

**risiko**hochwasser  
gemeinsam**handeln**

# Deichverteidigung

# Grundlagen

## Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung

LfU | 2. Auflage | Augsburg 2009

kostenloser download:

[bestellen.bayern.de](https://bestellen.bayern.de)

- | fachliche Grundlagen
- | rechtliche Grundlagen



# Organisation Deichverteidigung | Rechtliche Grundlagen

## Wassergesetze: WHG | BayWG

**Gemeinden**, die erfahrungsgemäß von Überschwemmungen oder Muren bedroht sind, haben dafür zu sorgen, dass ein **Wach- und Hilfsdienst für Wassergefahr** (Wasserwehr, Dammwehr, Murenabwehr) eingerichtet wird; sie haben die hierfür erforderlichen Hilfsmittel bereitzuhalten

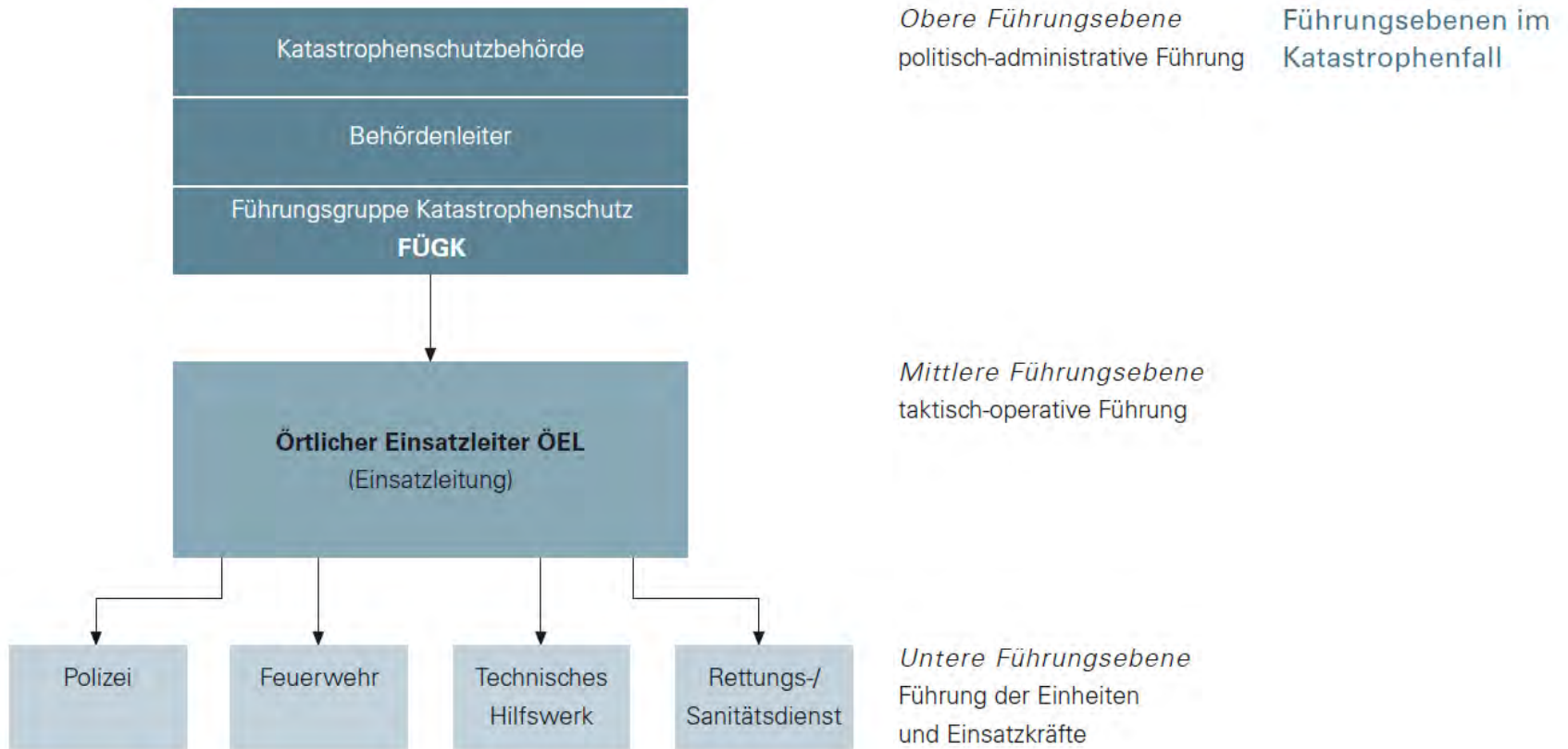
## Feuerwehrgesetz: BayFwG

**Gemeinden** haben als Pflichtaufgabe im eigenen Wirkungskreis dafür zu sorgen, dass [...] ausreichende **technische Hilfe bei sonstigen Unglücksfällen oder Notständen** im öffentlichen Interesse geleistet wird (technischer Hilfsdienst).

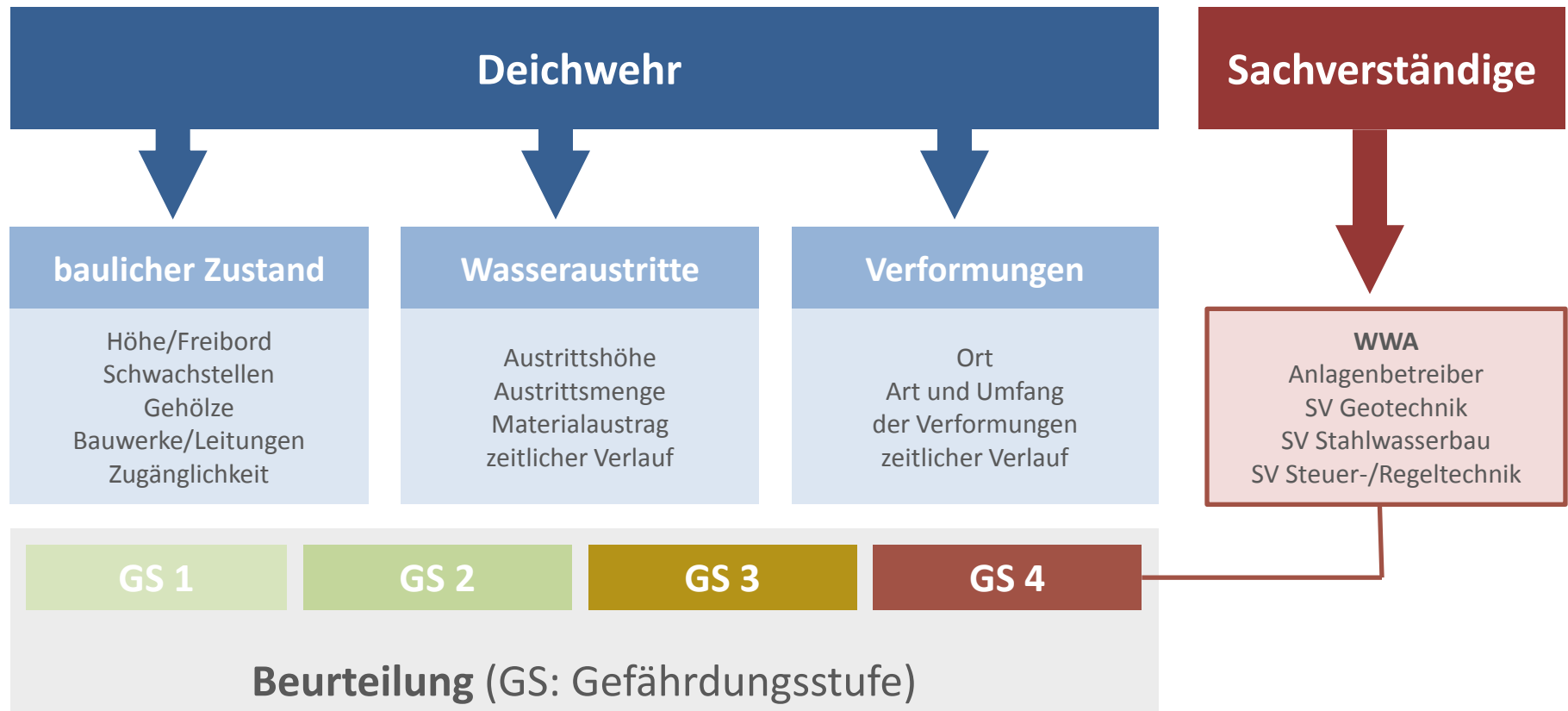
**Einzelregelungen: Planfeststellungsbescheiden | Vereinbarungen | Betriebsanweisungen**



# Organisation des Katastrophenschutzes in Bayern



# Beobachtungs- und Entscheidungskriterien

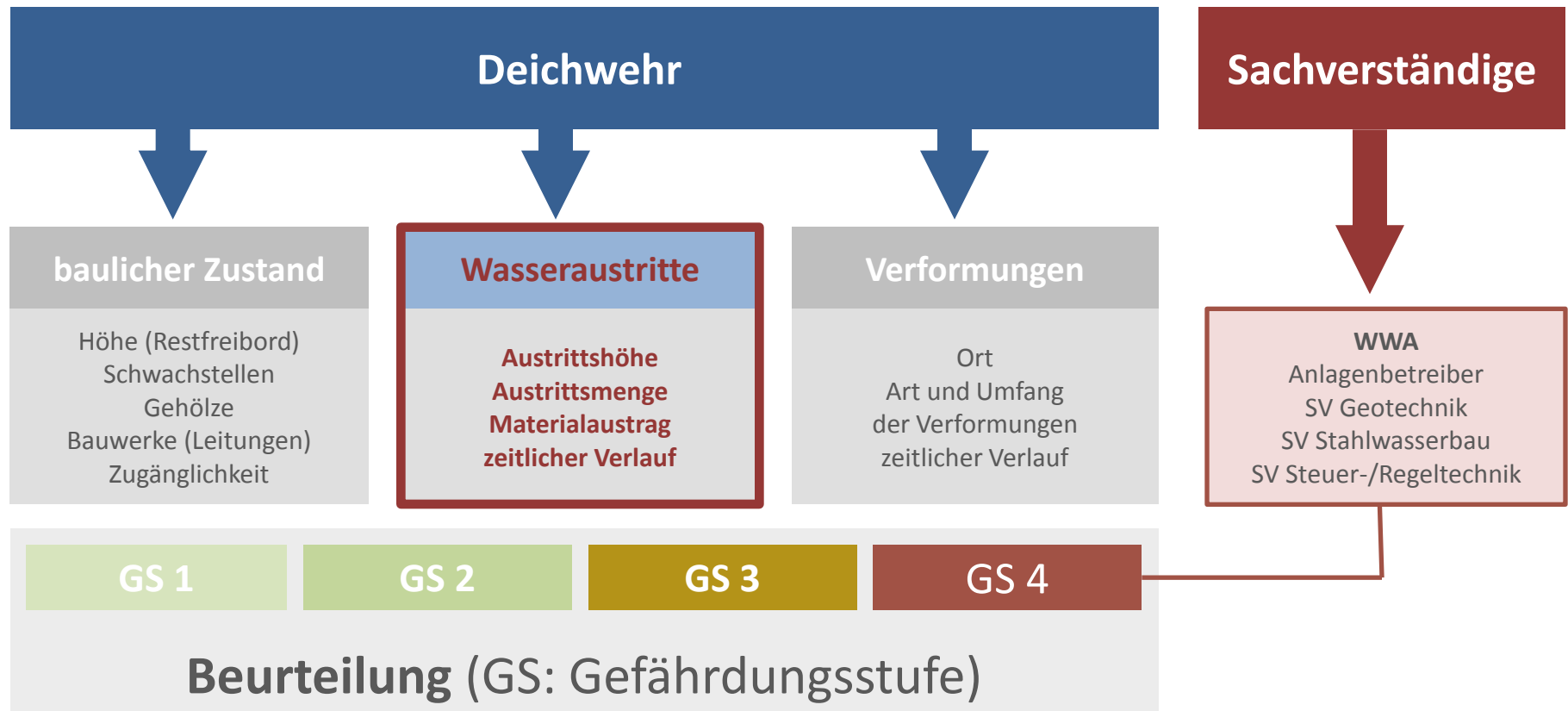


# GS: Gefährdungsstufen

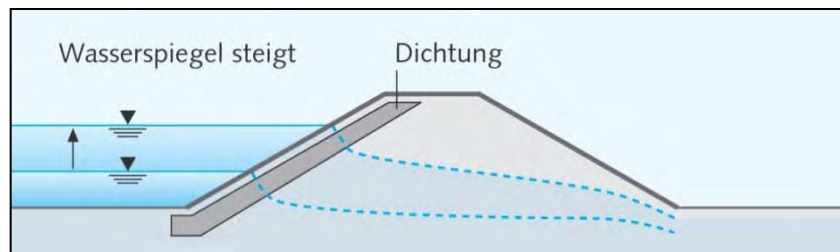
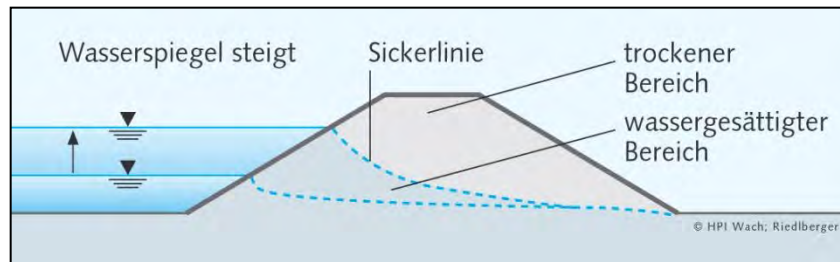
Anmerkung: Gefährdungsstufen korrelieren in etwa mit HND-Meldestufen

Definition		
GS 1	ungefährlich	<b>Beobachtung ausreichend</b>
GS 2	problematisch	<b>Verhaltensmaßregeln erforderlich</b>
GS 3	gefährlich	<b>Deichverteidigung vorbereiten bzw. lokal erforderlich</b> Evakuierung betroffener Gebiete prüfen und vorbereiten Schutz der Einsatzkräfte (Rettungsgeräte) sichern
GS 4	sehr gefährlich	<b>massive Deichverteidigung erforderlich</b> Evakuierung betroffener Gebiete Abzug nicht benötigter Einsatzkräfte

# Drängewasseraustritte



# Drängewasseraustritte



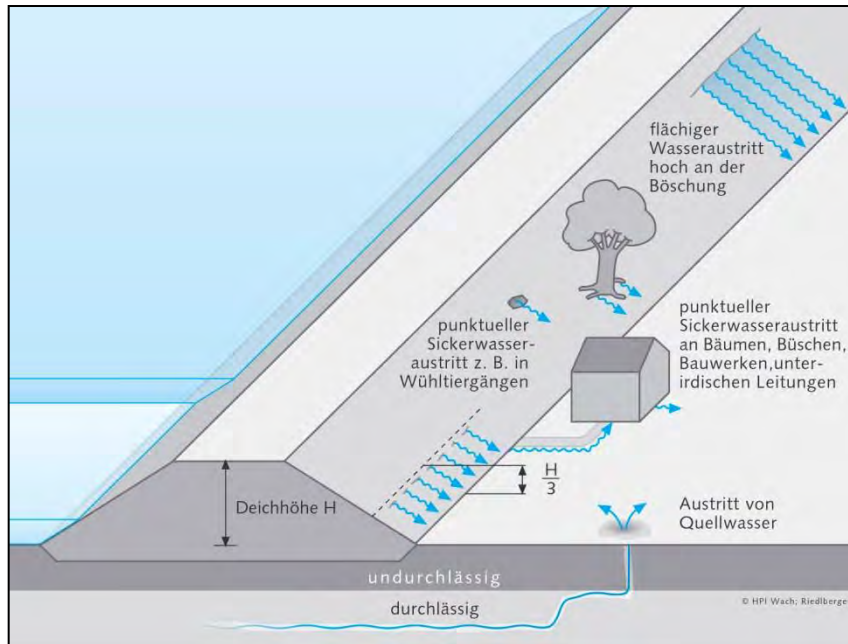
Durchströmung ist auch bei Deichen mit technischen Dichtungen ein natürlicher Vorgang und nicht unbedingt problematisch! Wasseraustritte auf der Binnenböschung ermöglichen eine Beurteilung der Lage der Sickerlinie und somit der Standsicherheit. Bei der Deichkontrolle sind **Ort, Menge** und **Art des Wasseraustrittes** zu beobachten.

**unkritisch:** flächige Austritte von klarem Wasser im unteren Drittel der Böschungen

**kritisch:** Wasseraustritte in den oberen Dritteln der Böschungen, **punktuell stark zunehmende** sowie **getrübte** Wassermengen



## Definitionen



**Sickerwasser:** das der Schwerkraft unterliegende Wasser im ungesättigten Boden oberhalb der Sickerlinie

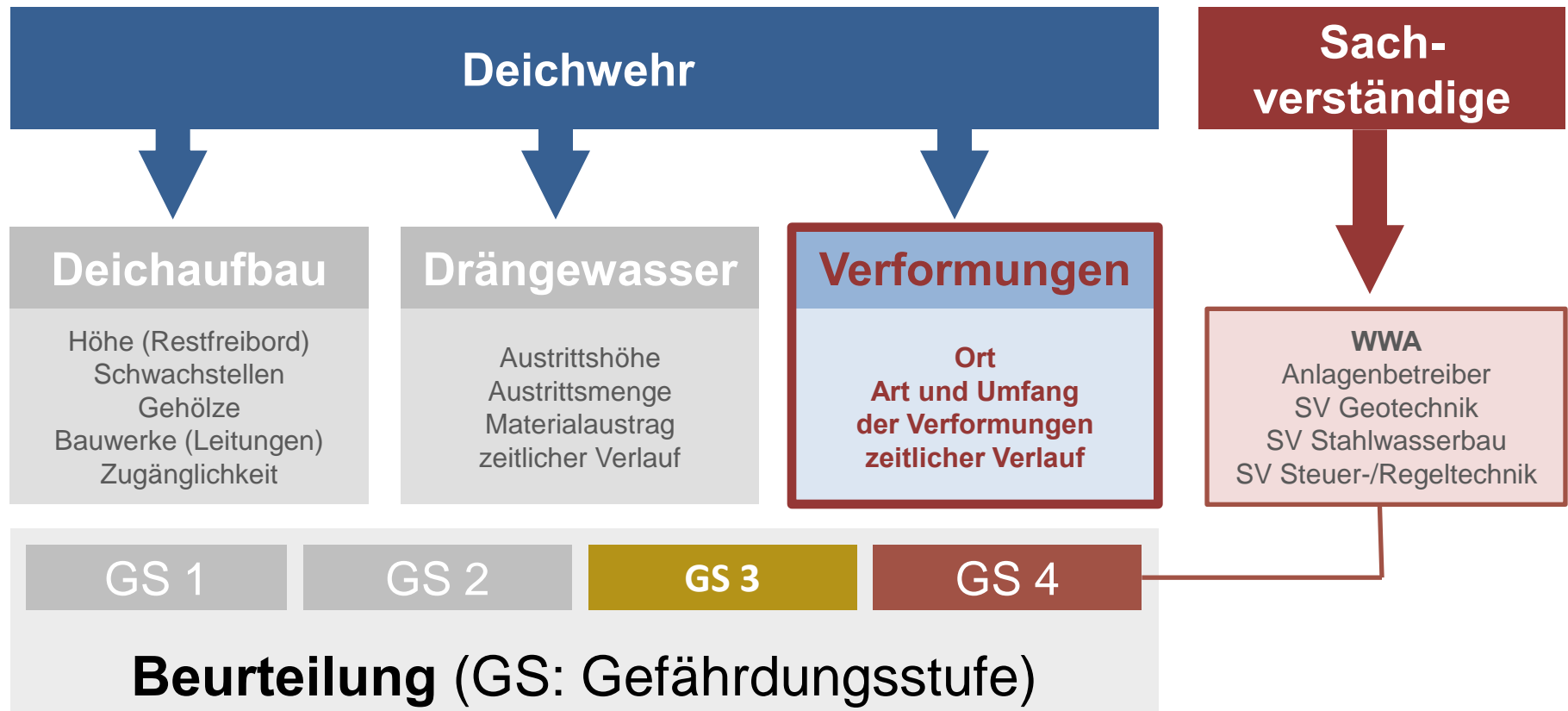
**Sickerlinie:** obere Grenze des gesättigten Bodens („Null-Potentiallinie“)

**Drängewasser:** das Deich und Untergrund durchströmende Wasser im gesättigten Boden unterhalb der Sickerlinie („Potentialströmung“)

**Kuverwasser:** das auf der Deichböschung austretende Drängewasser

**Quell-/Qualmwasser:** das im Binnenbereich aus dem Untergrund austretende Drängewasser. Qualmwasser unterscheidet sich von Quellwasser durch den **Materialtransport** (Trübung)

# Verformungen



# Drängewasseraustritte



# Besondere Gefährdungen

## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

- I **Gehölze:** Windwurf, Kontakt-/Oberflächenerosion
- I **Wühltiere:** Erosionsröhren, Einbrüche („Biberkaverne“)
- I **Bauwerk/Leitungen:** Kontaktersosionen



# Gehölze



# Wühltiere





# Wühltiere



# Wühltiere





## Erosionsrinnen



# Erosionsrinnen

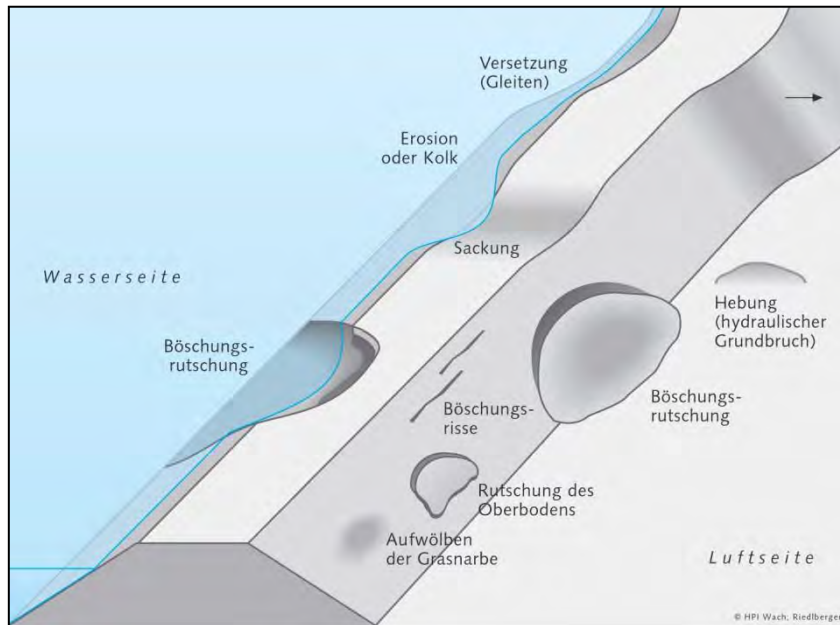




# Kontaktersion



# Verformungen



Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen.

Bei der Deichkontrolle sind **Ort, Umfang** und **Art der Verformungen** zu beobachten.

**bedingt unkritisch:** sind auf den Oberboden begrenzte Böschungsschäden („lokale Böschungssicherheit“)

**kritisch:** sind tiefreichende Böschungsrutschungen („allgemeine Böschungssicherheit“) und binnenseitige Hebungen („hydraulischer Grundbruch“). Sie schwächen den Deichquerschnitt und leiten das Deichversagen ein.

# Böschungsrutschungen

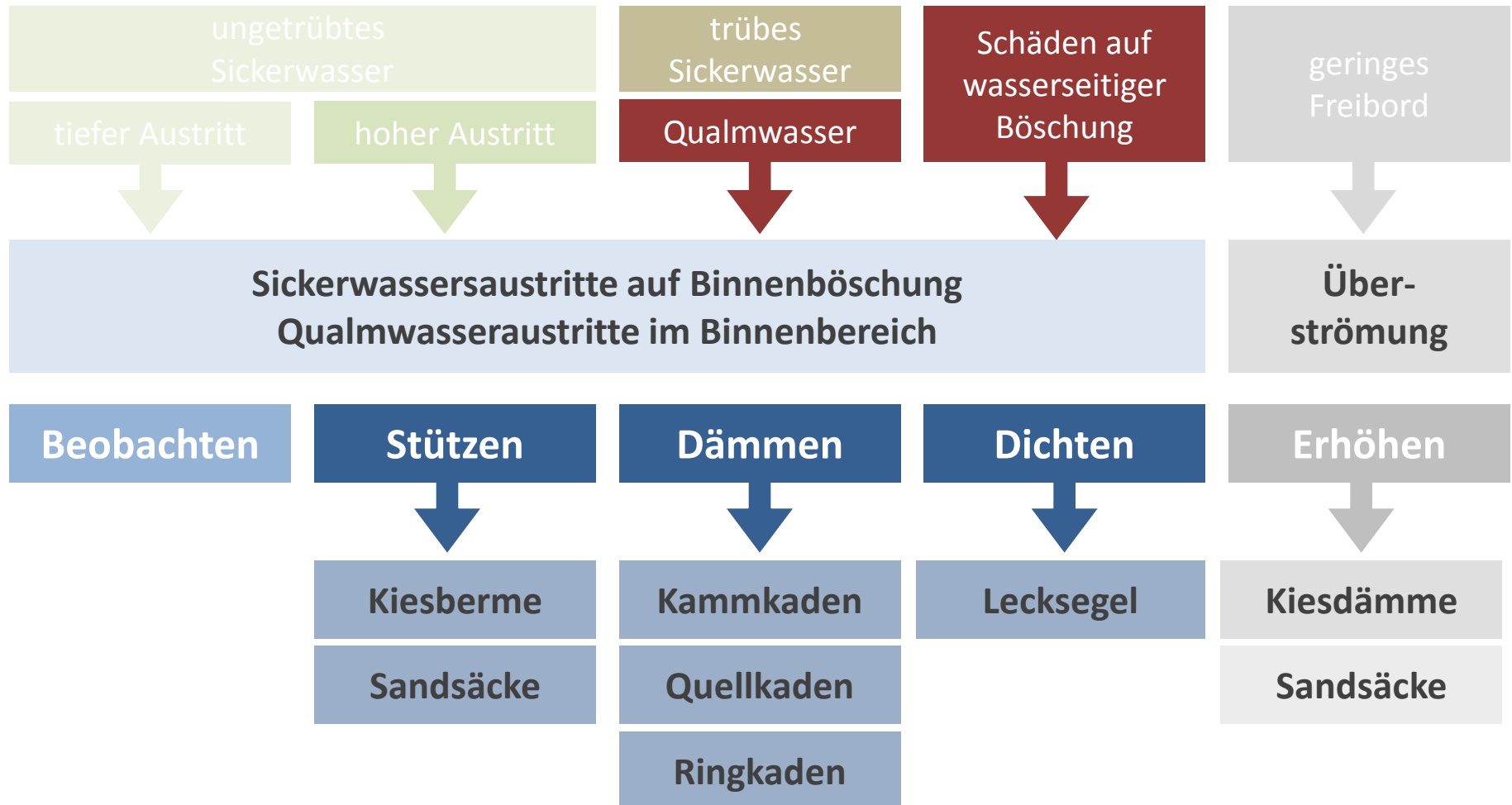




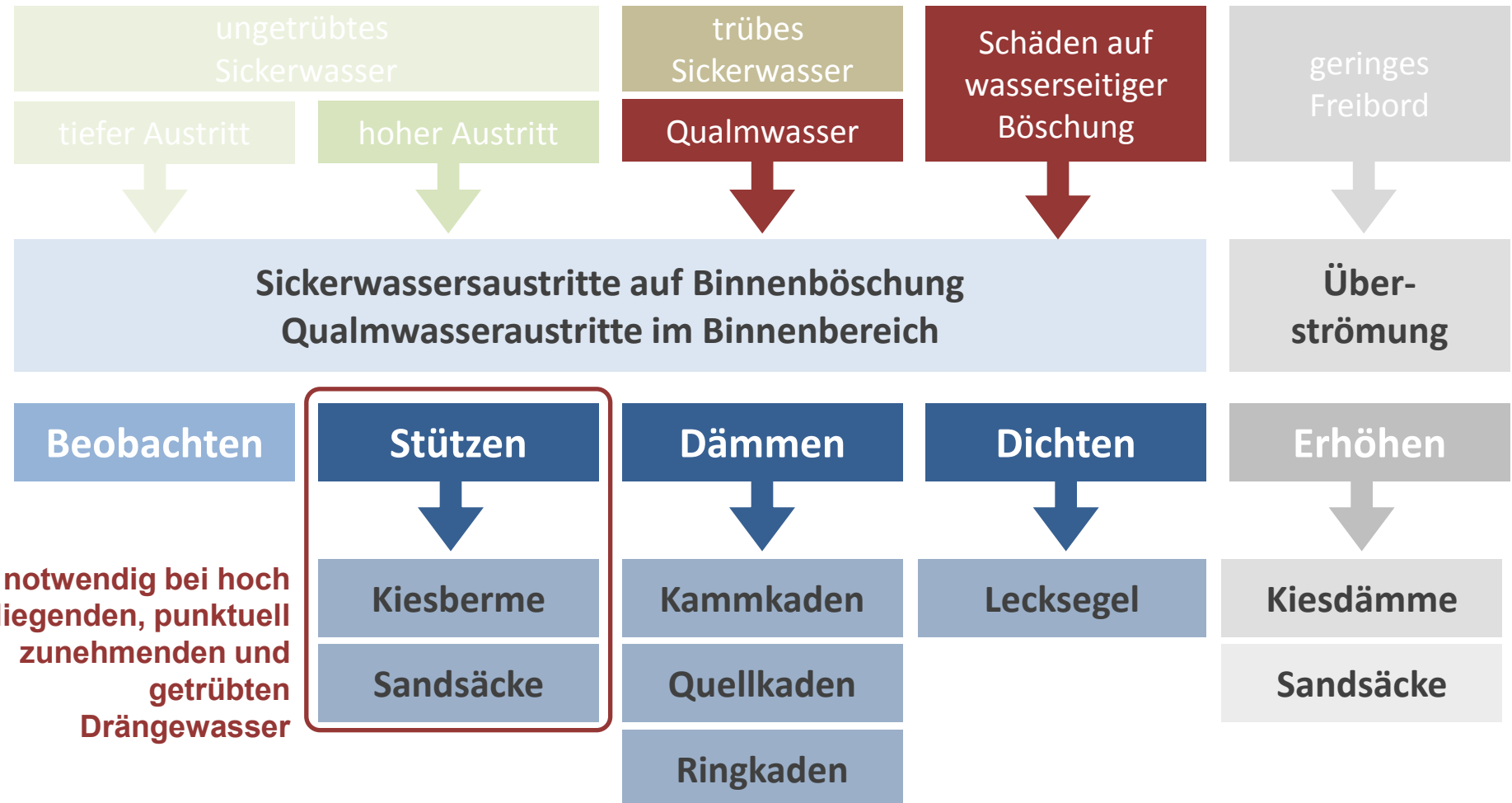
# Böschungsrutschungen



# Maßnahmen bei Wasseraustritten

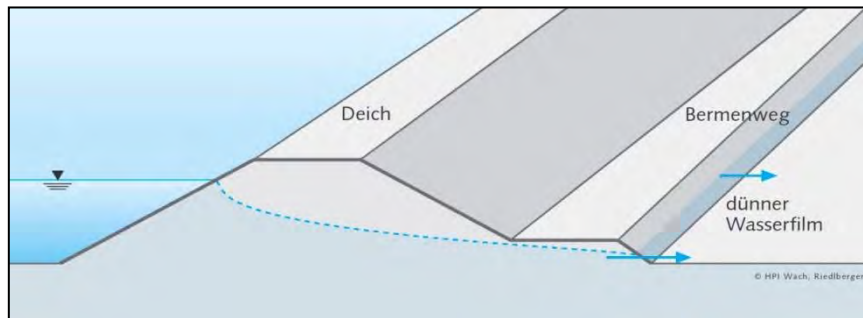
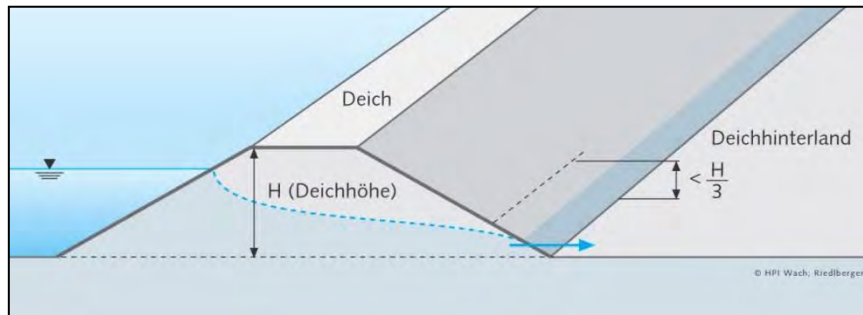


# Maßnahmen der Deichverteidigung





## Beobachten



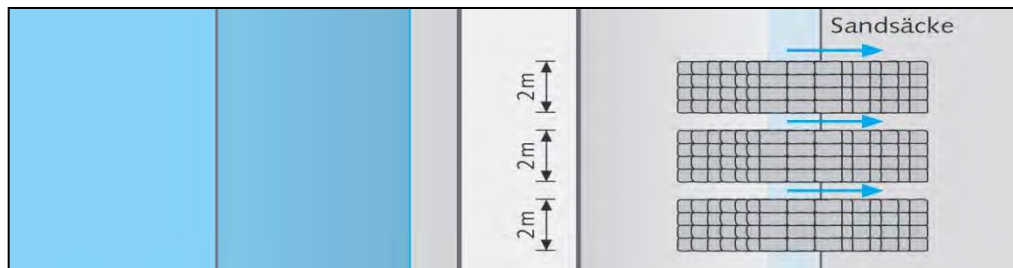
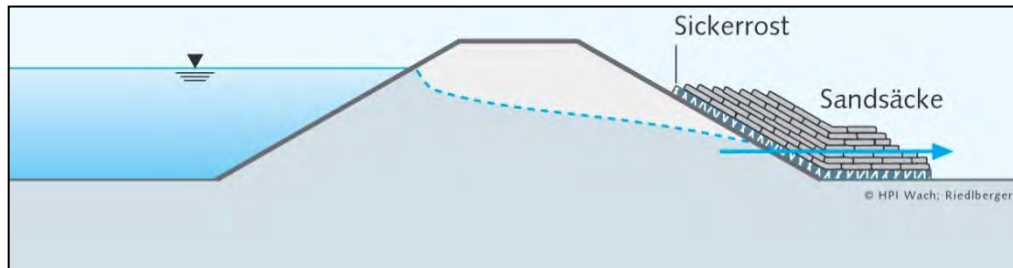
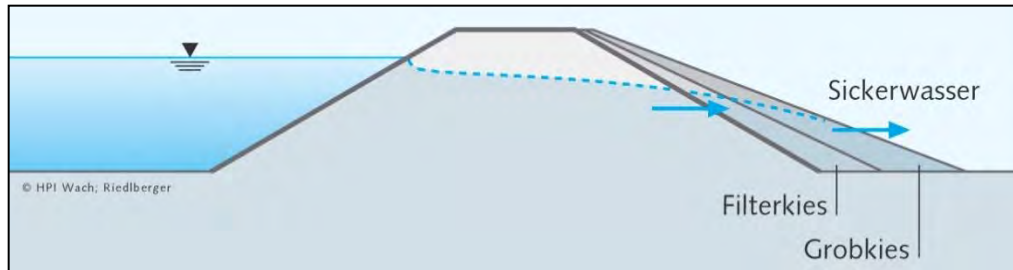
Flächige Austritte von klarem Wasser im unteren Drittel der Böschungen und im Bereich von Dränbermen sind überwiegend unkritisch.

**Beobachtung** ist ausreichend!

**Merke:**

Nicht jede Durchströmung ist kritisch. Verbau unkritischer Drängewasseraustritte kann die Entwässerung des Deiches beeinträchtigen und die Sickerlinie ansteigen lassen. Damit kann die Standsicherheit des Deiches unter Umständen nachteilig beeinflusst werden.

# Stützen



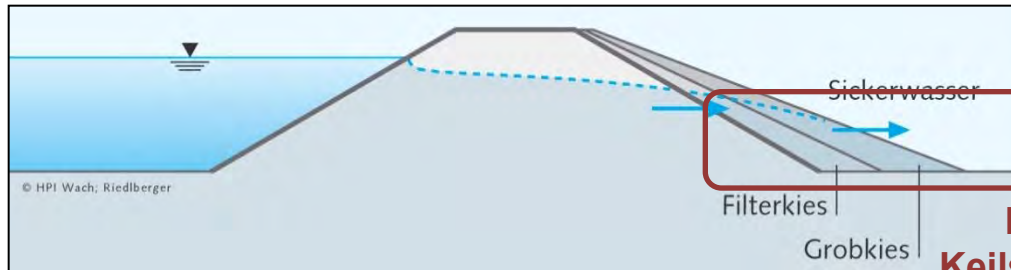
## Technik

**Bermen- oder Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
**Stützstreben** (Sandsäcke)

## Probleme

**Der Abfluss des  
Drängewassers muss  
uneingeschränkt  
gewährleistet werden.**

# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



Bermen sind  
Keilschüttungen  
vorzuziehen!



## Technik

**Bermen- oder Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
Stützstreben (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**  
**Materialleistung (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)**  
**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein  
Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)

# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen- oder Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
**Stützstreben** (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**  
**Materialeignung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)  
**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein  
Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)



# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen-** oder **Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
**Stützstreben** (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**  
**Materialleistung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)  
**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein  
Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)

# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen-** oder **Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
**Stützstreben** (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**  
**Materialleistung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)  
**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein  
Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)



# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen-** oder **Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
**Stützstreben** (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**  
**Materialleistung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)  
**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein  
Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)

## Stützen: Stützstreben



### Technik

Bermen- oder Keilschüttung  
bis Deichkrone (Kies)

**Stützstreben** (Sandsäcke)

### Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig



## Stützen: Stützstreben



**Vorteil: flexible, einfache Lösung für lokale Schäden an eingeschränkt zugängliche Deichabschnitte!**

### Technik

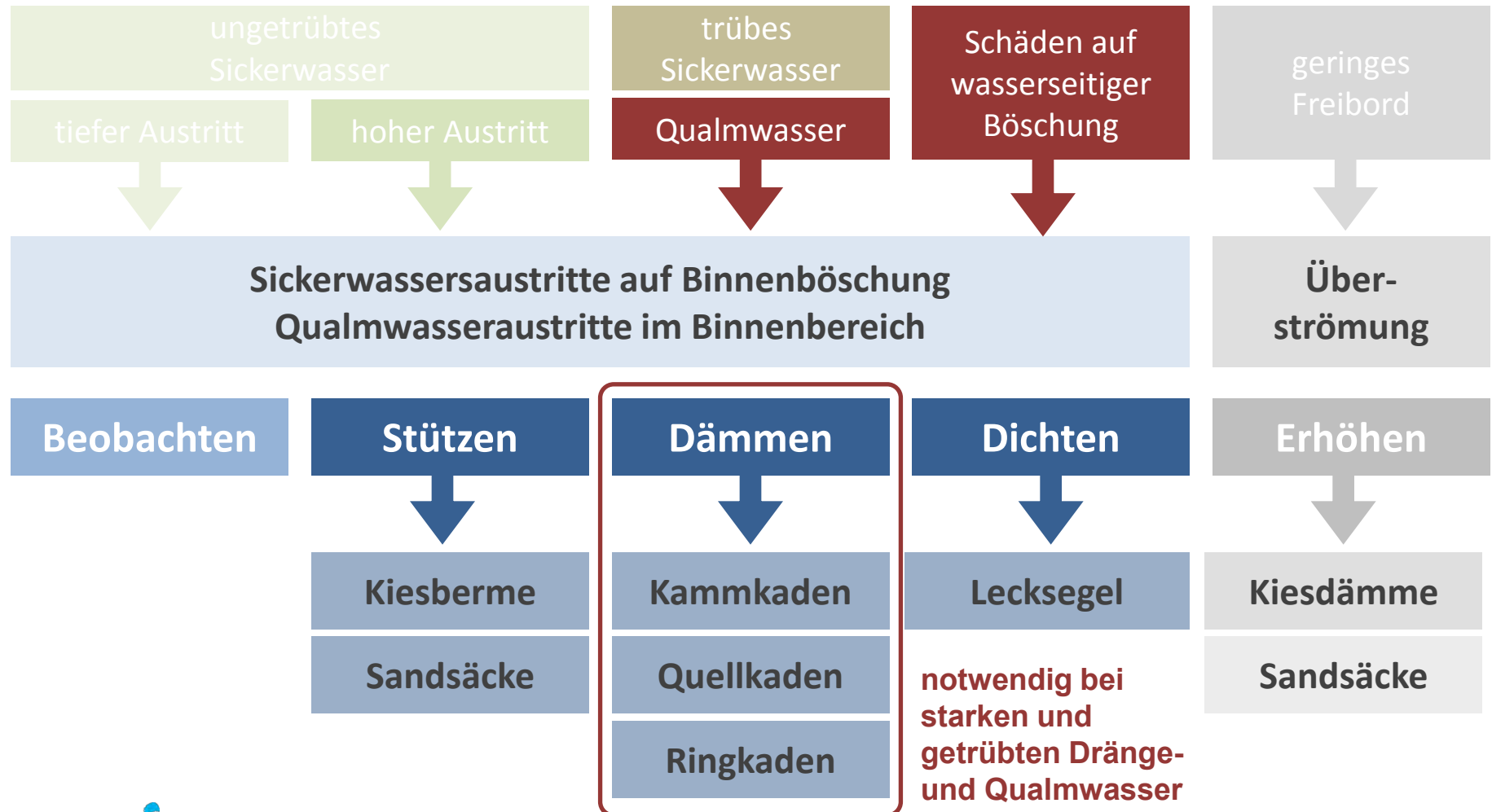
Bermen- oder Keilschüttung  
bis Deichkrone (Kies)

**Stützstreben** (Sandsäcke)

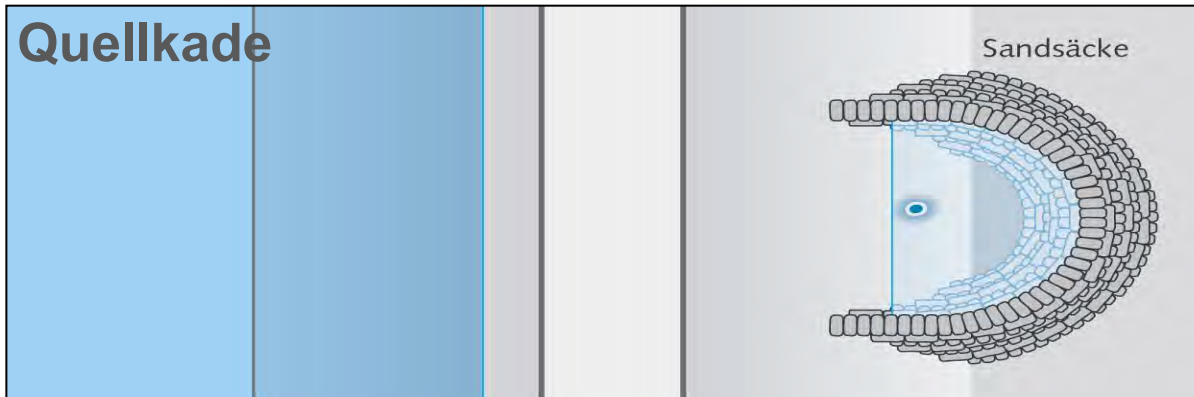
### Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig

# Maßnahmen bei Wasseraustritten

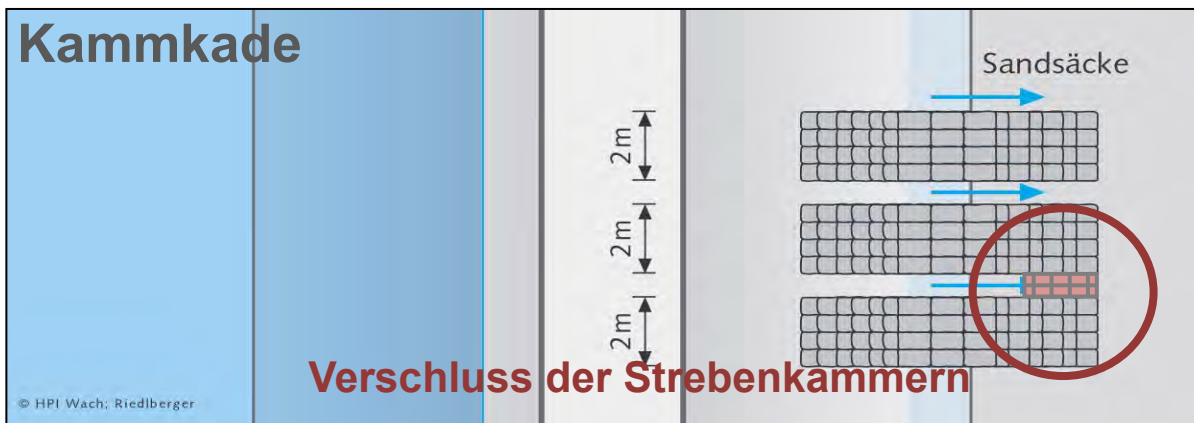


## Quell- und Kammkaden

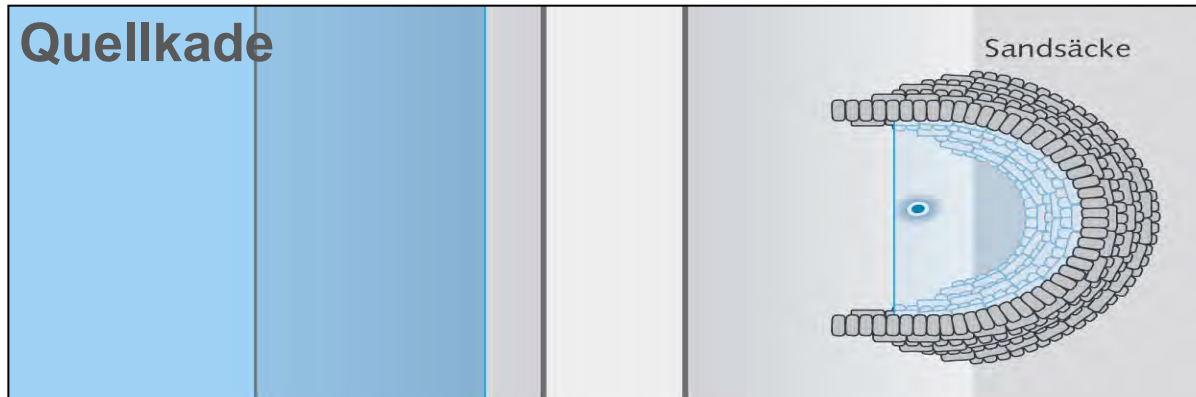


### Technik

**Quellkaden** (punktuell)  
**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

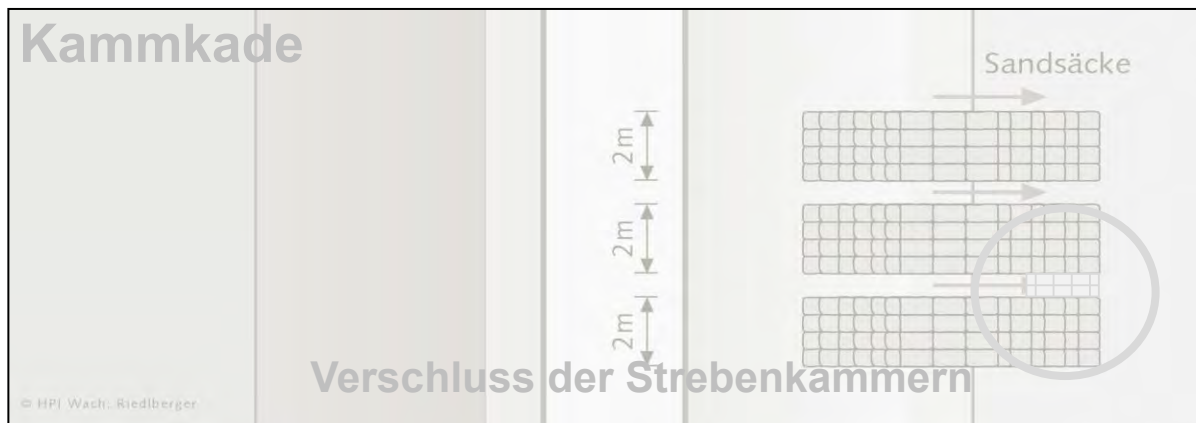


# Quellkaden



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)  
**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben



## Probleme

lokale Schwachstellen als  
Auslöser rückschreitender  
Erosion: Wühltierbauten  
lokal hoher hydraulischer  
Koeffizient („Kaskaden-  
verbau“)



# Quellkaden



**Vorteil:** flexible, einfache Lösung für lokale Schäden an eingeschränkt zugängliche Deichabschnitte!

## Technik

**Quellkaden** (punktuell)  
**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

lokale Schwachstellen als  
Auslöser rückschreitender  
Erosion: Wühltierbauten  
lokal hoher hydraulischer  
Koeffizient („Kaskaden-  
verbau“)

# Quellkaden



Vorteil: flexible, **einfache Lösung** für lokale Schäden an eingeschränkt zugängliche Deichabschnitte!

## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch Ausbau der Stützstreben

## Probleme

lokale Schwachstellen als Auslöser rückschreitender Erosion: Wühltierbauten

**lokal hoher hydraulischer Koeffizient** („Kaskadenverbau“)



# Quellkaden



Vorteil: flexible, **einfache Lösung** für lokale Schäden an eingeschränkt zugängliche Deichabschnitte!

## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

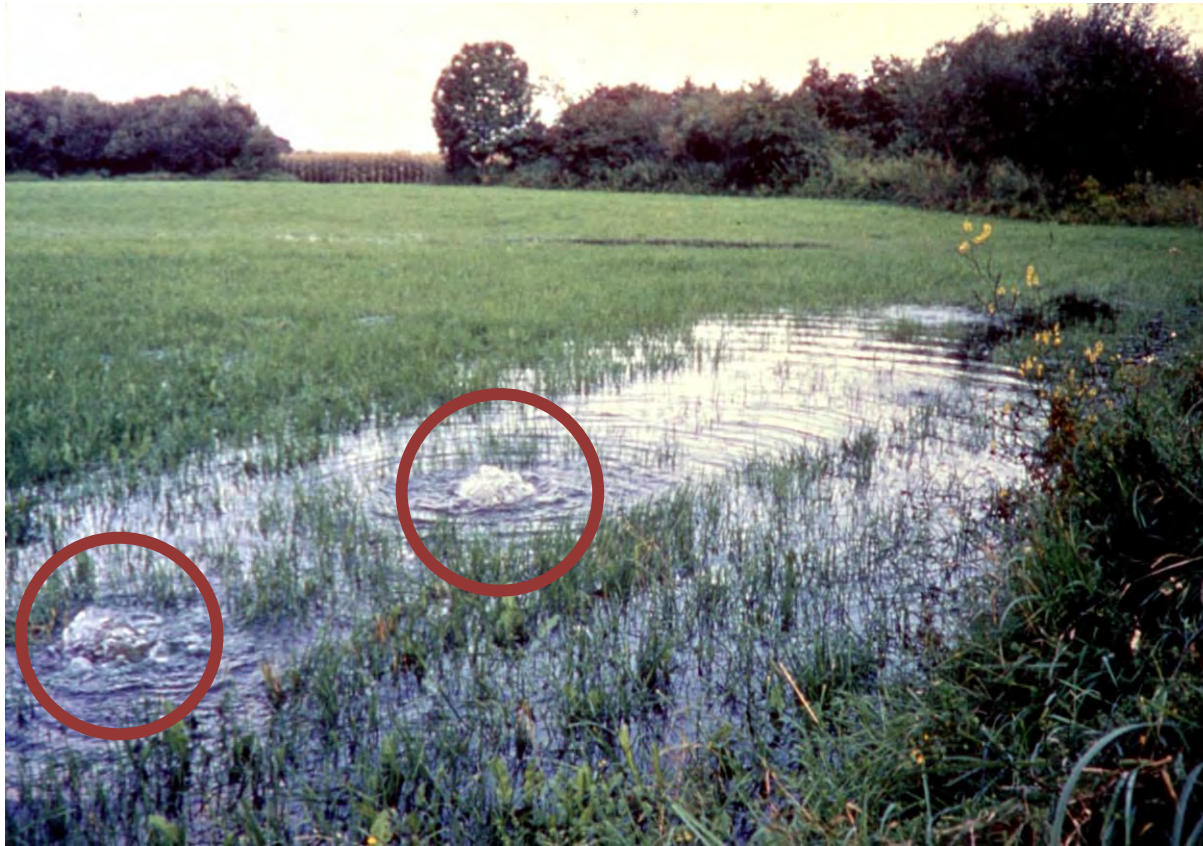
**Kammkaden** (flächig) durch Ausbau der Stützstreben

## Probleme

lokale Schwachstellen als Auslöser rückschreitender Erosion: Wühltierbauten

**lokal hoher hydraulischer Koeffizient** („Kaskadenverbau“)

# Qualmwasseraustritte



## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

## Probleme

**kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich**

**kritischer Bereich hinter  
den Deichen häufig  
schlecht einsehbar**



# Qualmwasseraustritte



## Technik

Quell-/Ringkaden

Auflastschüttungen (Kies)  
bei flächigen Austritten

## Probleme

kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich

kritischer Bereich hinter  
den Deichen **häufig**  
**schlecht einsehbar**

# Alternative zum Sandsackverbau: Aufsatzrohre



bewährt bei Sicherung von Austritten in  
Gräben und wassergefüllten Senken

## Technik

### Quell-/Ringkaden

Auflastschüttungen (Kies)  
bei flächigen Austritten

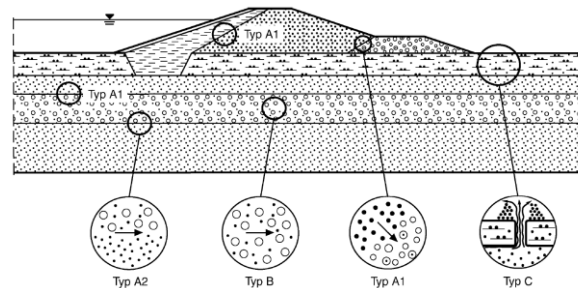
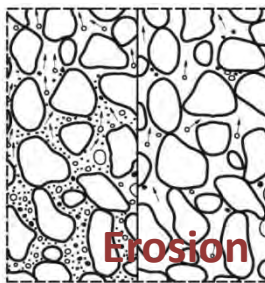
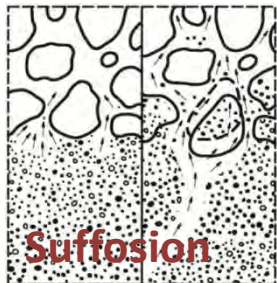
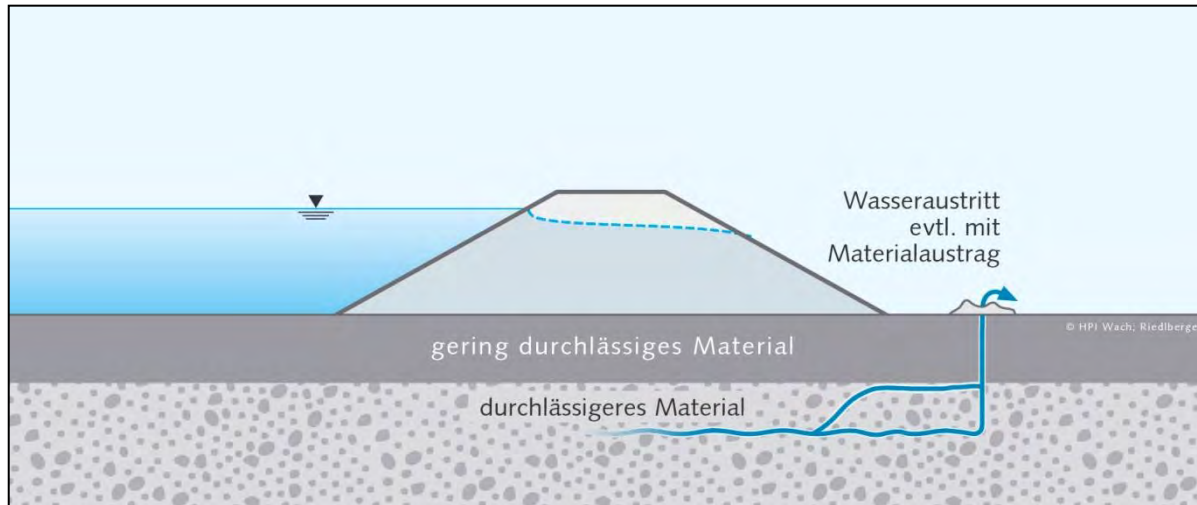
## Probleme

kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich

kritischer Bereich hinter  
den Deichen **häufig**  
**schlecht einsehbar**



# Qualmwasseraustritte



## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

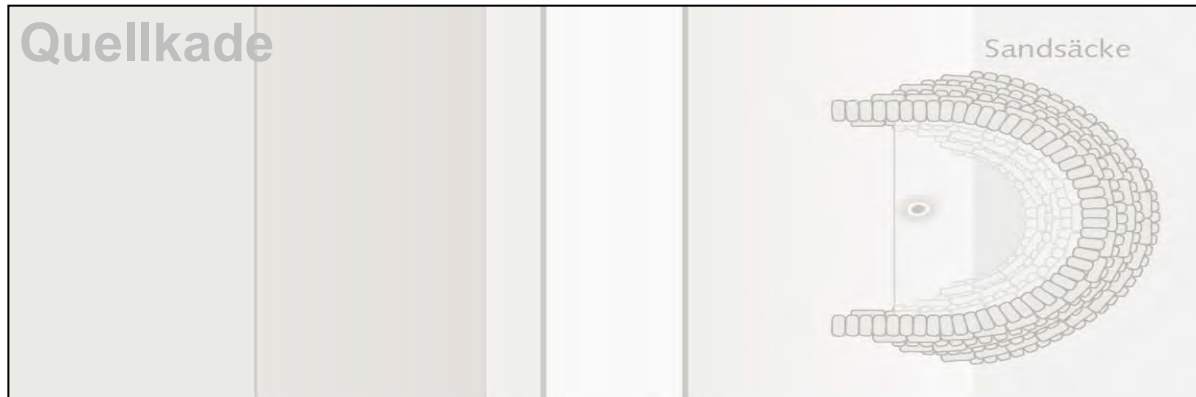
## Probleme

**kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich**

**kritischer Bereich hinter  
den Deichen häufig  
schlecht einsehbar**

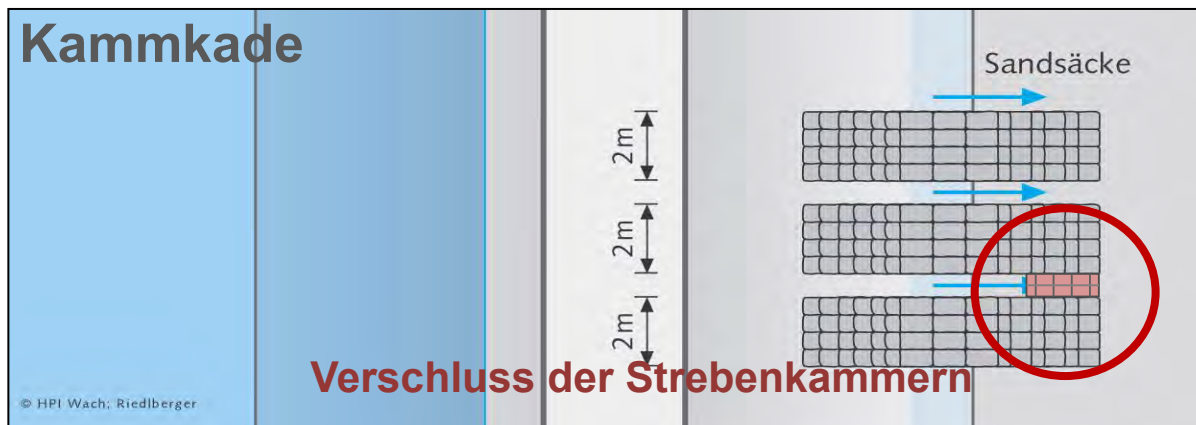


# Kammkaden



## Technik

Quellkaden (punktuell)  
**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben



## Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig

# Kammkaden



## Technik

Quellkaden (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig



# Kammkaden



## Technik

Quellkaden (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

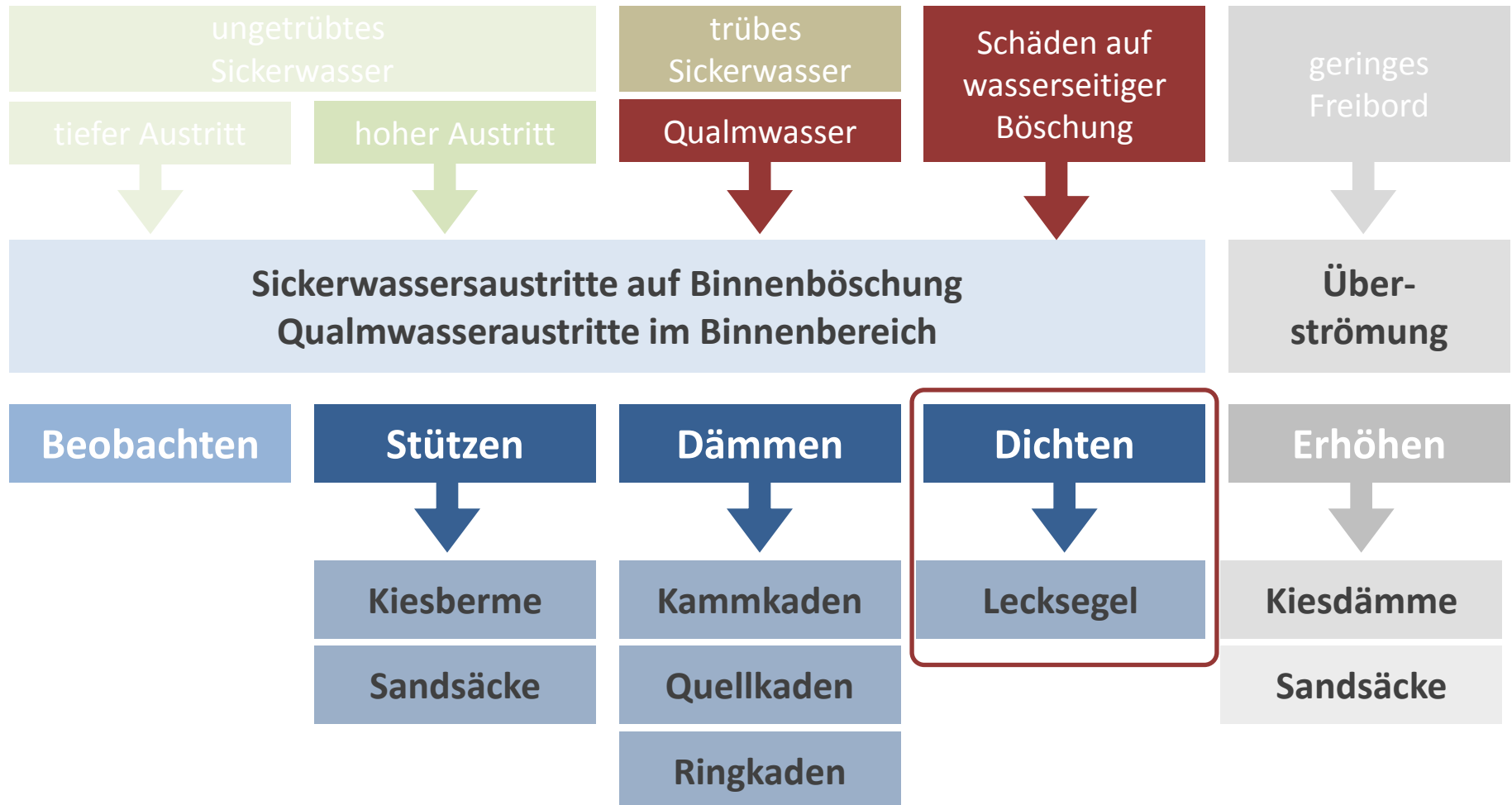
## Probleme

**extrem material- und  
personalintensiv**

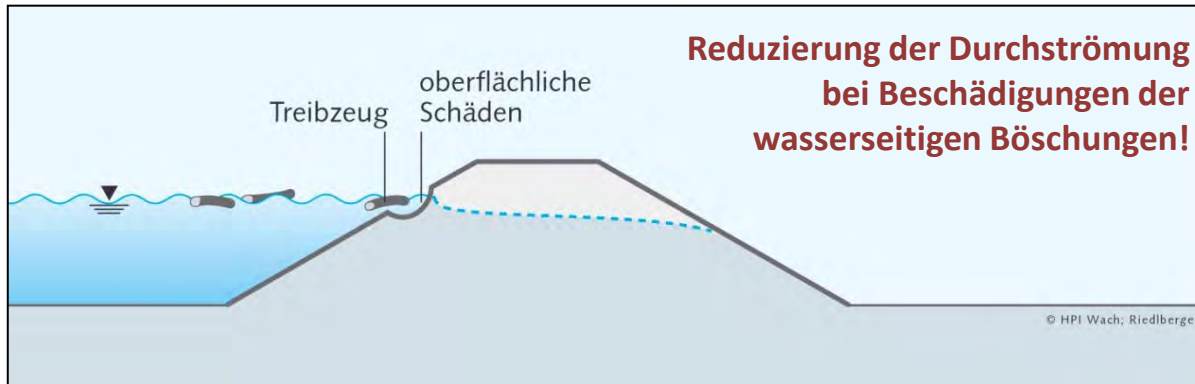
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig



# Maßnahmen bei Wasseraustritten



# Dichten



## Technik

**Leckagesegel (lokal)**

**KDB-Dichtung (flächig)**

## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)**

**bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich**

# Treibzeug



## Technik

Leckagesegel (lokal)  
KDB-Dichtung (flächig)

## Probleme

Feststoffe: **Treibzeug**, Eis  
Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)  
bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich



# Eisversatz



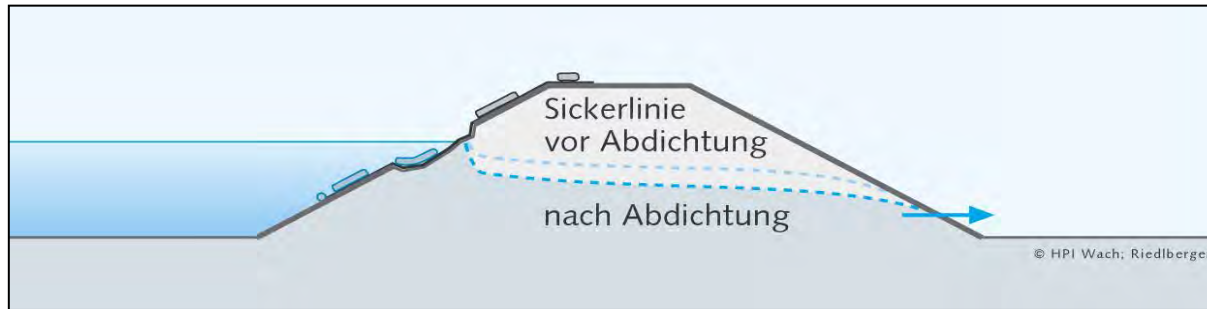
## Technik

Leckagesegel (lokal)  
KDB-Dichtung (flächig)

## Probleme

Feststoffe: Treibzeug, **Eis**  
Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)  
bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich

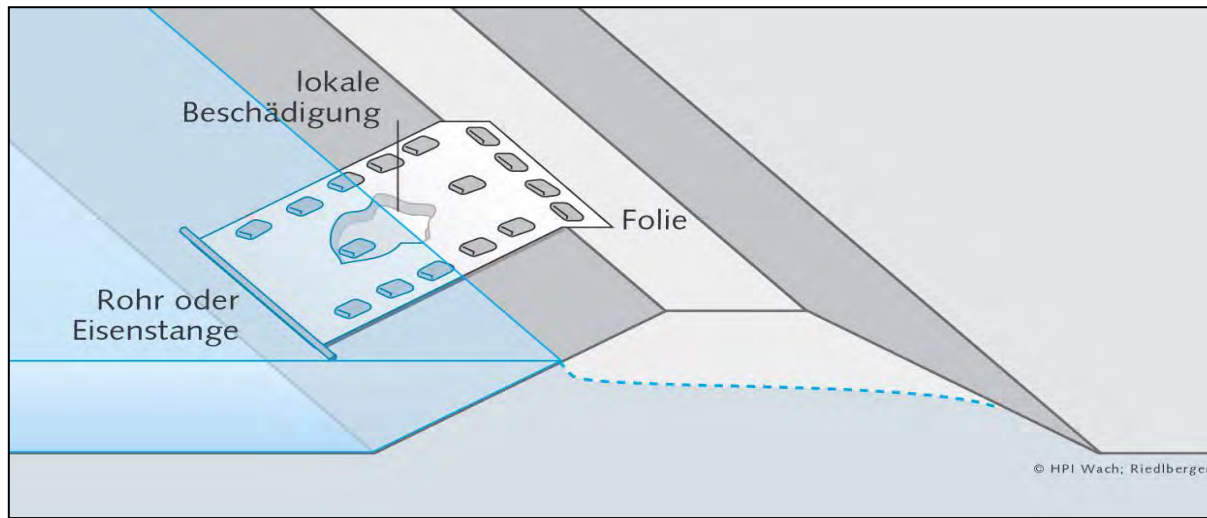
# Leckagesegel



## Technik

**Leckagesegel** (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)



## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)**

**bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich**

# Leckagesegel



## Technik

**Leckagesegel** (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)

## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich**  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)

bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich



# KDB-Dichtungen



## Technik

Leckagesegel (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)

## Probleme

Feststoffe: Treibzeug, Eis

Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)

bei flächigen Lösungen  
erhebliche **Vorlaufzeit**  
erforderlich

# KDB-Dichtungen



## Technik

Leckagesegel (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)

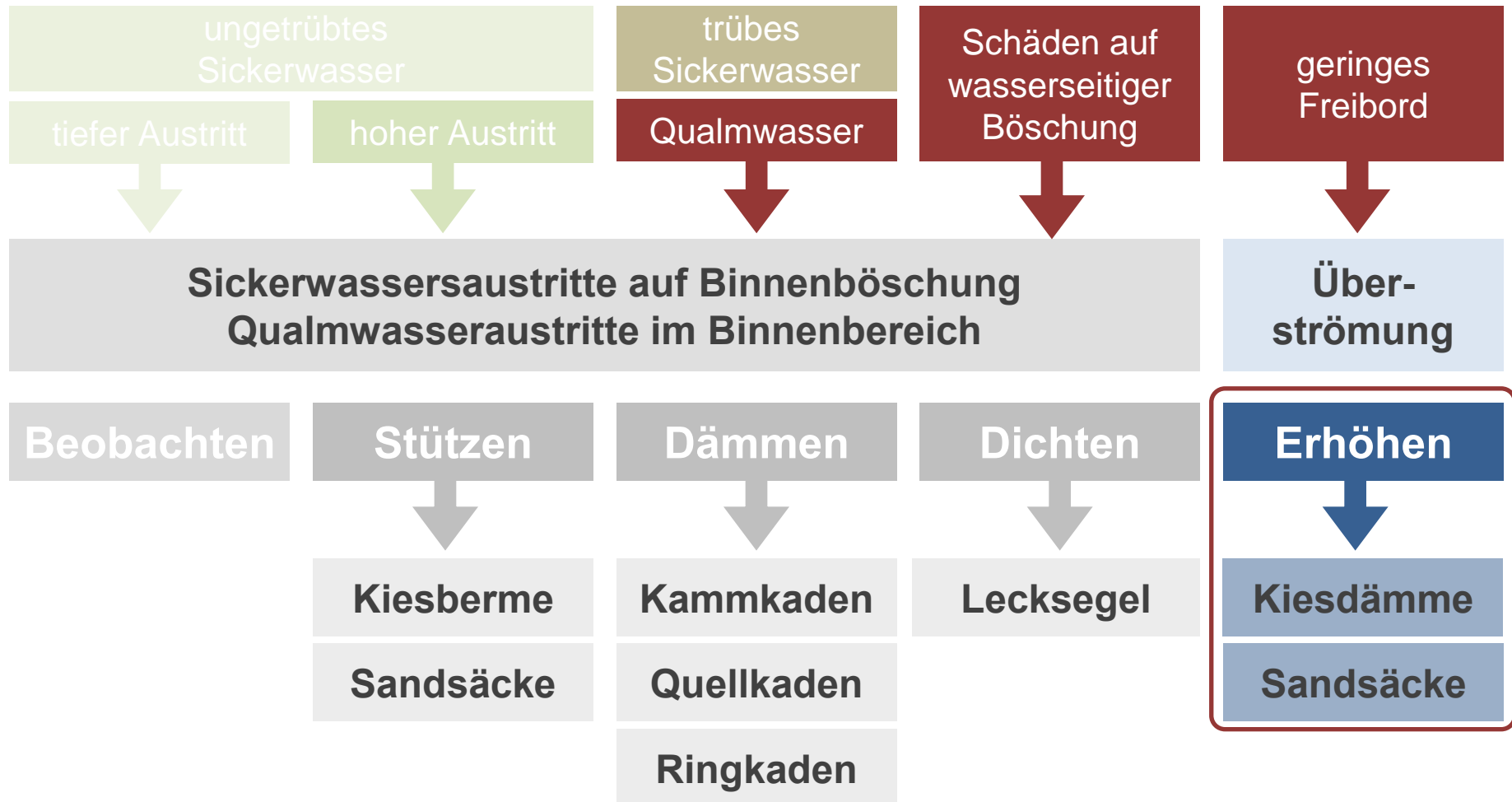
## Probleme

Feststoffe: Treibzeug, Eis

Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)

bei flächigen Lösungen  
erhebliche **Vorlaufzeit**  
erforderlich

# Maßnahmen bei Überströmung





## Versagen durch Kappenbruch



## Versagen durch Böschungfußkolk





# Maßnahmen bei Überströmung



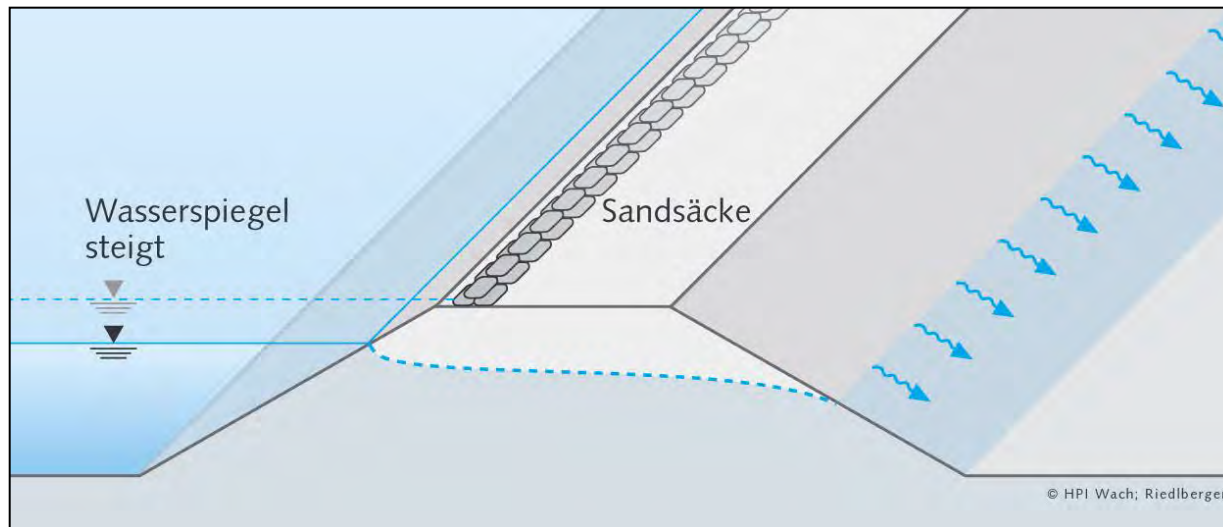
## Technik

**Aufkudung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**



# Aufkantung



## Technik

**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

## Probleme

**Achtung:**  
**Aufkantung** erhöhen die  
Einwirkungen auf Deiche  
und können schlagartiges  
geotechnisches Versagen  
provozieren!

# Aufkadung



## Technik

### Aufkadung

(Sandsackverbau, Kies)

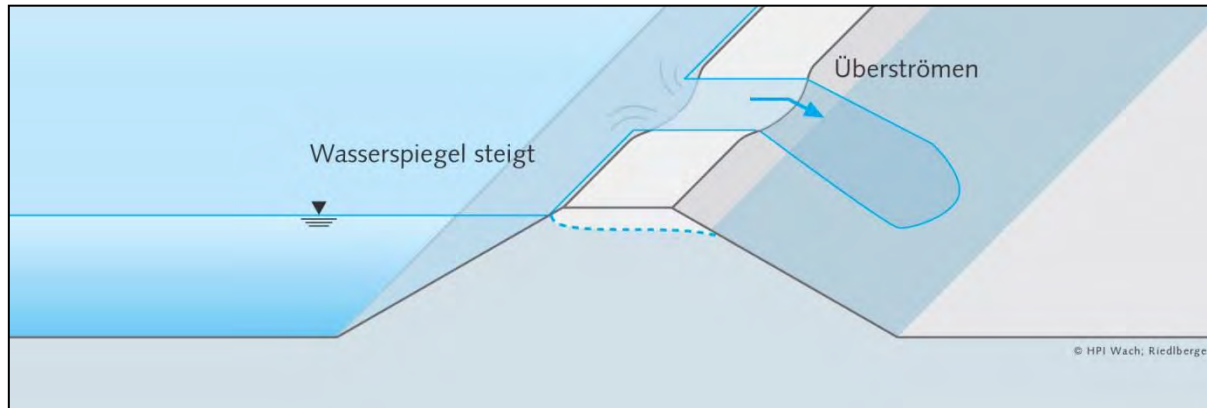
Ausgleich lokaler  
Schwachstellen

## Probleme

**Achtung:**

**Aufkadungen erhöhen die  
Einwirkungen auf Deiche  
und können schlagartiges  
geotechnisches Versagen  
provozieren!**

# Ausgleich von Schwachstellen



## Technik

**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**



# Ausgleich von Schwachstellen



## Technik

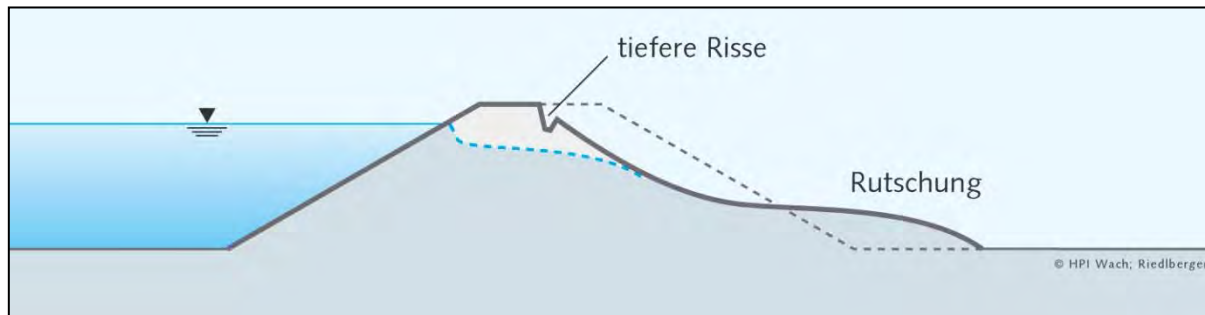
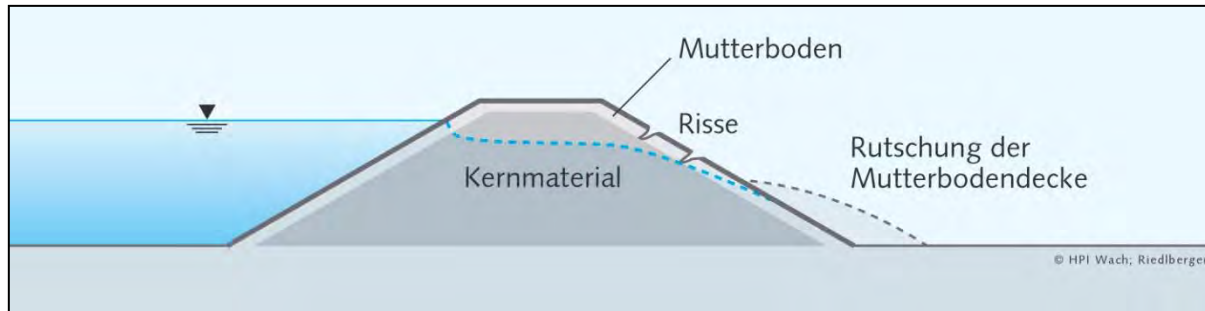
**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

# Resiliente Bauweisen



# Böschungsbruchformen



## Technik

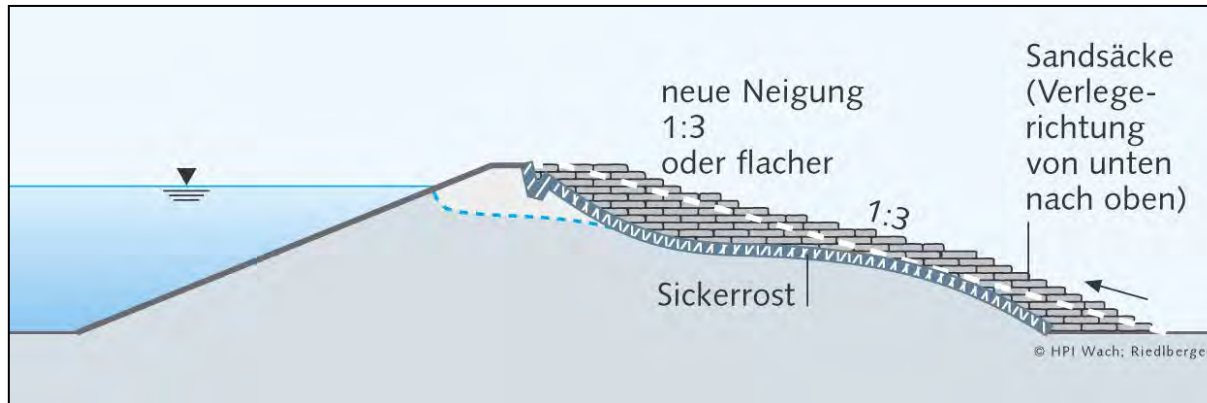
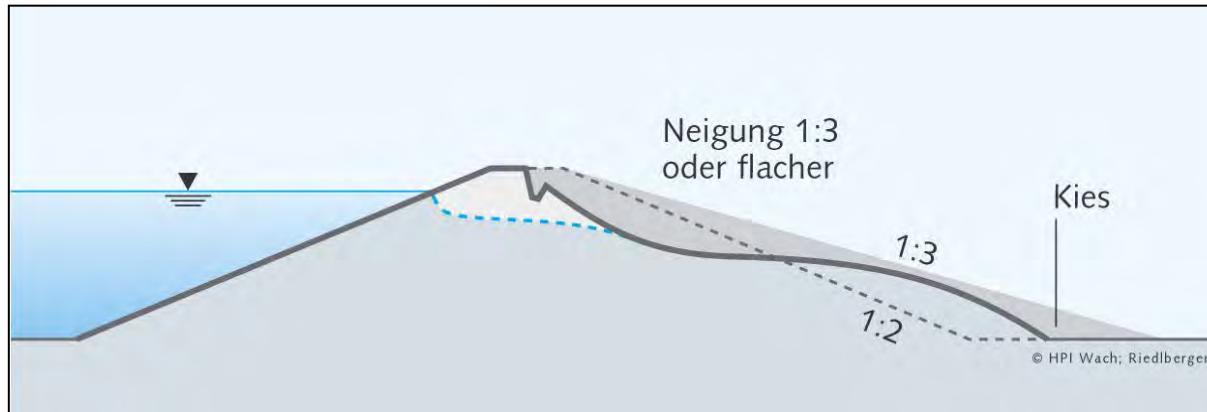
Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: global



# Verbau von Binnenböschungen

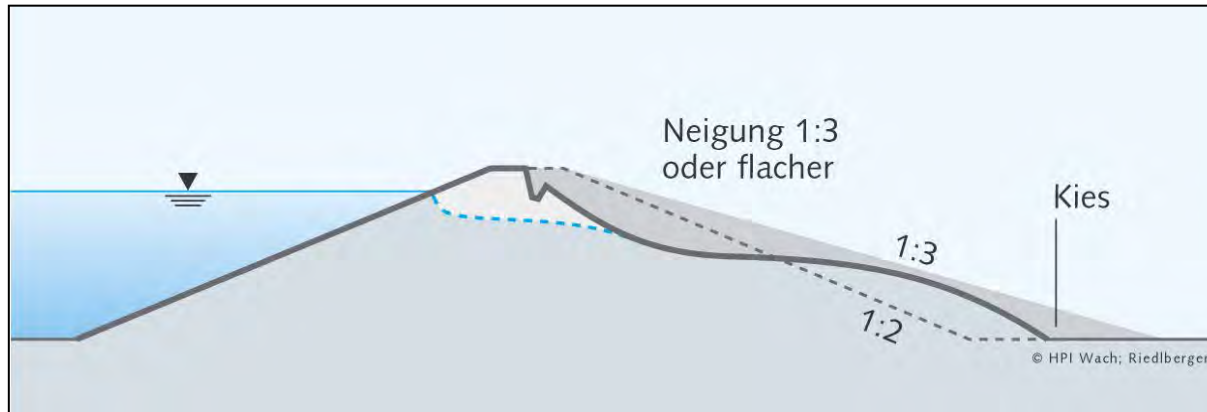


## Technik

**Stützverbau : Kies**

**Stützverbau: Sandsäcke**

# Verbau von Binnenböschungen



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: **Sandsäcke**

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)

# Auflastschüttung



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)



# Auflastschüttung



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialleistung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)

# Auflastschüttung



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

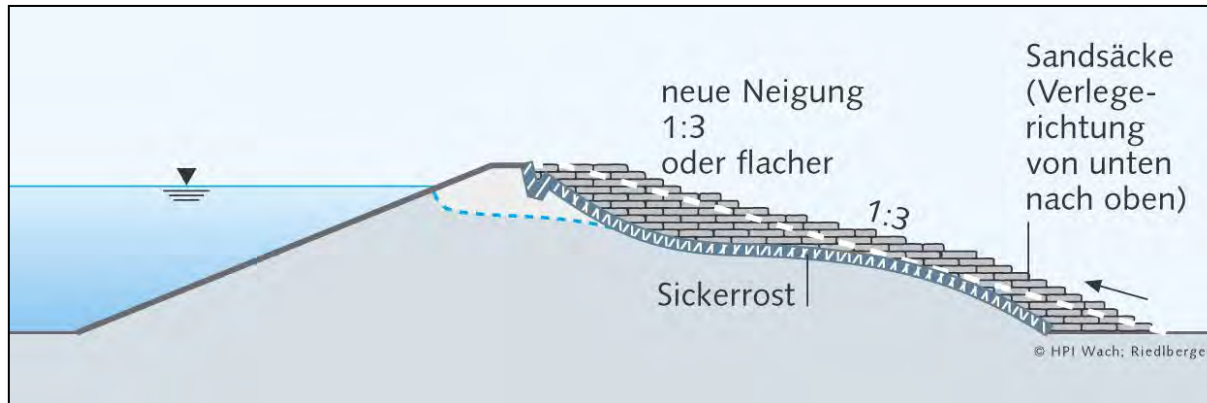
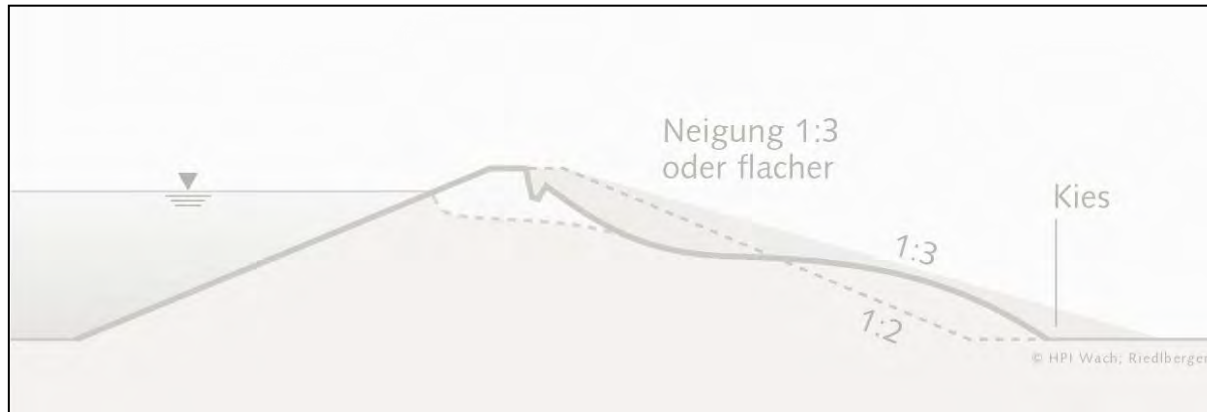
**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)

# Sandsackverbau



## Technik

Stützverbau: Kies

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig



# Sandsackverbau



## Technik

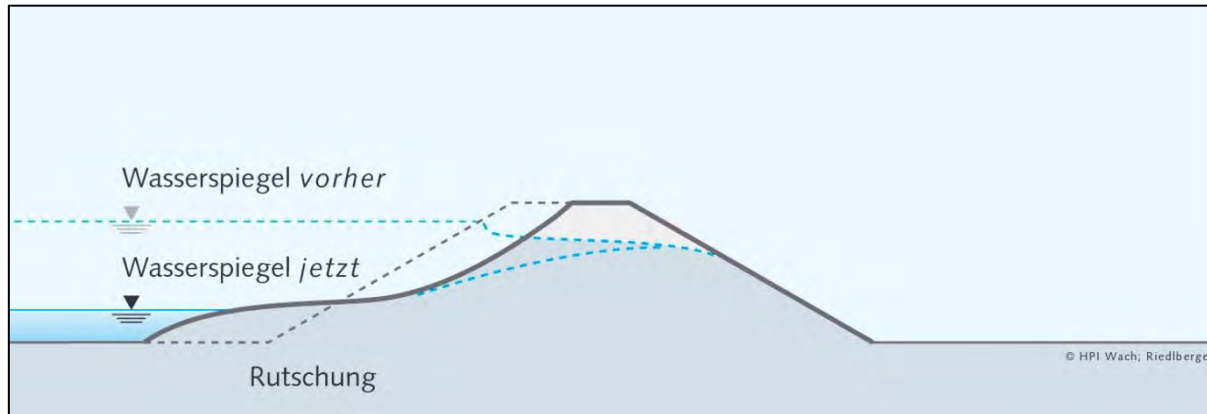
Stützverbau: Kies

Stützverbau: **Sandsäcke**

## Sandsackverbau: Aufbau eines Dränfilters



# wasserseitiger Böschungsbruch



## Technik

Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen

## Probleme

Kritisch bei  
**mehrscheiteligen  
Hochwasserwellen** oder  
prognostizierten  
**Folgeereignissen**



# wasserseitiger Böschungsbruch



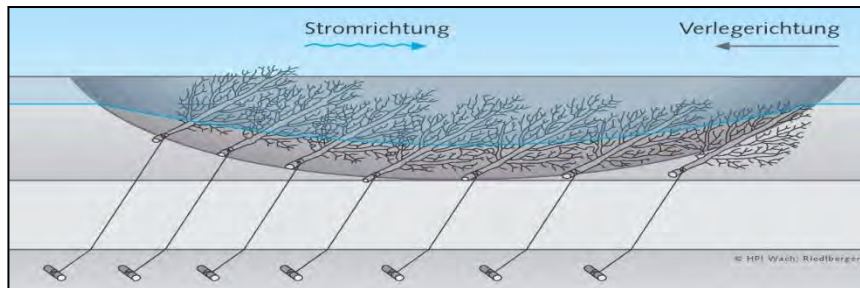
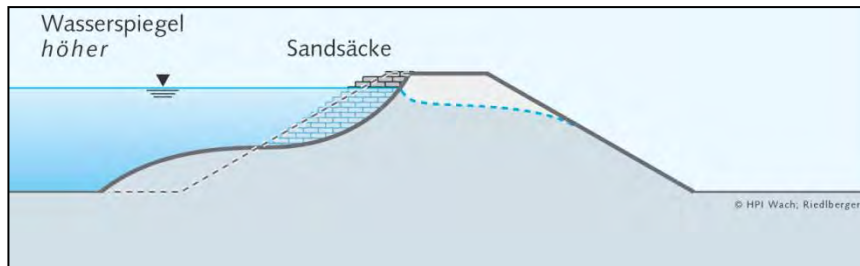
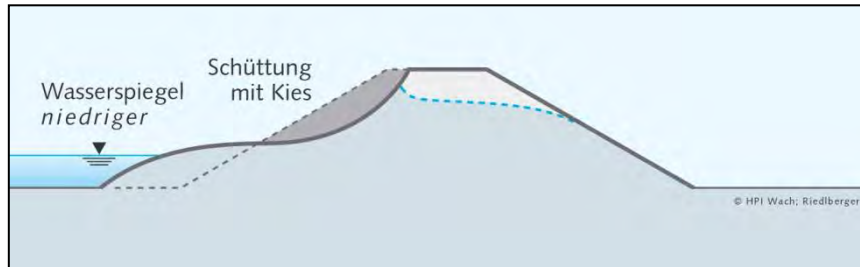
## Technik

Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen

## Probleme

Kritisch bei  
**mehrscheiteligen  
Hochwasserwellen** oder  
prognostizierten  
**Folgeereignissen**

# wasserseitiger Böschungsbruch

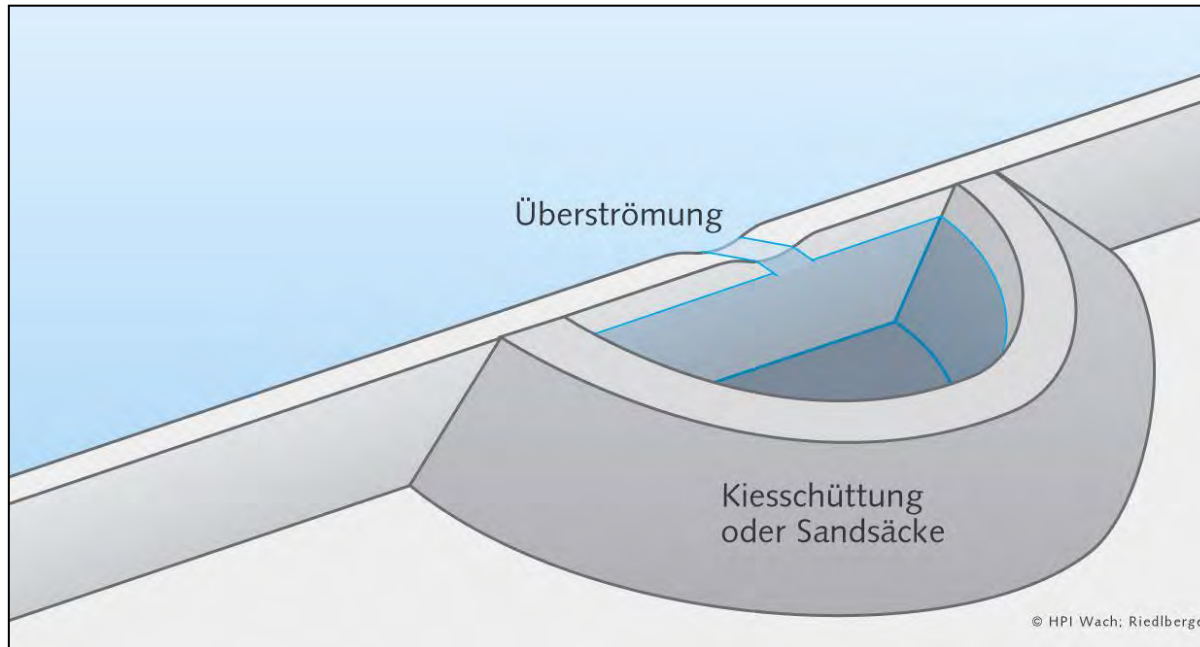


## Technik

Einwurf von Kies und/oder  
Sandsäcken

Einsatz von Raubäumen

## Koffer- und Kammerdeiche (2. Deichlinien)



### Technik

**Umschließung einer potentiellen Bruchstelle durch Koffer- oder Kammerdeiche (Notdeiche)**

### Probleme

**komplexe Baumaßnahme**

**Material- und Geräteeinsatz erfordert angemessene Vorwarnzeiten (als klassischer Hochwassereinsatz eher ungeeignet)**



## Betriebseinrichtungen: Binnenentwässerungsanlagen



## Betriebseinrichtungen: Verschlüsse

