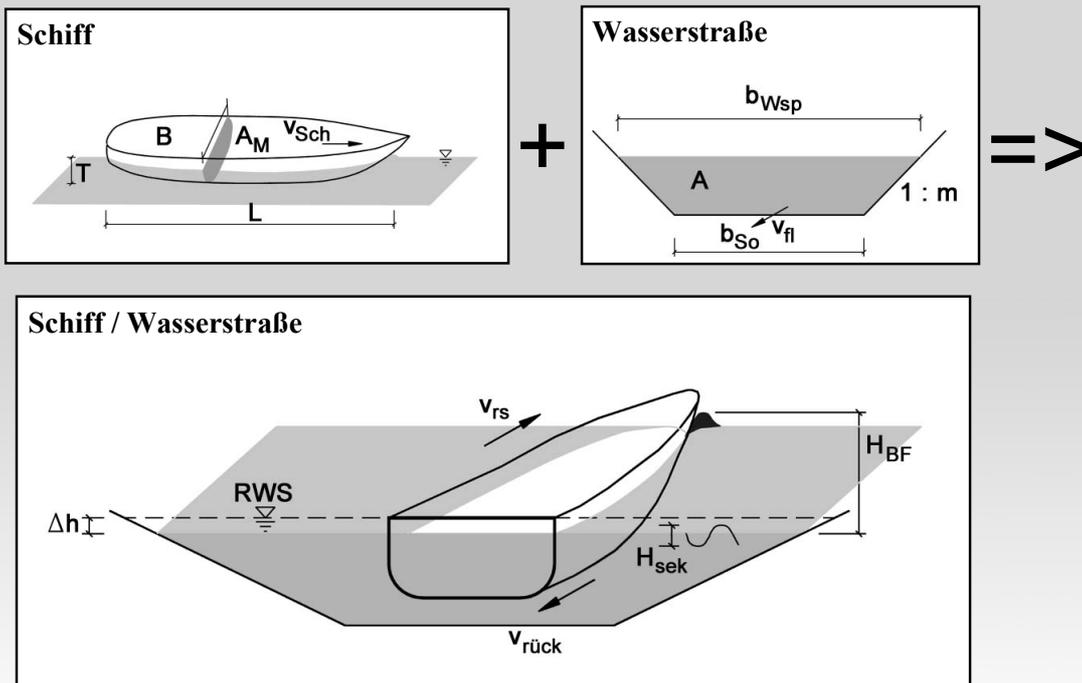


Wellenhöhenmessung am Ufer

typischer Verlauf, Neckar-km 78,900

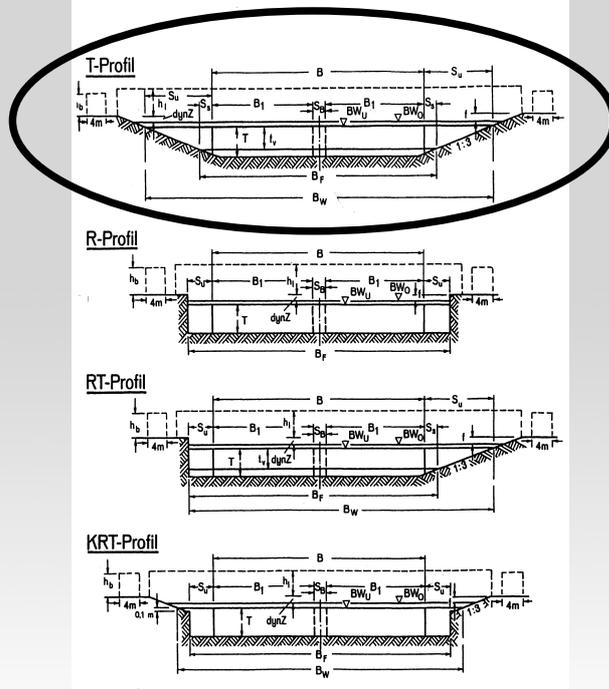


Einflussgrößen

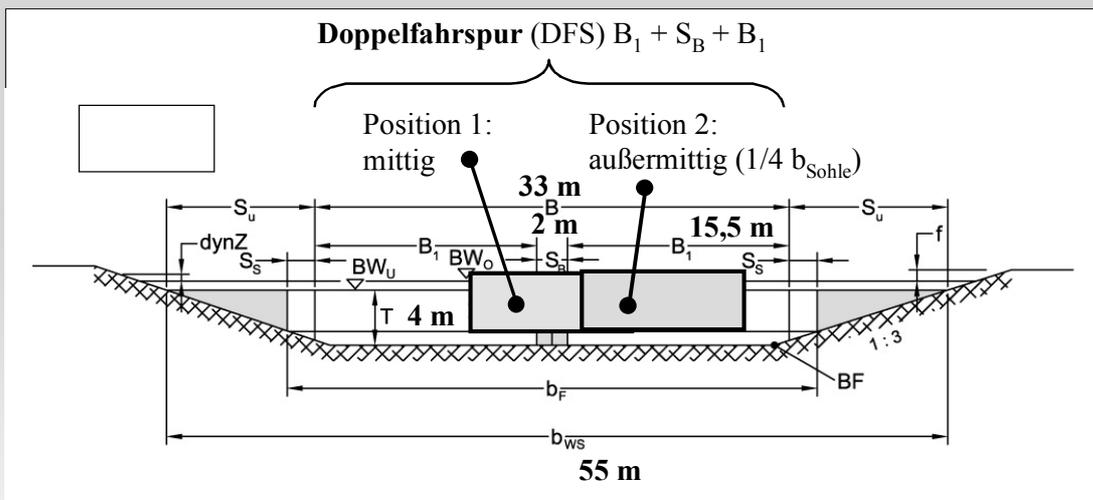


Regelquerschnitte

nach
 /Richtlinien für
 Regelquerschnitte
 von Schiffahrts-
 kanälen, 1994/



Regel-Trapez-Profil



Kritische Schiffsgeschwindigkeit bei mittiger Fahrt

$$V_{\text{krit}} = c_a \cdot c_p \cdot C^* \sqrt{g \cdot h_m}$$

h_m [m] - mittlere Wassertiefe
 $h_m = A/b_{\text{wsp}}$

A [m²] - Gewässerquerschnitt

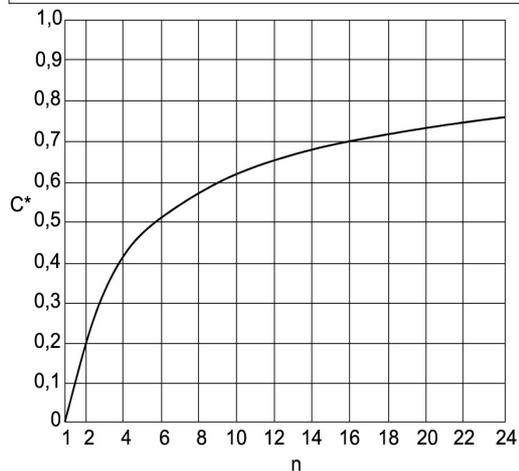
b_{wsp} [m] - Wasserspiegelbreite

C^* [-] - Beiwert

n [-] - Querschnittsverhältnis
 $n = A/A_M$

A_M [m²] - eintauchender
 Hauptspantquerschnitt

$$(C^*)^3 + (C^*)^2 \cdot 6 \left(1 - \frac{1}{n}\right) + (C^*) \left[12 \left(1 - \frac{1}{n}\right)^2 - 27\right] + 8 \left(1 - \frac{1}{n}\right)^3 = 0$$



c_a [-] - Außermittigkeitsbeiwert

c_p [-] - Propulsionsbeiwert

$$c_a = 1 - 0,3 \left(\frac{A_{\text{Außerm.}}}{b_{\text{sohle}}} \right)$$

$$c_p = \left(1 - 0,11 / C^* n \right)$$



Rückströmgeschwindigkeit / Wasserspiegelabsenkung

Eindimensionale Lösung für Kanalfahrt

Grundgleichungen im engsten Durchflussquerschnitt neben dem Schiff

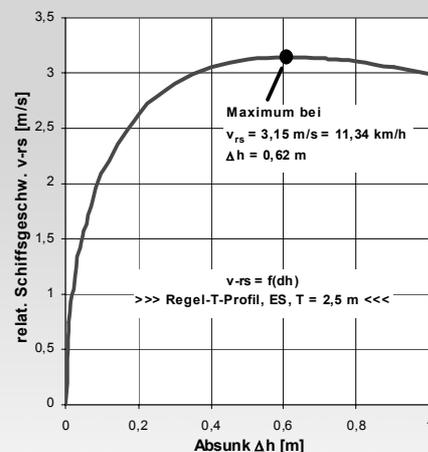
Bernoulli Gleichung + Kontinuitätsbeziehung

Mittlere maximale Rückströmgeschwindigkeit

$$V_{\text{rück}} = \frac{A_M + b_m \Delta h}{A - (A_M + b_m \Delta h)} V_{\text{sch}} = \frac{\Delta A}{A - \Delta A} V_{\text{sch}} \quad (\text{explizit})$$

Mittlere maximale Wasserspiegelabsenkung

$$V_{\text{sch}} = \sqrt{\frac{g \Delta h}{\frac{\Delta A}{A - \Delta A} + 0,5 \left(\frac{\Delta A}{A - \Delta A} \right)^2}} \quad (\text{implizit})$$



Wellenhöhe über dem Böschungsfusspunkt

Unterkritische Geschwindigkeit ($V_{rs} < V_{krit}$)

mittige Fahrt

$$H_{BF} = \xi \cdot \kappa (0,1 \cdot \varphi \cdot g \cdot h_m)^{-0,75} \cdot V_{rs}^{3,5}$$

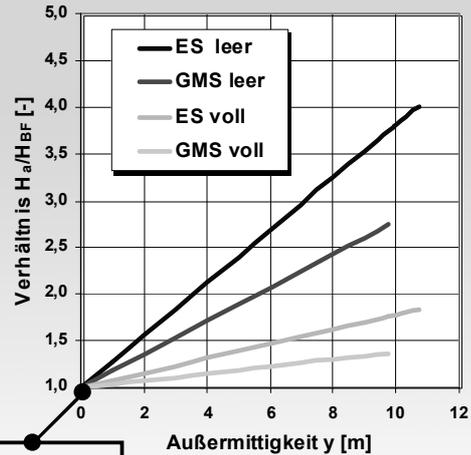
$$H_{BF} = f(V_{rs}^{3,5})$$

- mit: ξ [-] - Korrekturfaktor
 κ [-] - Querschnittsfaktor
 (mit korr. Querschnittsverhältnis α)
 φ [-] - Faktor (mit α)
 h_m [m] - mittlere Wassertiefe
 v_{rs} [m/s] - relative Schiffsgeschwindigkeit

außermittige Fahrt

$$H_a = H_{BF} \left[0,0086n^{2,5} \left(\frac{2y}{b_{So}} \right) + 1 \right]$$

- mit: n [-] - Querschnittsverhältnis
 y [-] - Exzentrizität
 b_{So} [m] - Sohlenbreite



mittige Fahrt



Steindurchmesser

/nach MBB/

erforderlicher mittlerer Steindurchmesser D_{n50}

- (1) für Wellenhöhe über Böschungsfusspunkt
 bei Normalfahrt

$$D_{n50} \geq \frac{H_B}{B_B' (\rho_S - \rho) / \rho m^3}$$

- (2) nach TLW

$$D_{TLW} = 1,6 D_{n50}$$

erforderliche Einbaudicke d_D

$$d_D = 1,5 \div 2,0 D_{n50}$$

- mit: H_B - Bemessungswellenhöhe [m] ρ - Dichte Wasser [kg/m³]
 B_B' - Beiwert [-] ρ_S - Dichte Schüttstein [kg/m³]
 m - Böschungsneigung [-]



Eingangsdaten

• Wasserstraße

Profil:
 Trapezprofil nach Richtlinien
 Wasserspiegelbreite $b_{ws} = 55 \text{ m}$
 Wassertiefe $h = 4 \text{ m}$
 Böschungsneigung $m = 3$

• Schiff

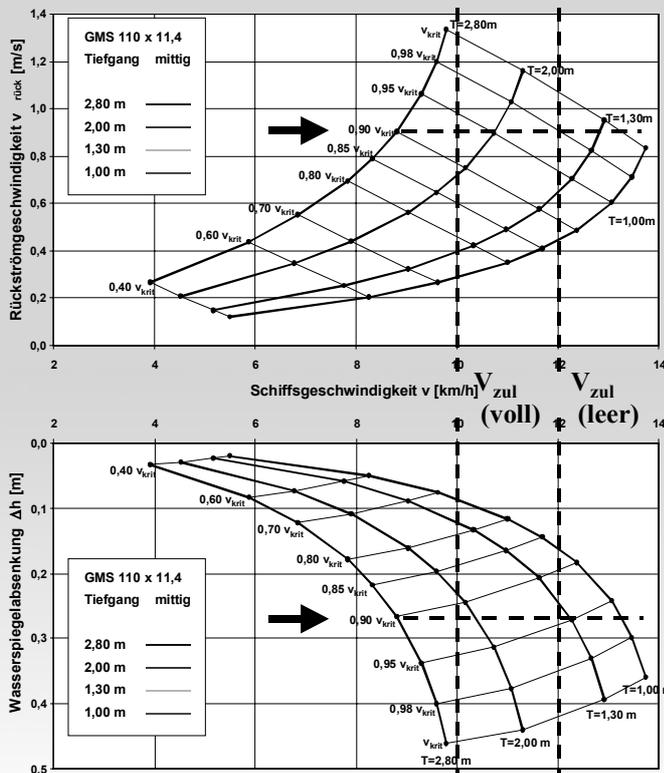
Typen:
 GMS: $L \times B = 110 \text{ m} \times 11,4 \text{ m}$, Einzelfahrer
 Tiefgänge:
 $T(\text{konv. GMS}) = 2,80 \text{ m}$ (= volle Abladung)
 $T(\text{schnelles GMS}) = 1,00 \text{ m}$ (Annahme)

• Schiff / Wasserstraße

Positionen:
 Fahrt mittig (ohne Drift) Schiffsachse = Kanalachse
 Fahrt außermittig (ohne Drift) Schiffsachse bei $1/4 b_{\text{Sohle}}$

Schiffsgeschwindigkeiten
 mittige/außermittige Fahrt: bis $100 \% v_{\text{krit}}$

Vorschriften: $T > 1,3 \text{ m}$: $v_{\text{zul}} = 10 \text{ km/h}$
 $T < 1,3 \text{ m}$: $v_{\text{zul}} = 12 \text{ km/h}$



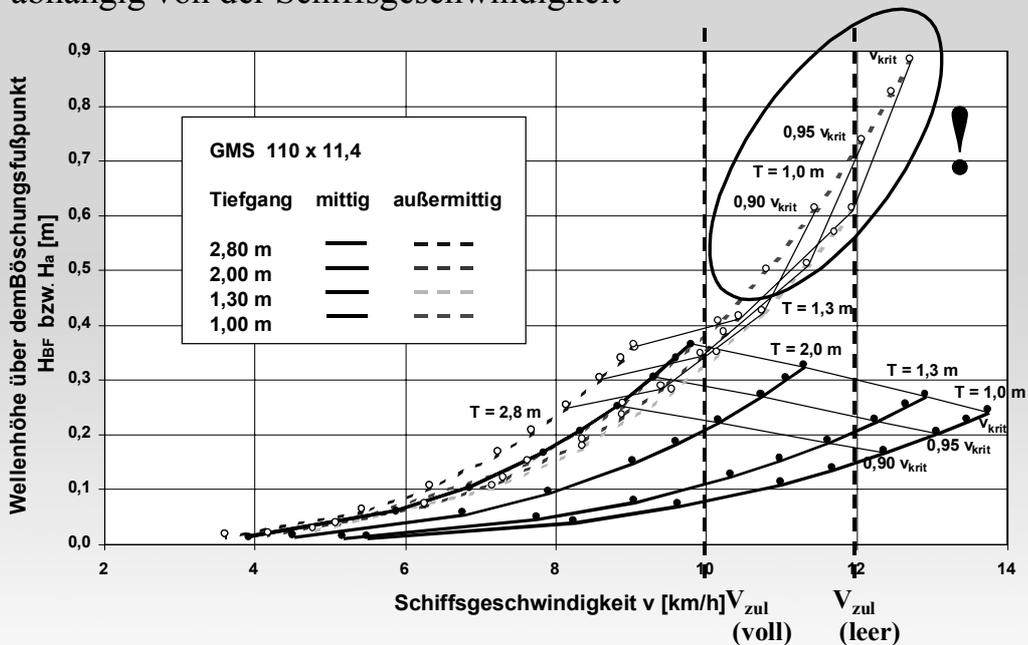
Absenk- und Rückstromgeschwindigkeit

abhängig von der Schiffsgeschwindigkeit

mittige Fahrt!

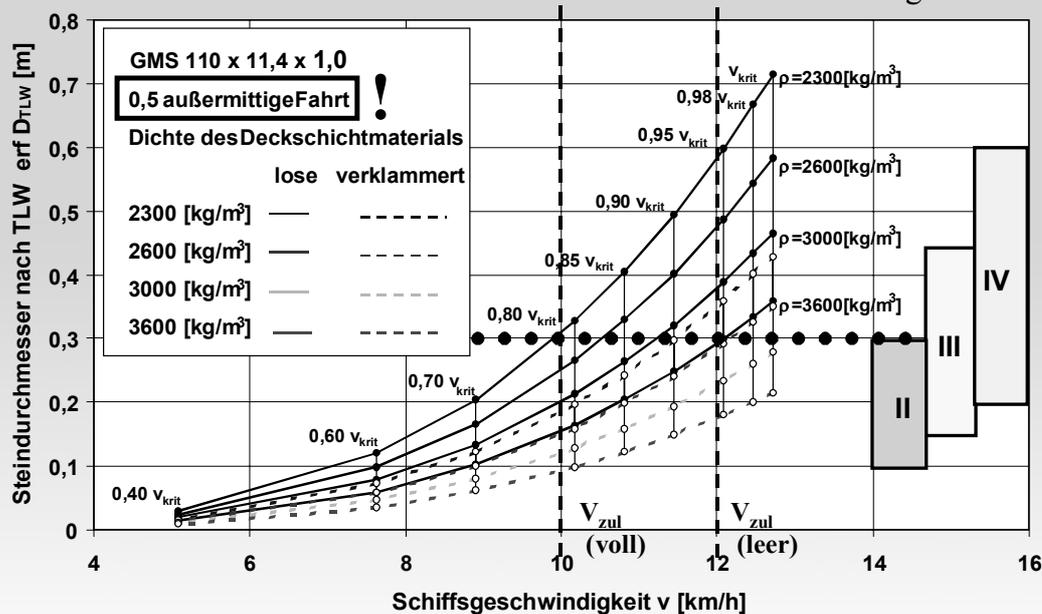


Wellenhöhe über dem Böschungsfußpunkt abhängig von der Schiffsgeschwindigkeit



Steingrößen abhängig von

- Schiffsgeschwindigkeit
- Dichte Schüttsteine
- ohne/mit Verklammerung



- **Einfluß v-schiff auf Bemessungswellenhöhe / Steingröße**
- **Tiefgangseinfluß**
- **Festlegung der Schiffsgeschwindigkeit**
- **Einfluß Dichte Steinschüttung / Verklammerung**



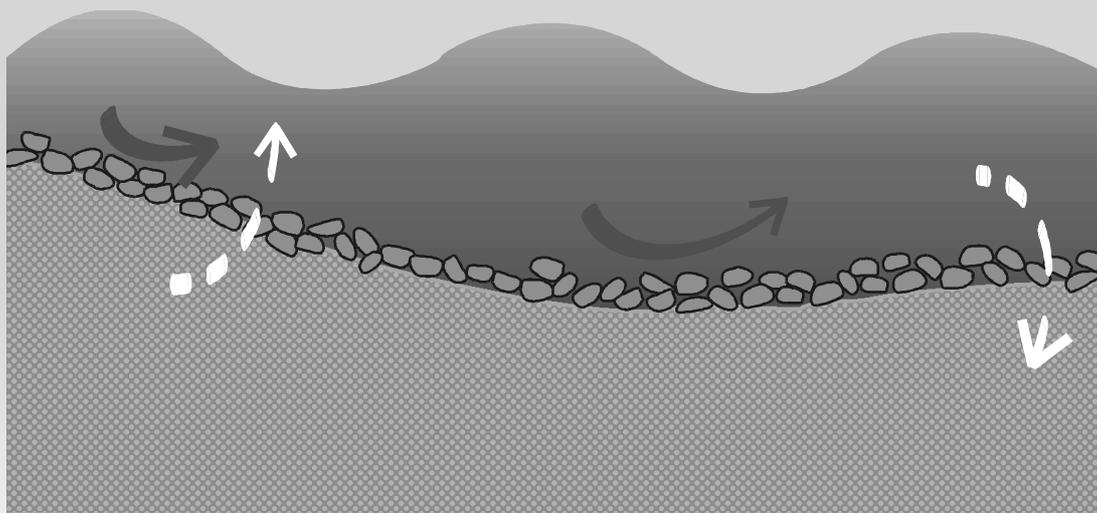
Belastungen von Sohle und Deckwerk durch schnelle Binnenschiffe bei Anwendung heutiger Bemessungsansätze

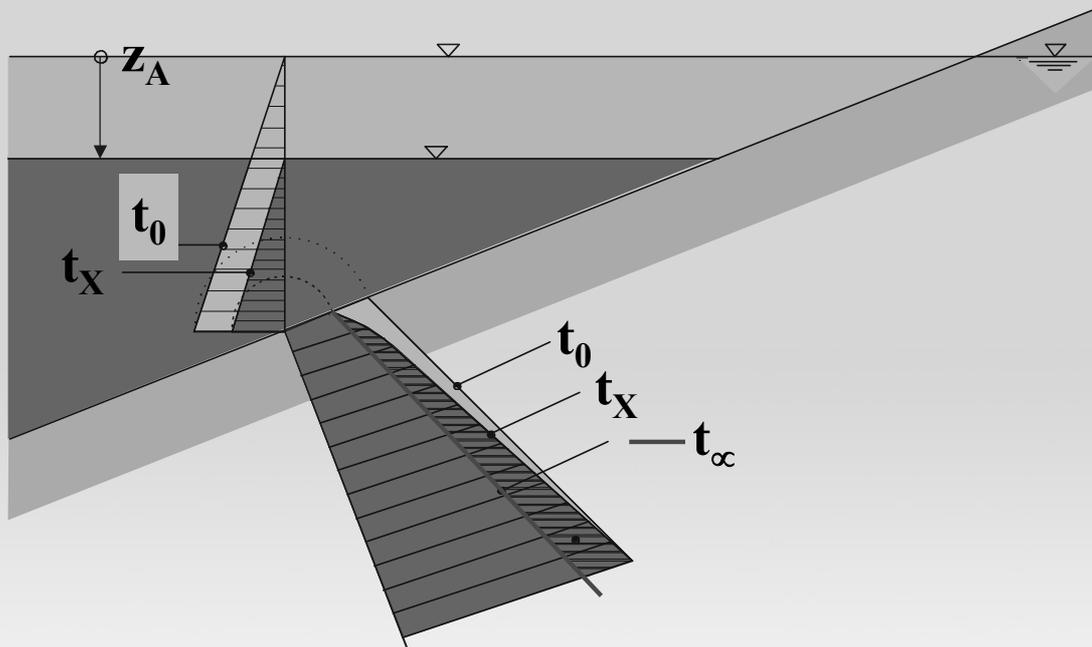


Teil 2: Geotechnische Aspekte

Dr.-Ing. M. Heibaum

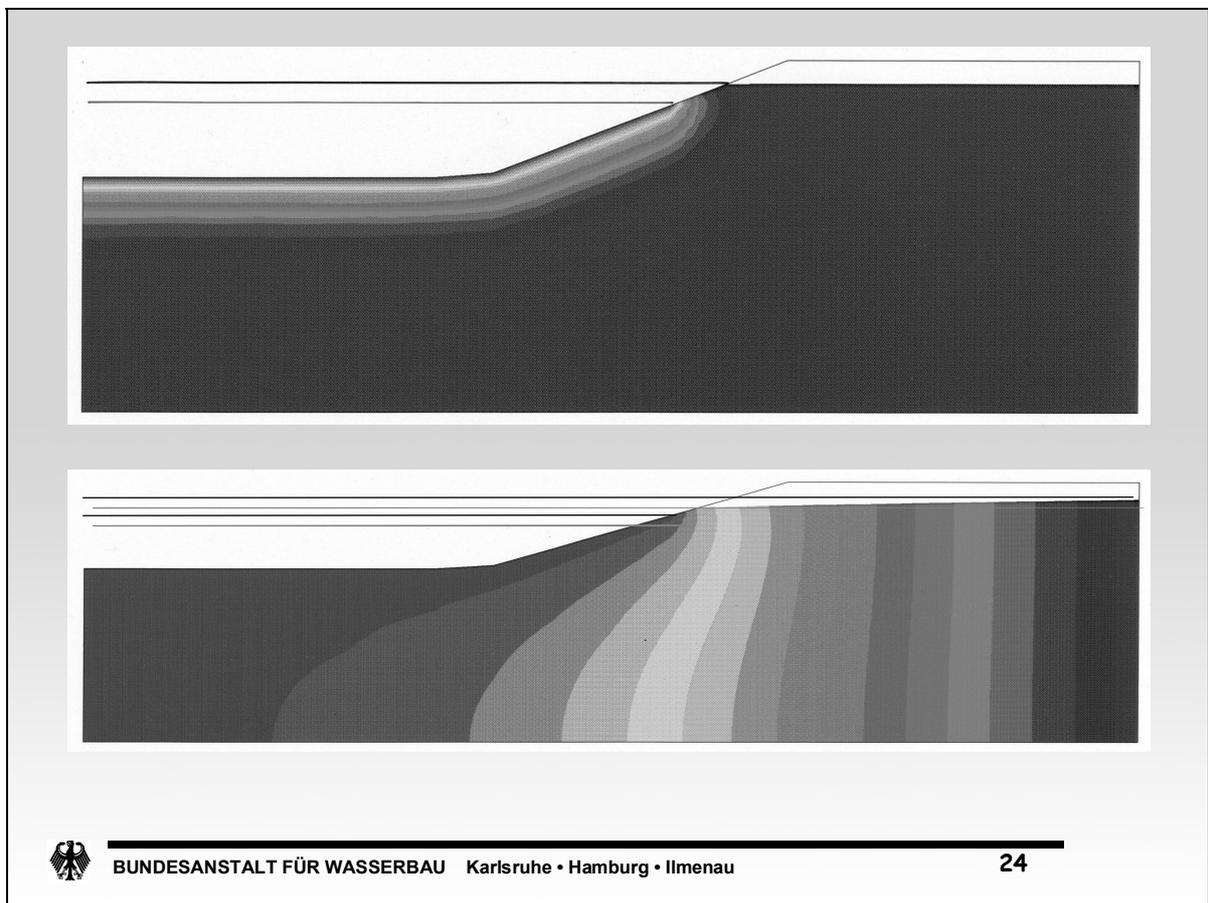
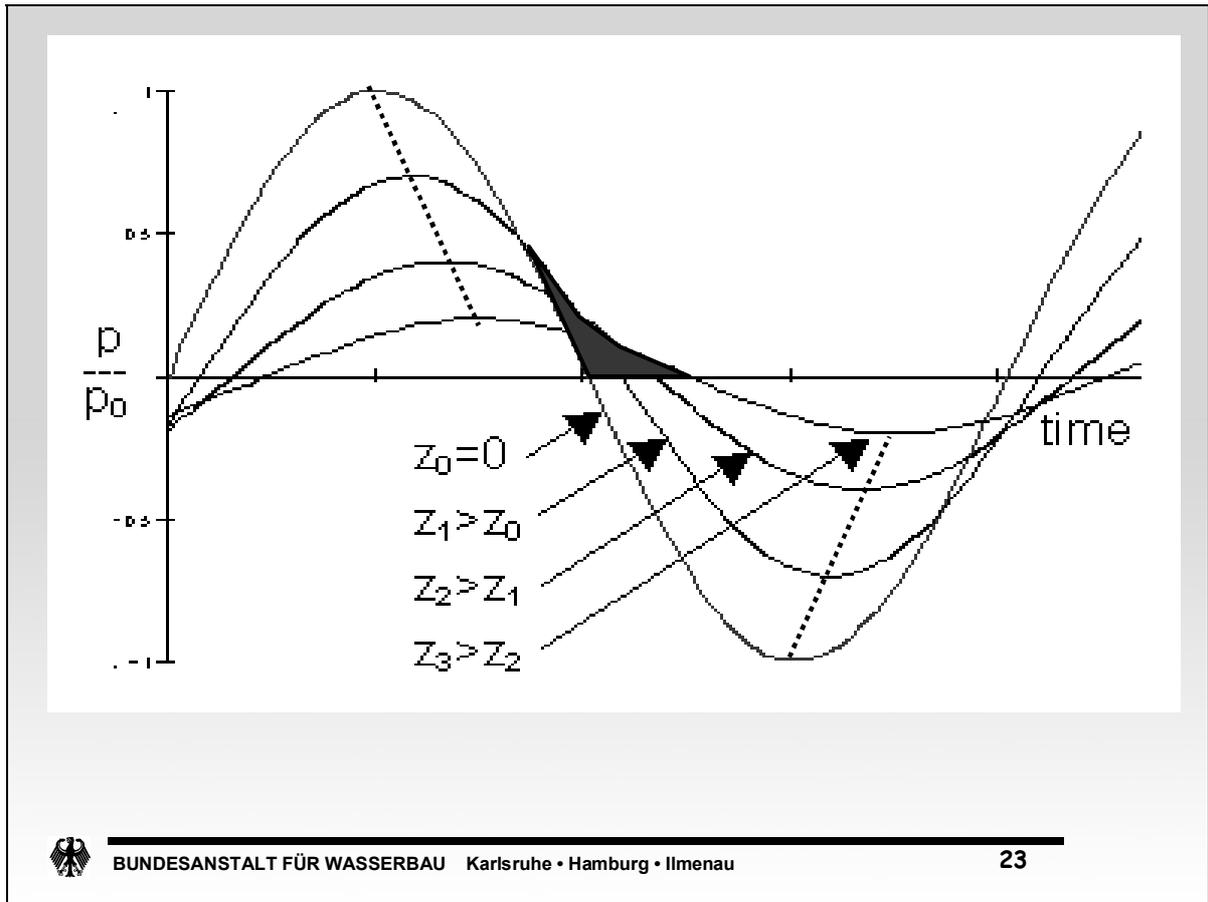






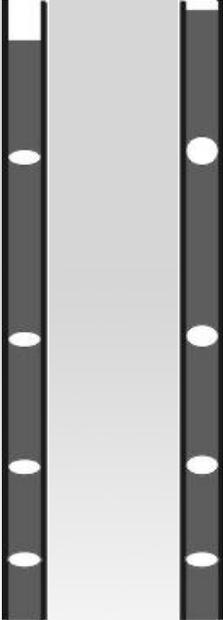
Belastung durch Absenk





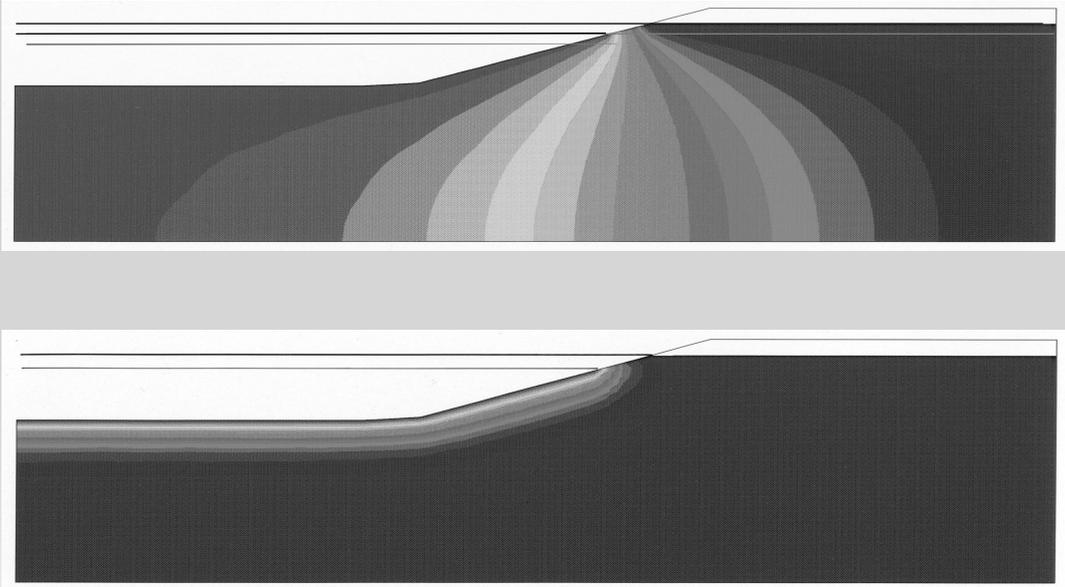
Druck oben: $p1_o > p2_o$

plötzlicher Druckabfall

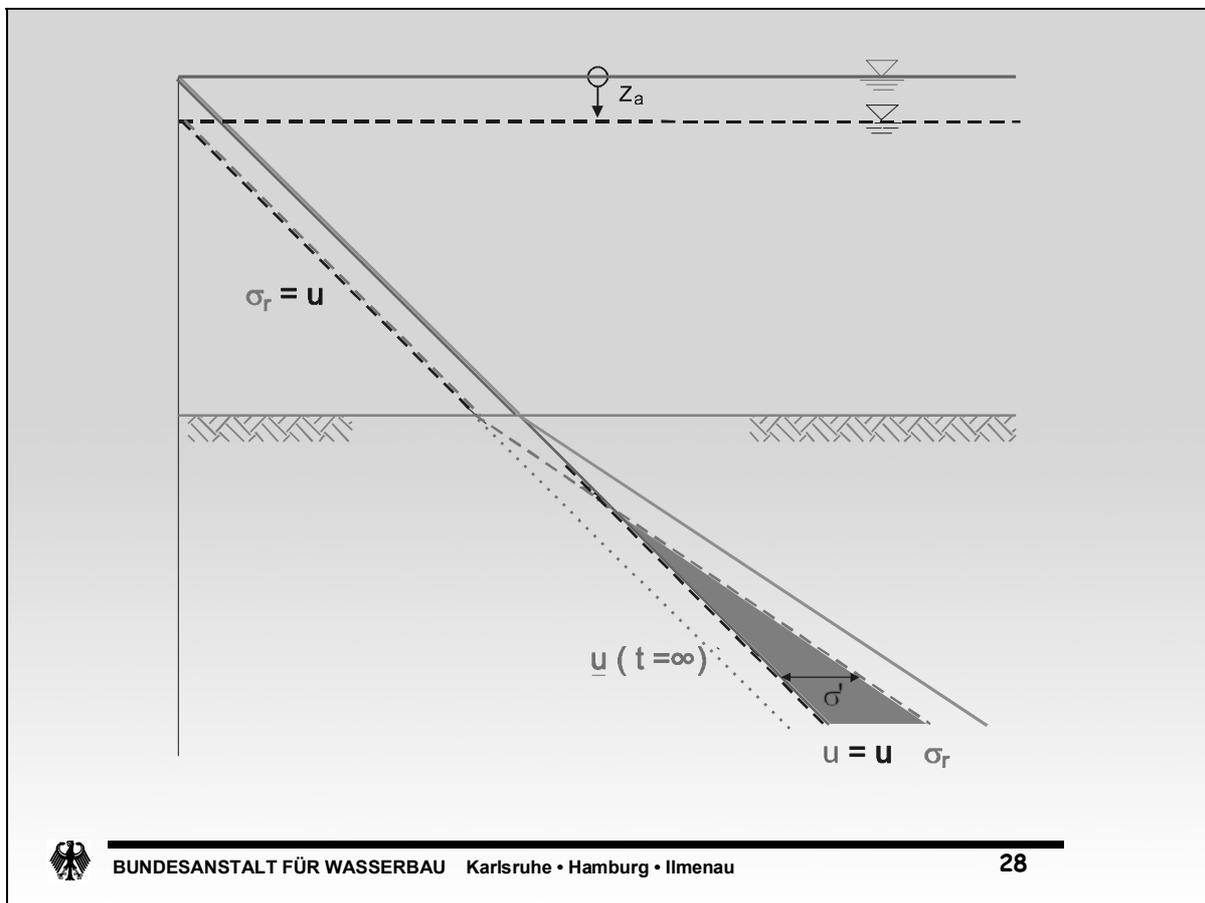
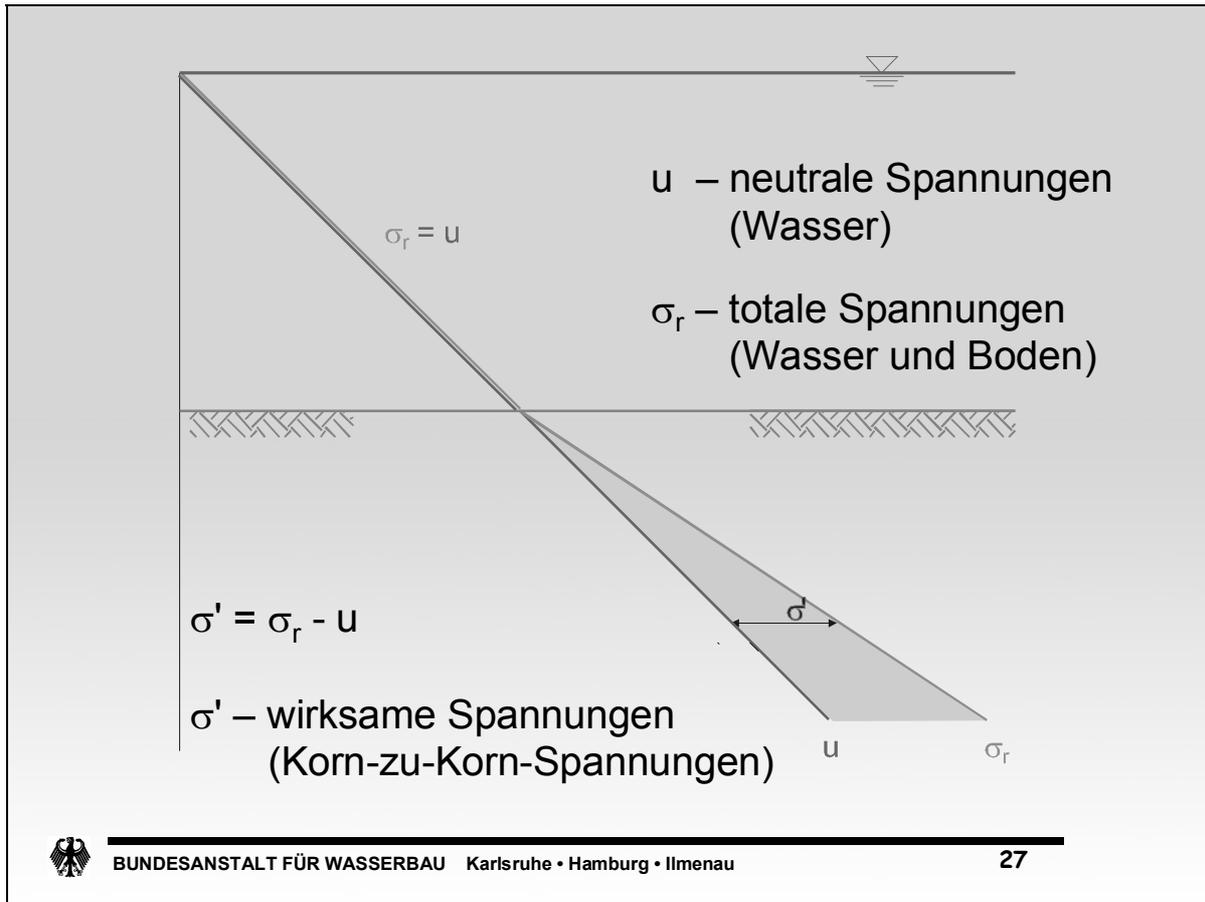


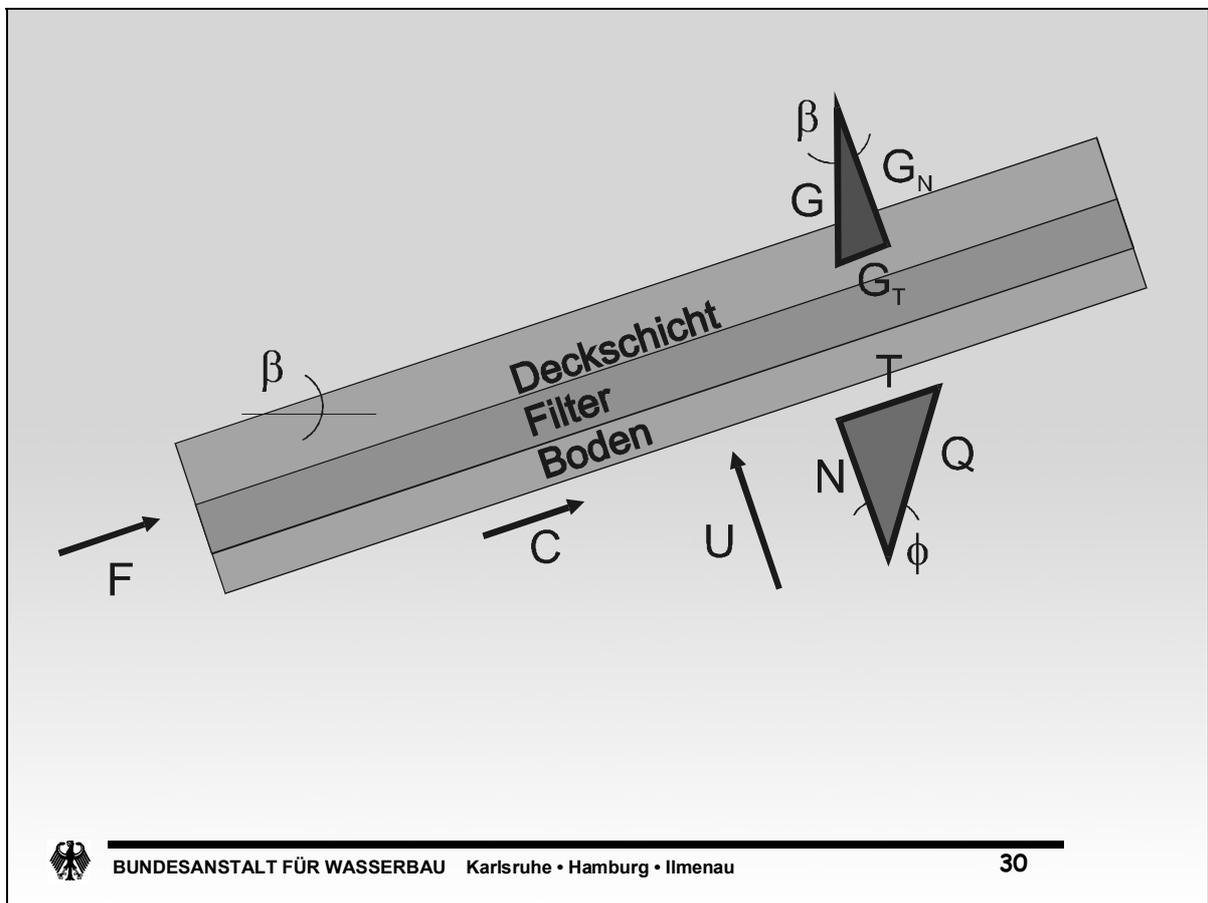
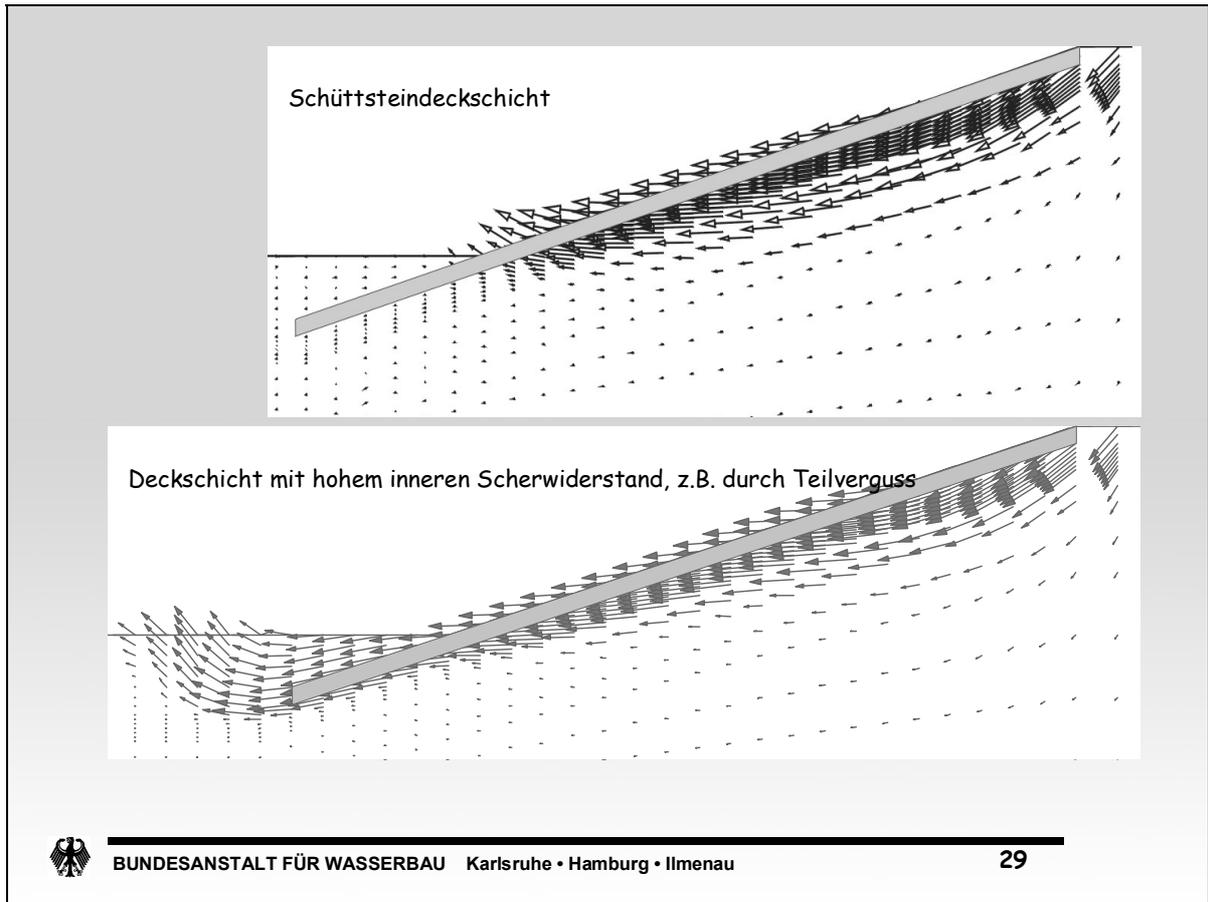
Druck unten: $p1_u = p2_u$

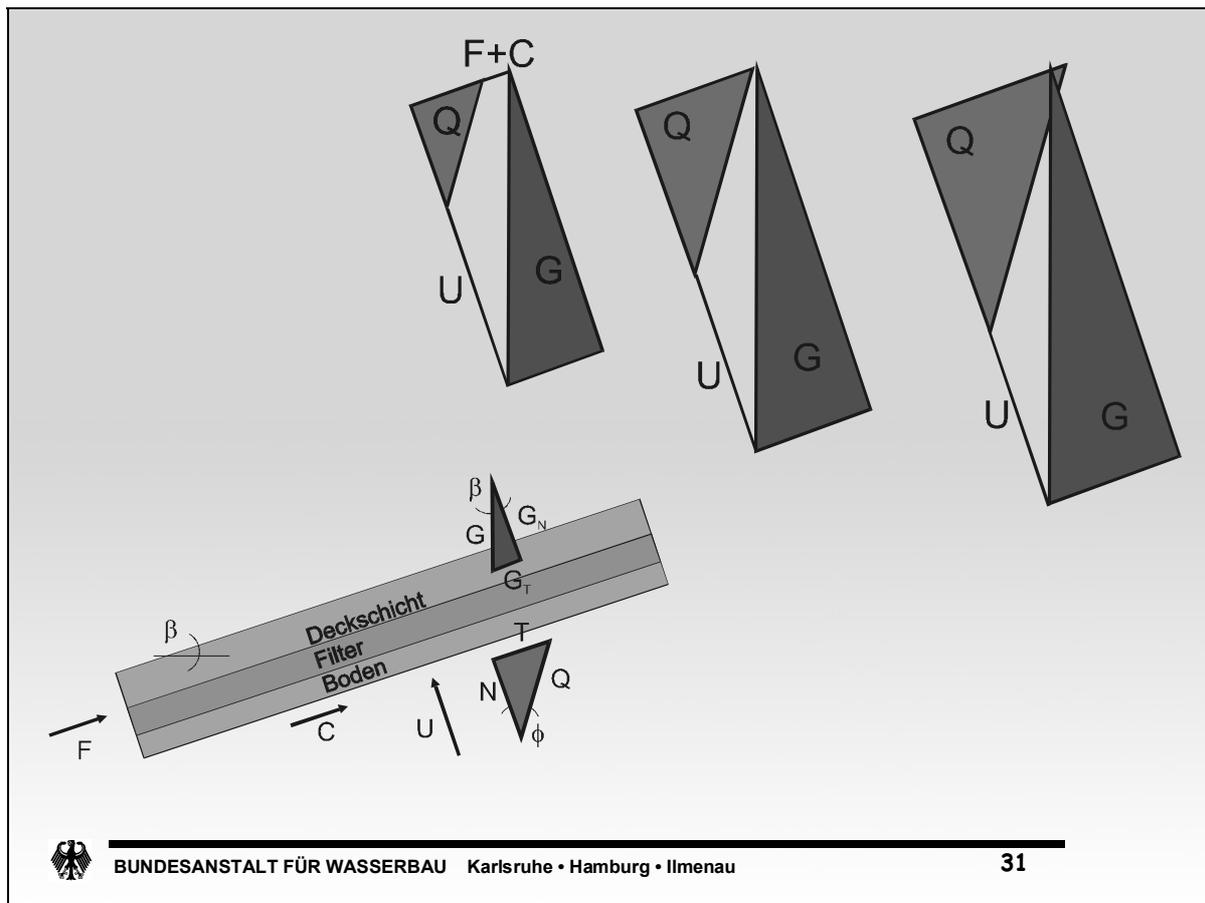
 BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau 25



 BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau 26







Für eine ausreichende Sicherheit bei einer Uferbelastung durch schnellen Absenk ist eine ausreichende Auflast erforderlich.

Dieser grundsätzlichen Forderung kann entsprochen werden durch

- * höhere Trockenrohdichte bei sonst gleicher Geometrie
- * größere Deckschichtdicke
- * Kornfilter statt Geotextilfilter bei gleicher Deckschicht (bedingt ebenfalls größere Gesamtschichtdicke)



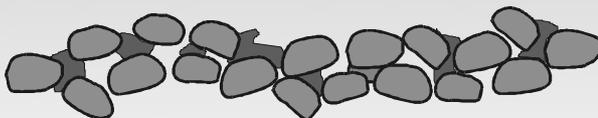
stärkere Wellenbelastung



“verbinden”

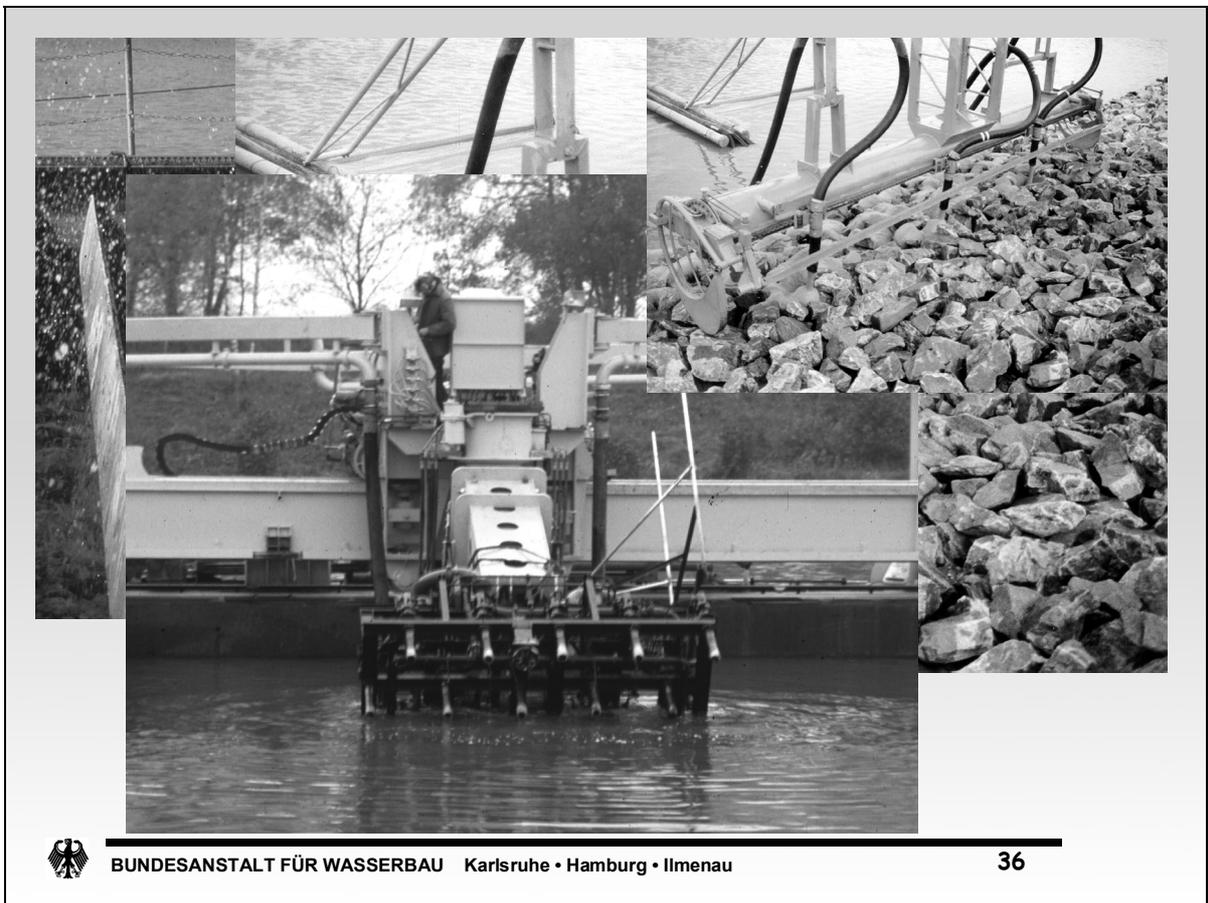
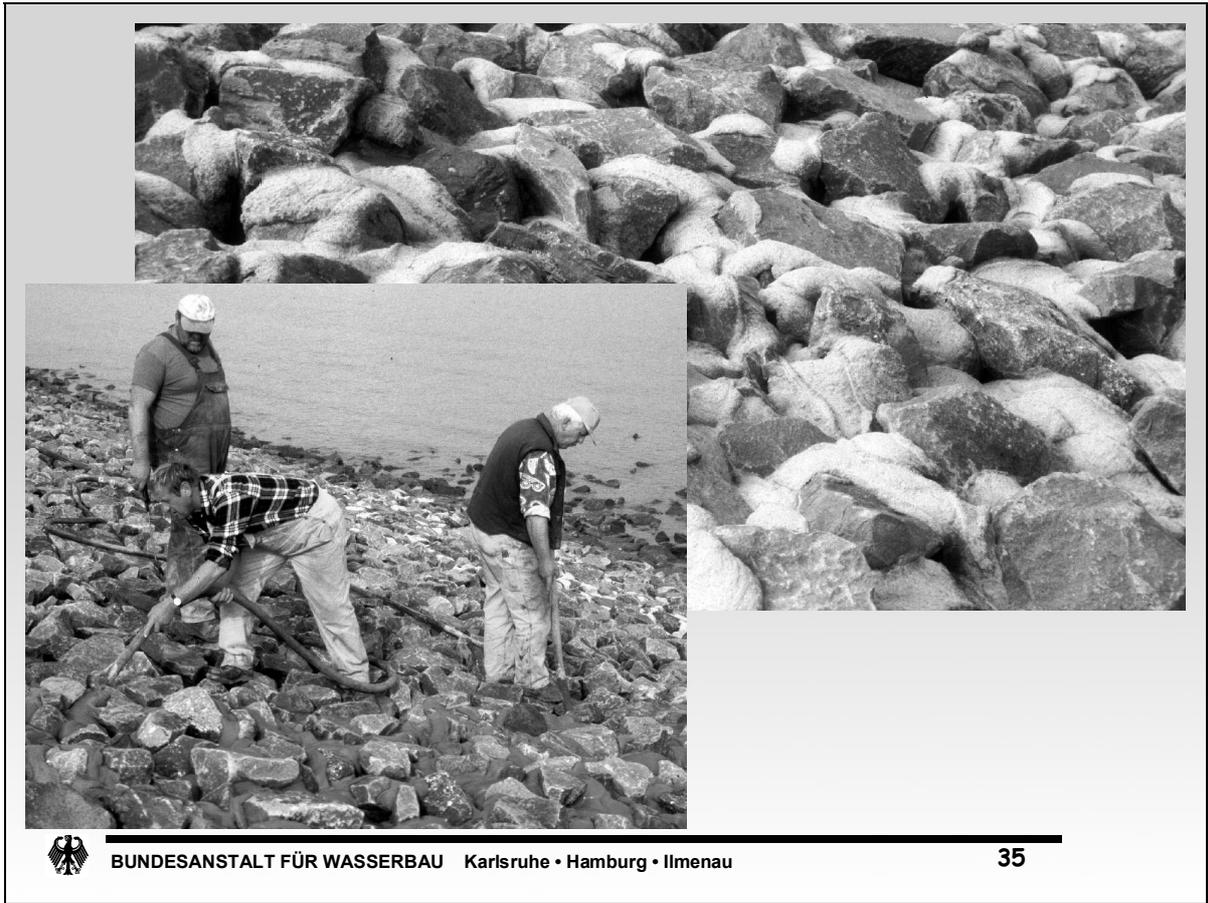


“einpacken”



“verkleben”

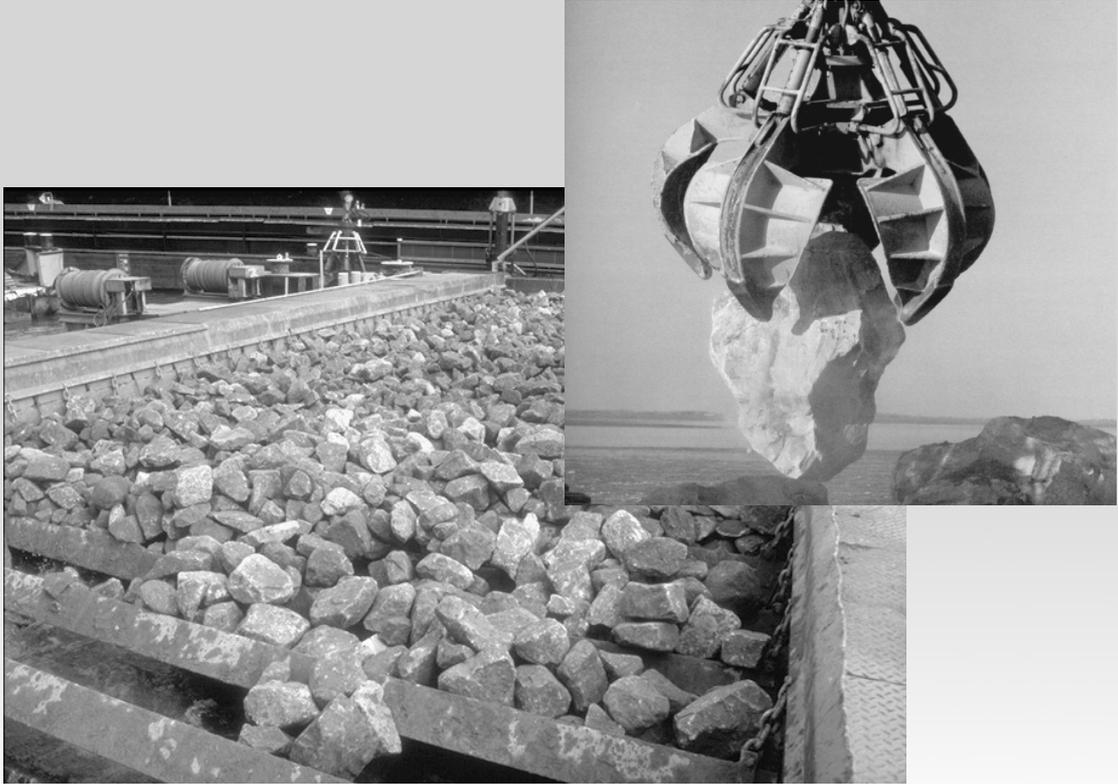






Eignungsprüfung

 BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau 37



 BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau 38



**Deckschicht mit
Teilverguss**

mit ausreichendem Gewicht

mit garantierter Flexibilität



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau

39



construere aqua necesse

**Renald Soyeaux
Michael Heibaum**

