



# Deichverteidigung

Andreas Huber, Gerhard Koller

12.11.2015





# Organisation Deichverteidigung - Rechtliche Grundlagen

---

## ■ Wassergesetze (BayWG /WHG)

**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)

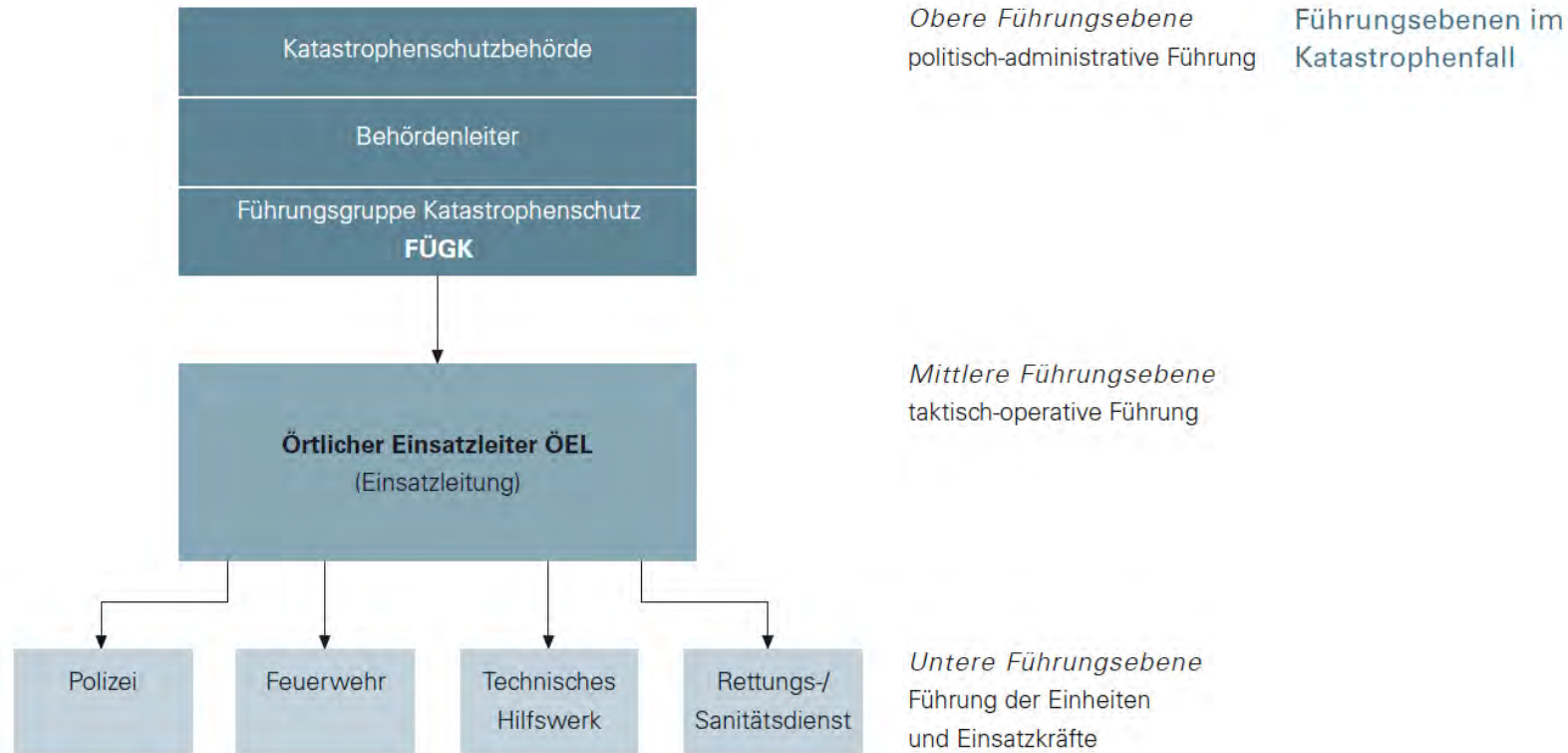
**Gemeinden** haben als Pflichtaufgabe im eigenen Wirkungskreis dafür zu sorgen, dass [...] ausreichende **technische Hilfe bei sonstigen Unglücksfällen oder Notständen** im öffentlichen Interesse geleistet wird (technischer Hilfsdienst).

## ■ Einzelregelungen im Planfeststellungsbescheid



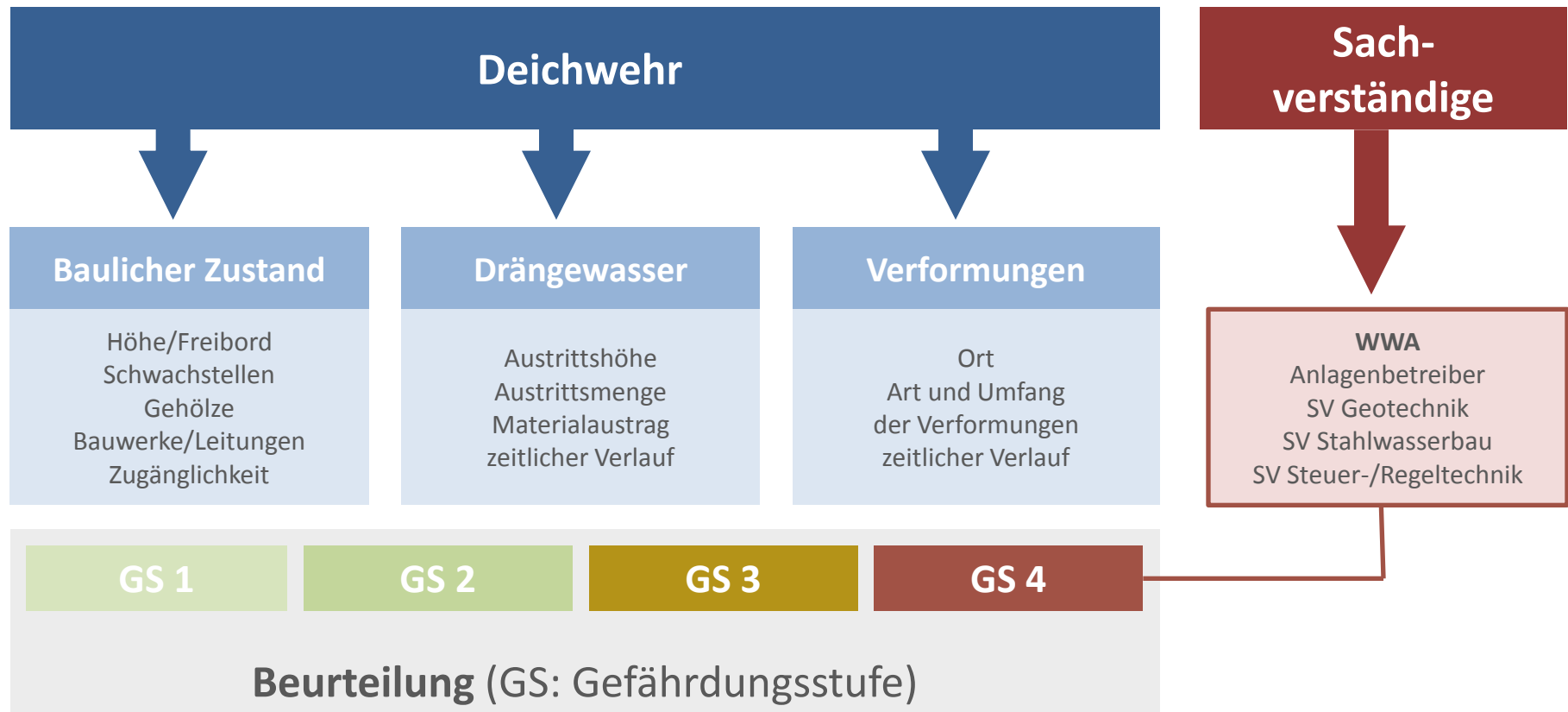


# Organisation des Katastrophenschutzes in Bayern





# Beobachtungs- und Entscheidungskriterien



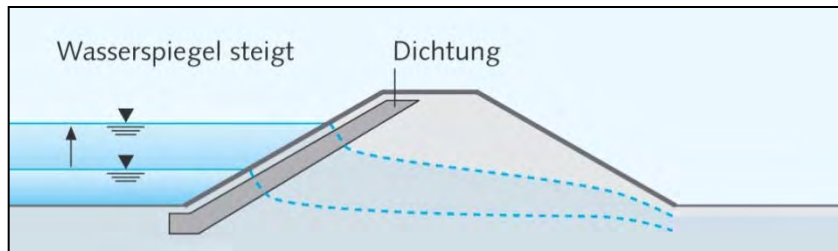
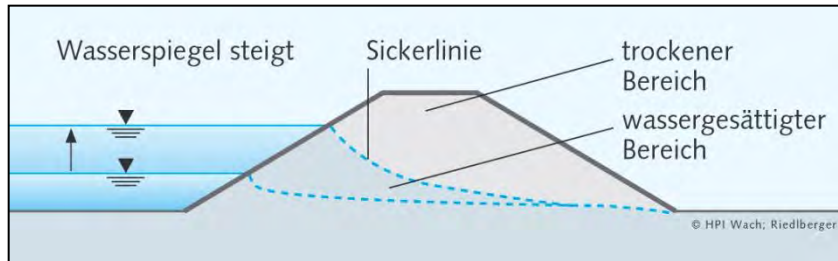


## Gefährdungsstufen (GS)

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

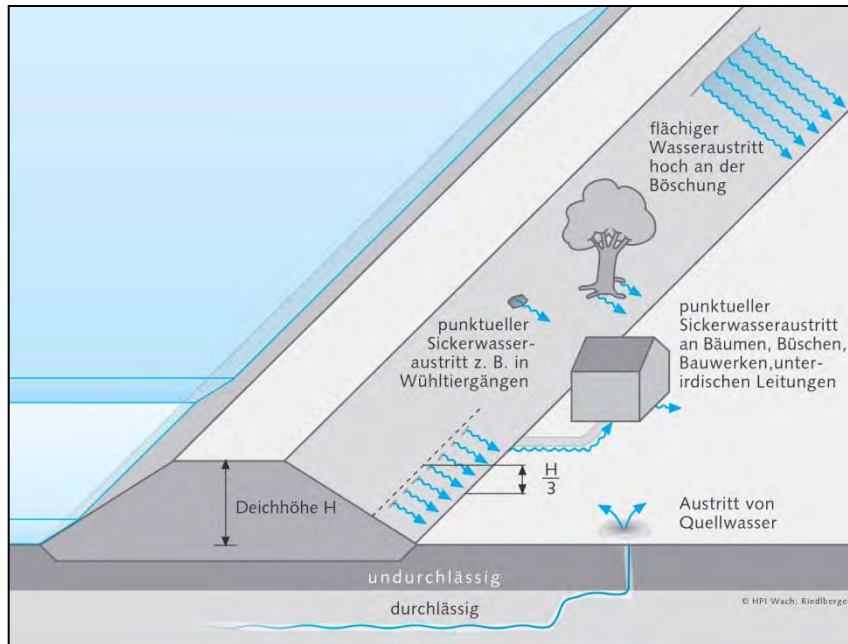


# Definitionen



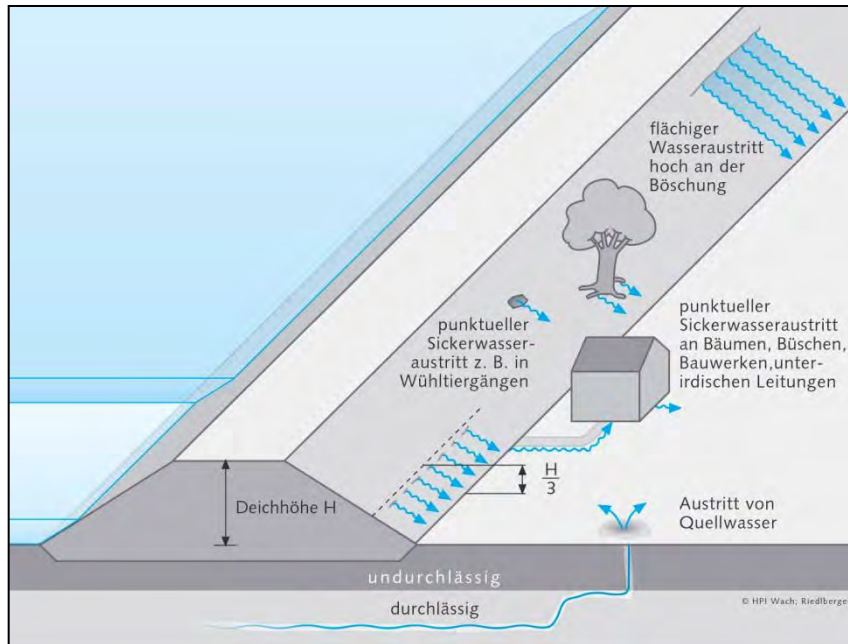
- **Sickerwasser:** das der Schwerkraft unterliegende Wasser im ungesättigten Boden oberhalb der Sickerlinie
- **Sickerlinie:** obere Grenze des gesättigten Bodens („Null-Potentiallinie“)
- **Drängewasser:** das Deich und Untergrund durchströmende Wasser im gesättigten Boden unterhalb der Sickerlinie („Potentialströmung“)

# Definitionen



- Durchströmung ist ein natürlicher Vorgang: nicht unbedingt problematisch
- Wasseraustritte auf Binnenböschung ermöglichen Beurteilung der Lage der Sickerlinie und somit Standsicherheit
- Bei Deichkontrolle zu beobachten:
  - Ort
  - Menge
  - Art des Wasseraustrittes
- **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

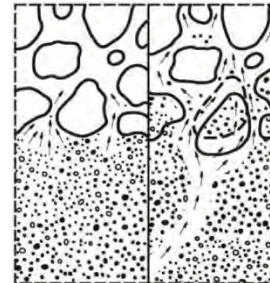
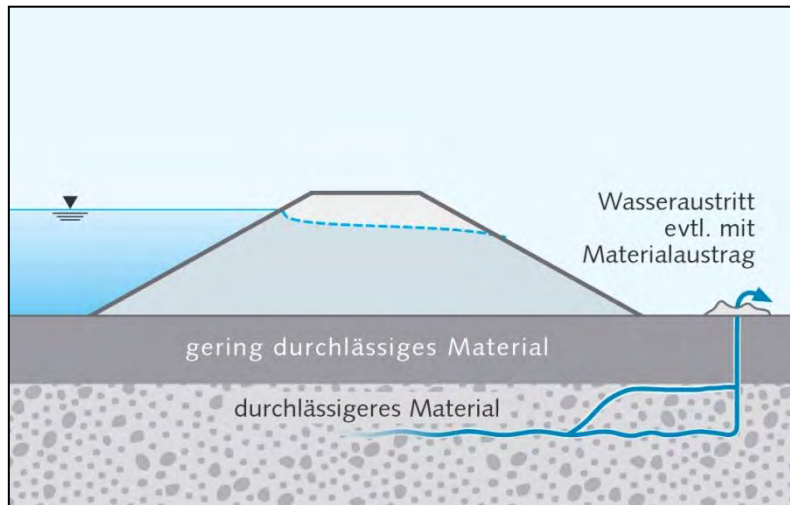


- **Kuwerwasser:** das auf der Deichböschung austretende Drängewasser
- **Quell-/Qualmwasser:** das im Binnenbereich aus dem Untergrund austretende Drängewasser. Qualmwasser unterscheidet sich von Quellwasser durch den **Materialtransport (Trübung)**

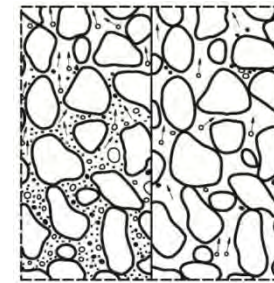




# Definitionen



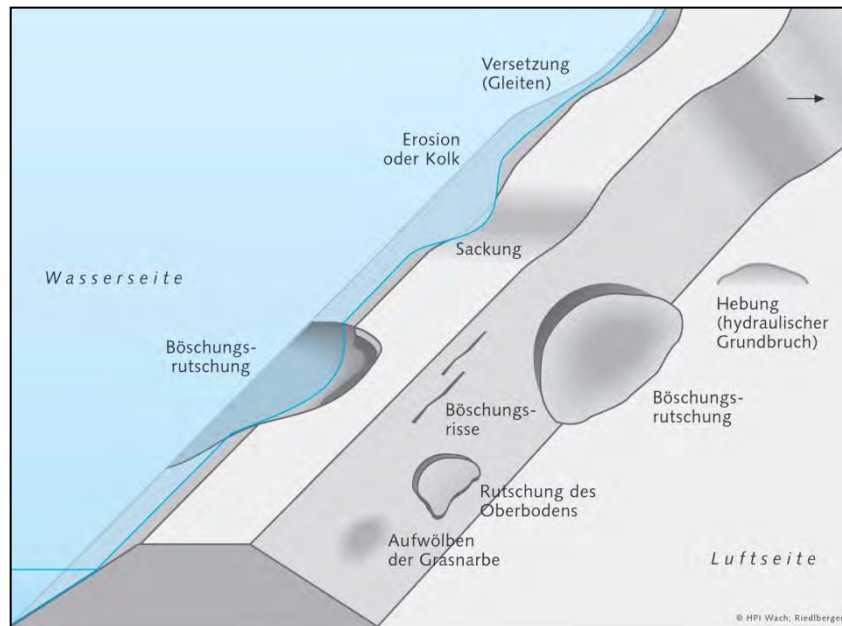
**Suffosion**



**Erosion**



# Definitionen



- Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen
- **Eher unkritisch:** auf den Oberboden begrenzte Böschungsschäden („lokale Böschungssicherheit“)
- **Kritisch:** tiefreichende Böschungsrutschungen („allgemeine Böschungssicherheit“) und binnenseitige Hebungen („hydraulischer Grundbruch“)



## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

---

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



## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

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





## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

---

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



## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

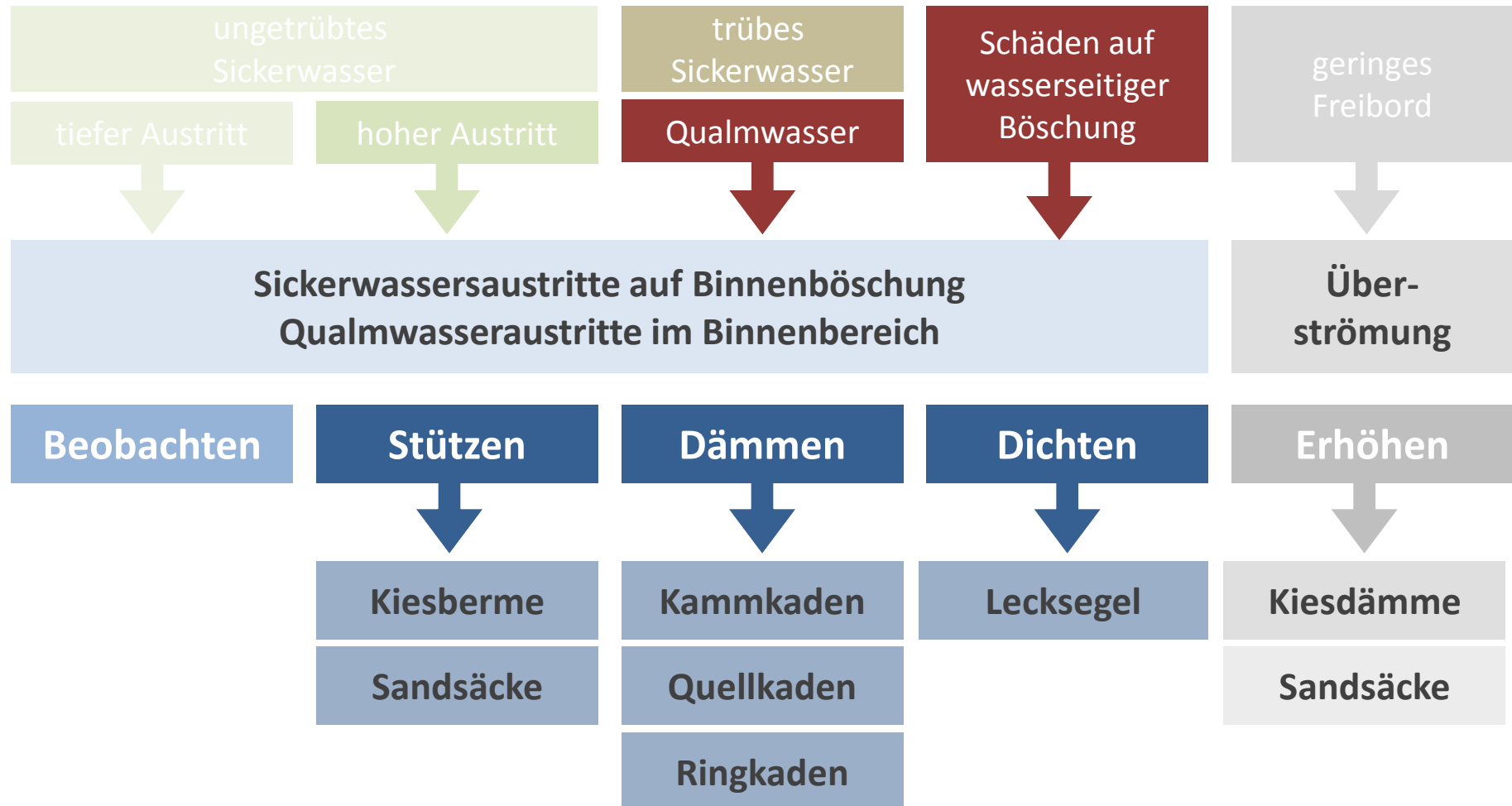
---

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



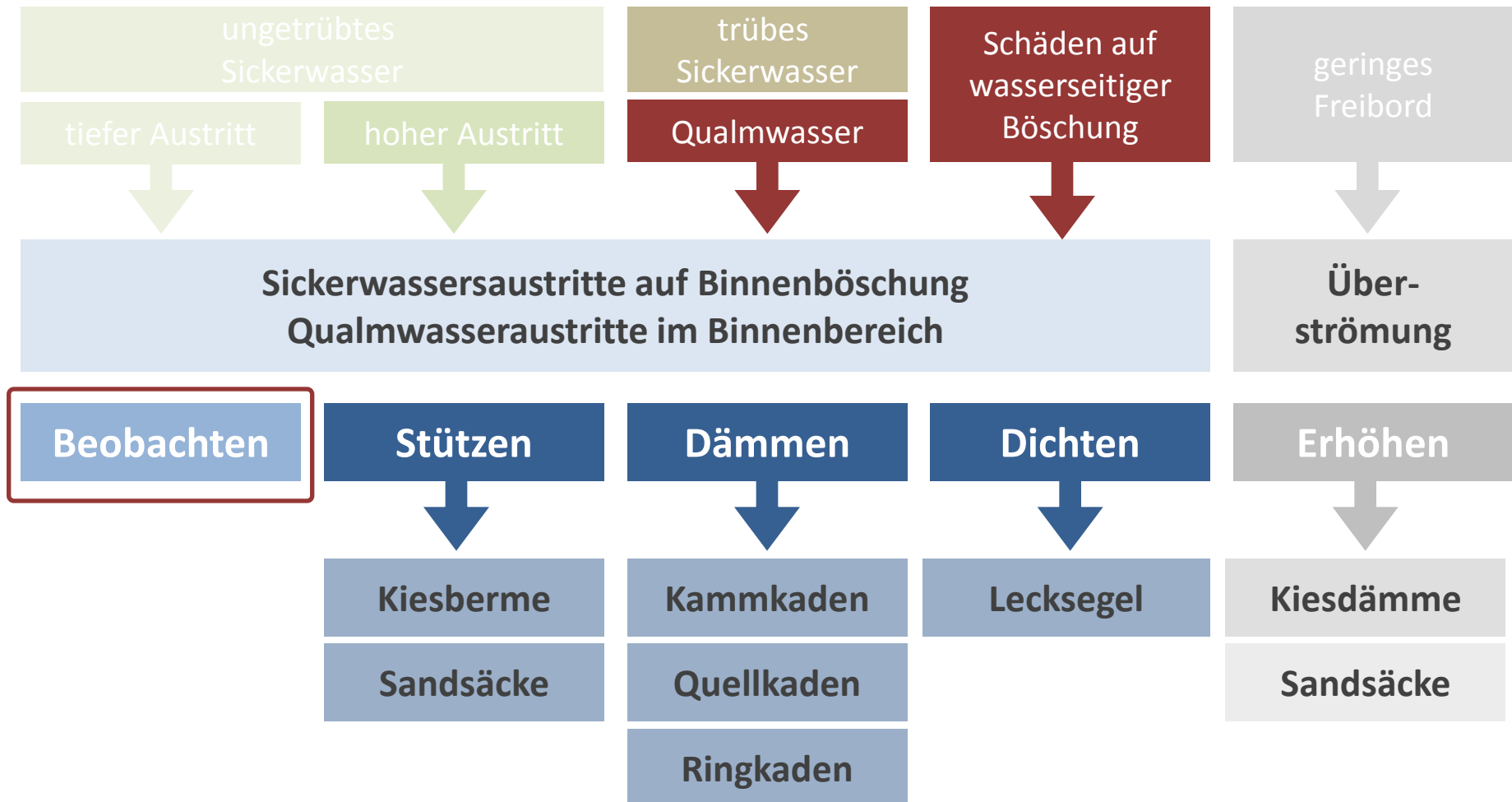


# Maßnahmen bei Wasseraustritten



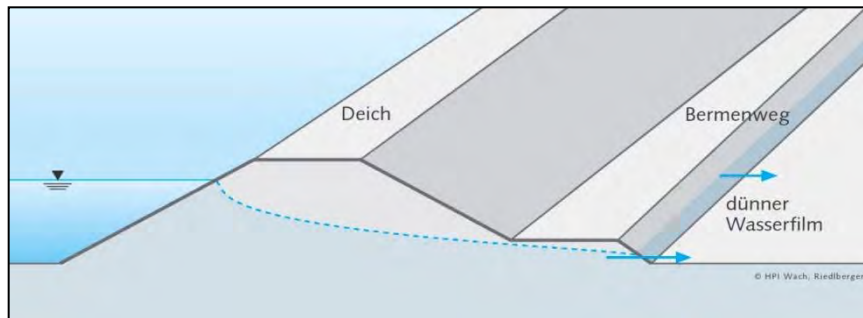
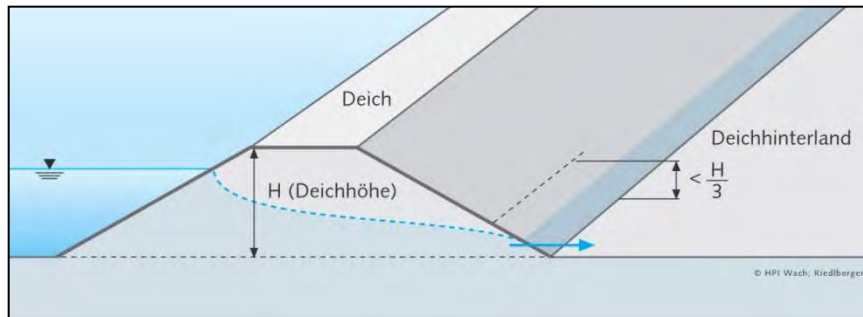


# Maßnahmen bei Wasseraustritten





## Beobachten



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

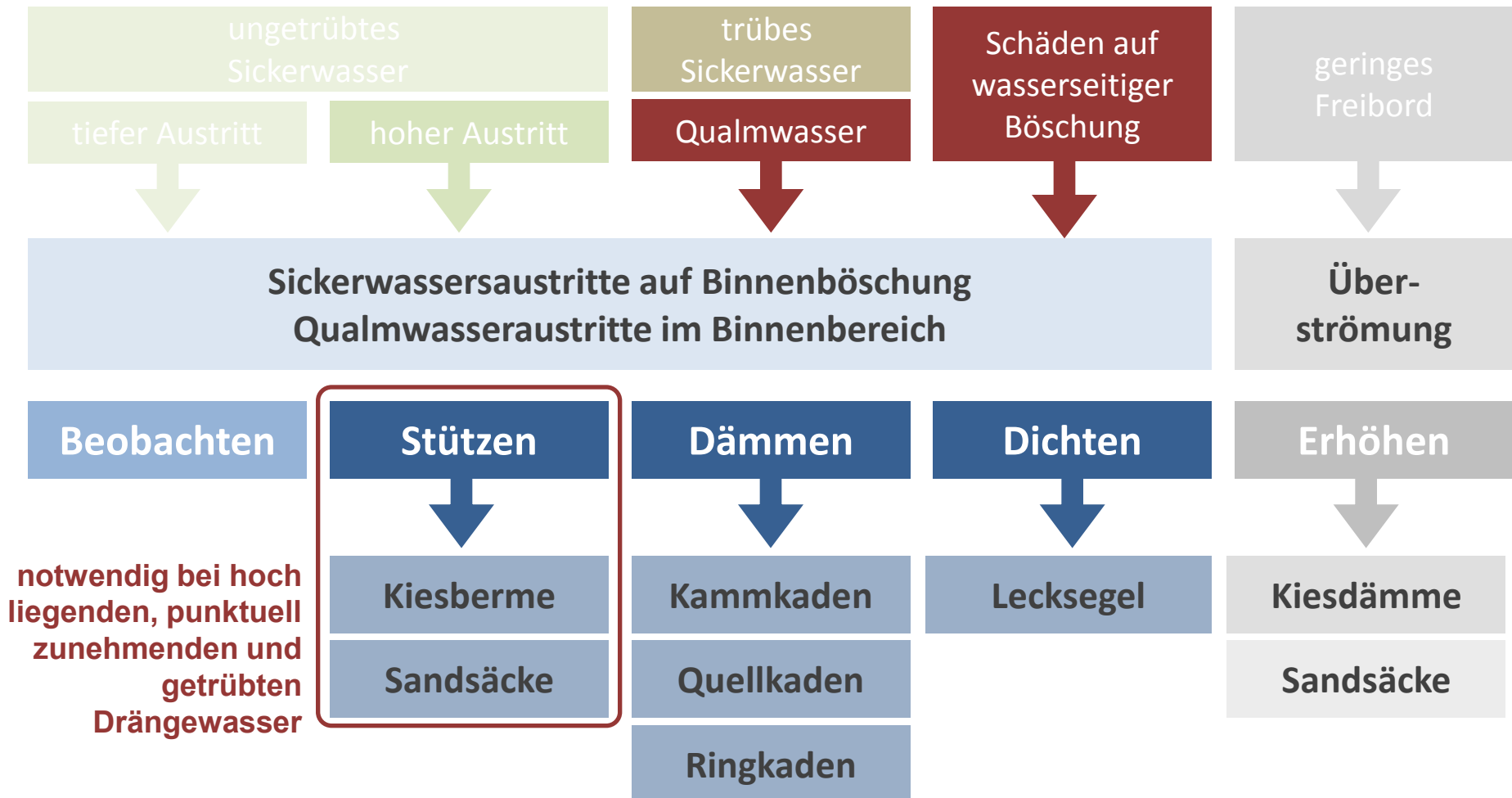
**Beobachtung** ist ausreichend!

**Merke:**

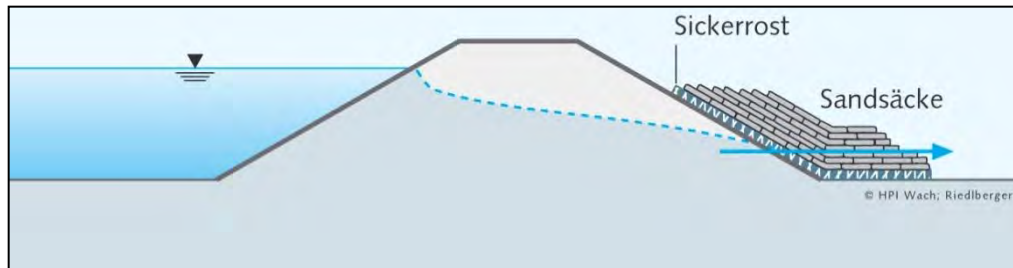
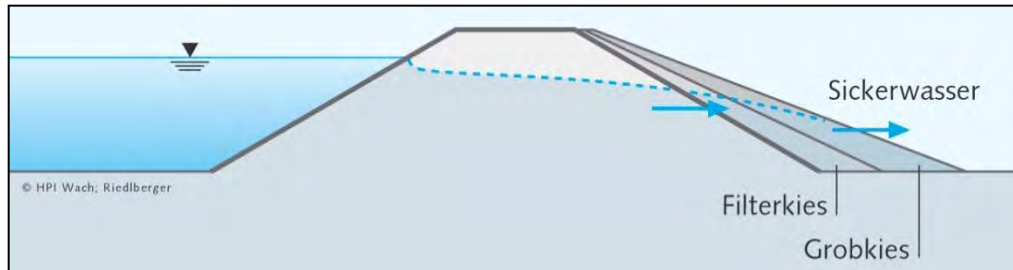
Nicht jede Durchströmung ist kritisch. Verbau unkritischer Drängewasseraustritte kann die Entwässerung des Deiches beeinträchtigen und die Sickerlinie ansteigen lassen. Damit kann die Standsicherheit des Deiches unter Umständen nachteilig beeinflusst werden.



# Maßnahmen bei Wasseraustritten



# Stützen



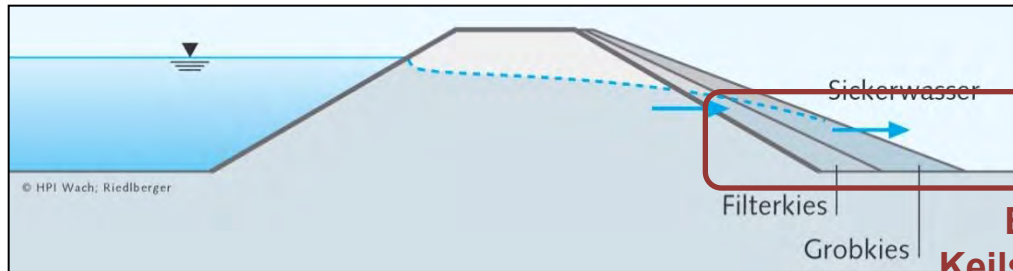
## Technik

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

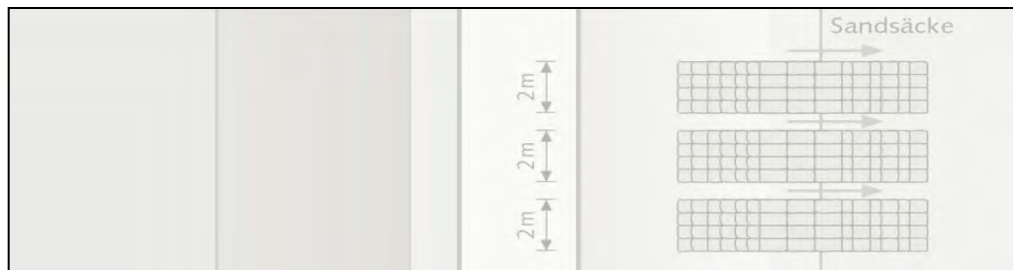
## Probleme

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**  
**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**  
**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**  
**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**  
**Materialeignung** (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)

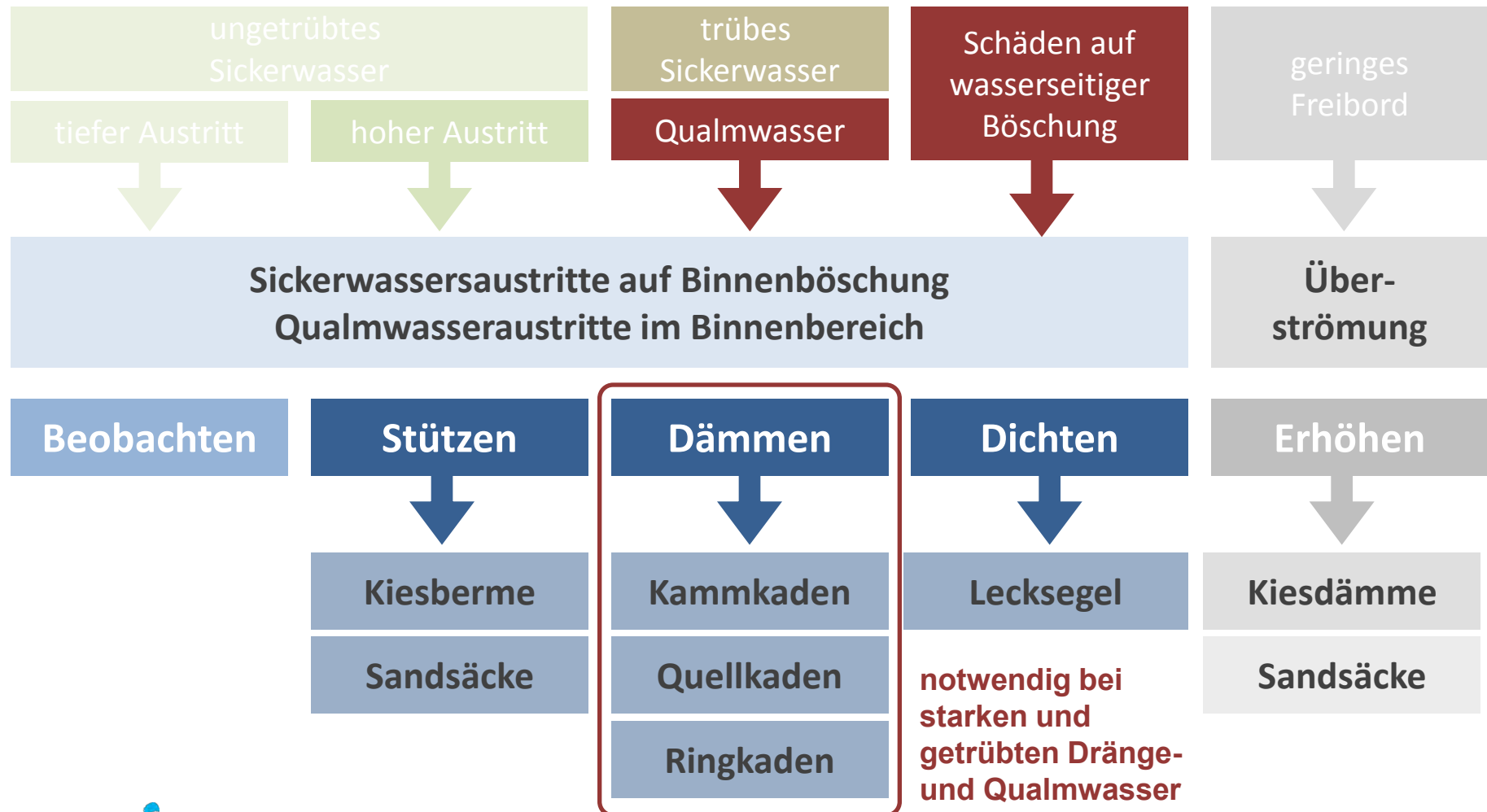
**Stützstreben** (Sandsäcke)

### Probleme

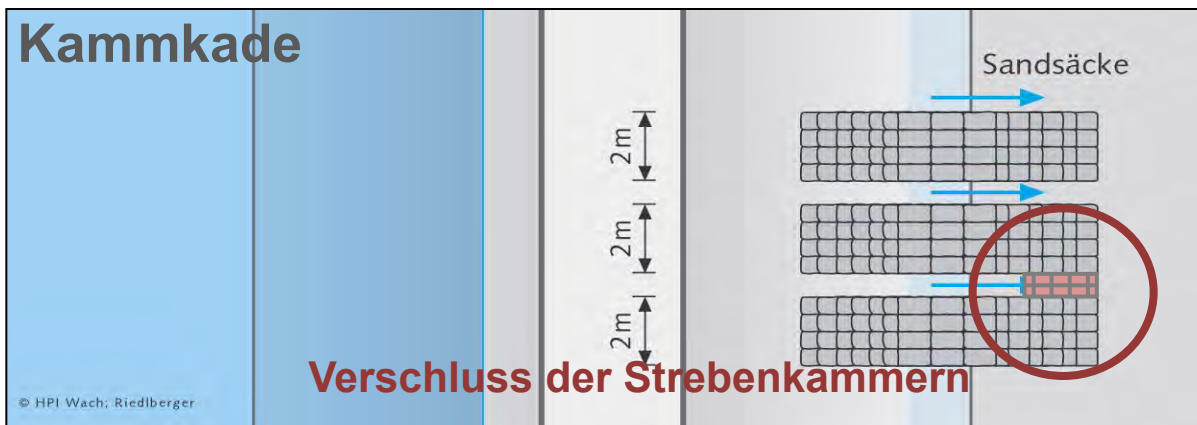
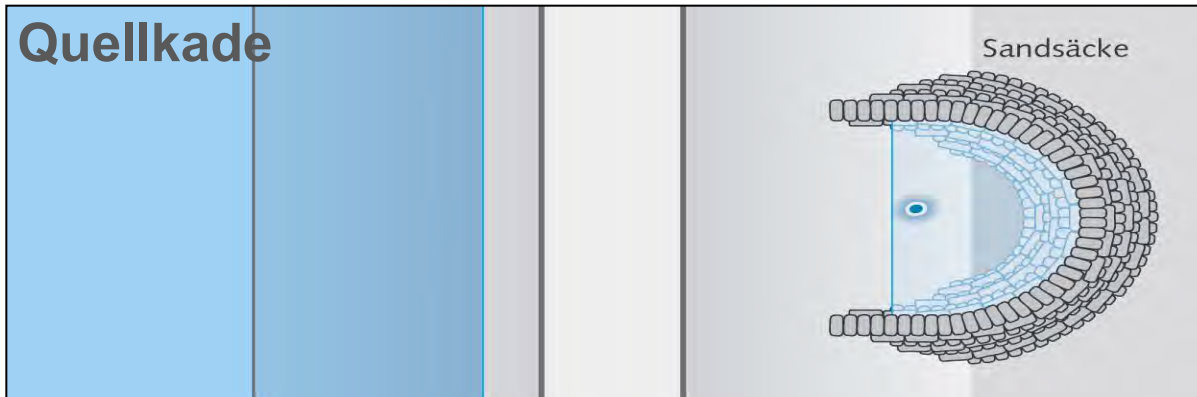
extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig



# Maßnahmen bei Wasseraustritten



# Quell- und Kammkaden



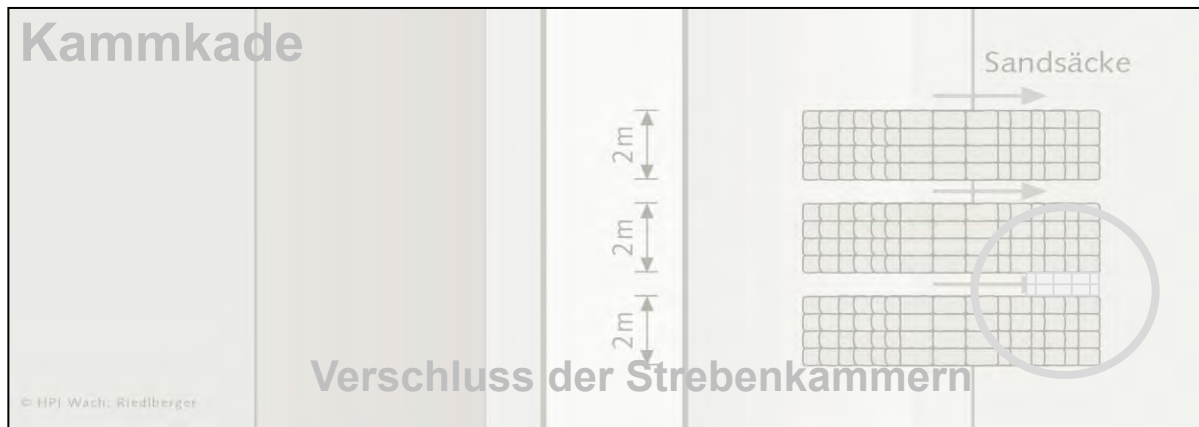
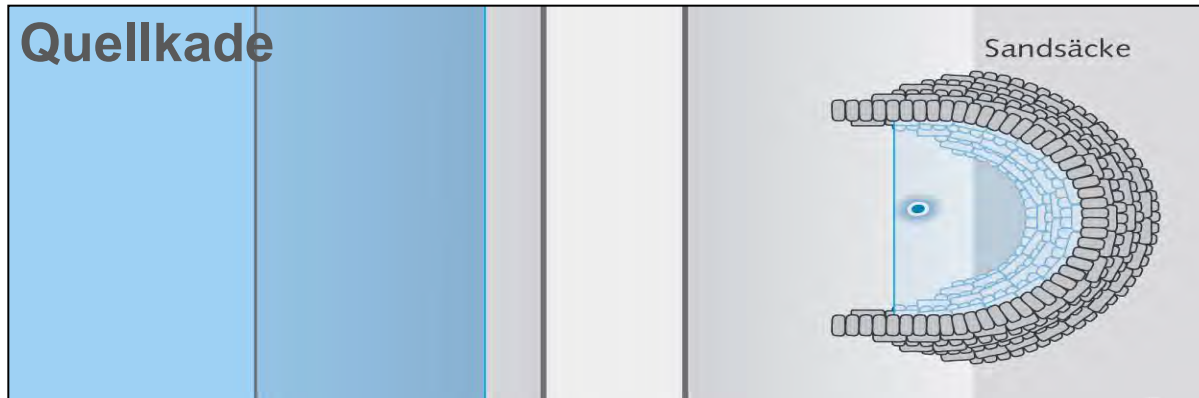
## Technik

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

## Probleme



# 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



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

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

## Probleme

lokale Schwachstellen als  
Auslöser rückschreitender  
Erosion: **Wühltierbauten**

lokal hoher hydraulischer  
Koeffizient („Kaskaden-  
verbau“)



# 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!

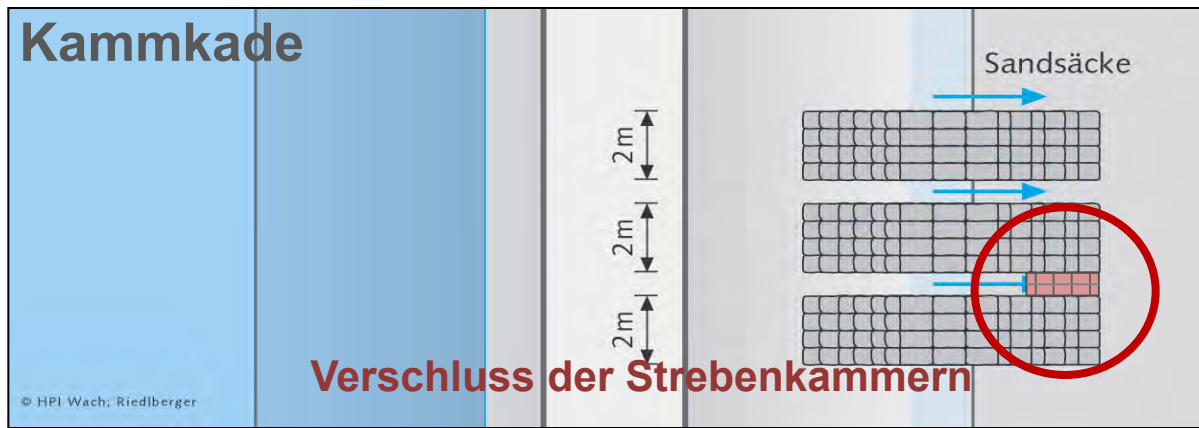
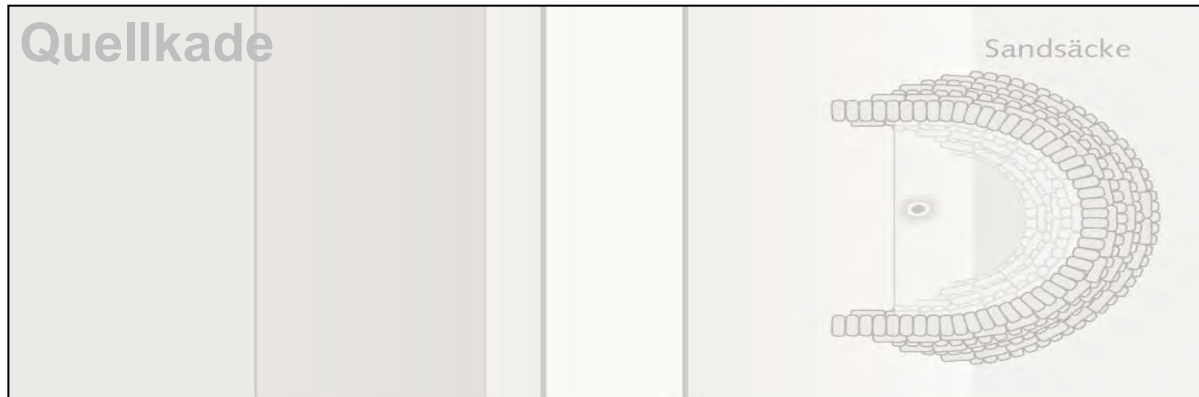
## Technik

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

## Probleme

lokale Schwachstellen als Auslöser rückschreitender Erosion: Wühltierbauten  
**lokal hoher hydraulischer Koeffizient** („Kaskadenverbau“)

# 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)

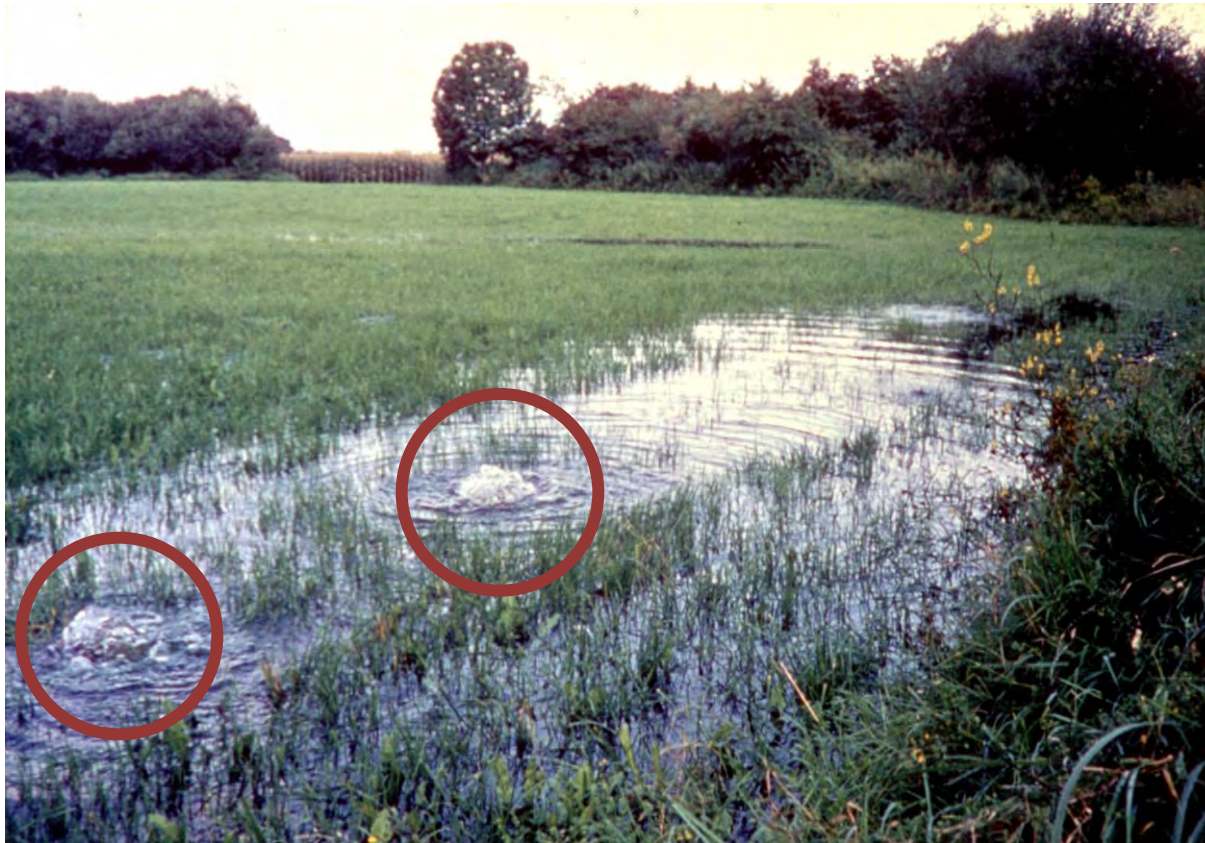
**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

**extrem material- und  
personalintensiv**

Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig

# Qualmwasseraustritte



## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

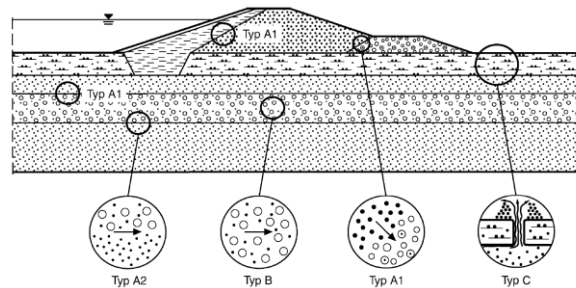
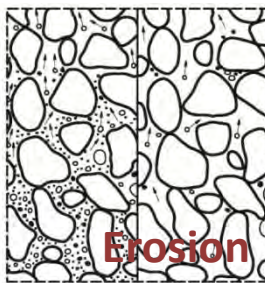
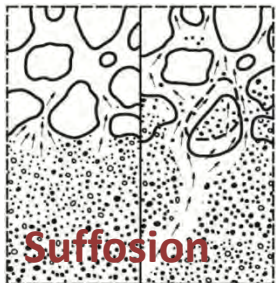
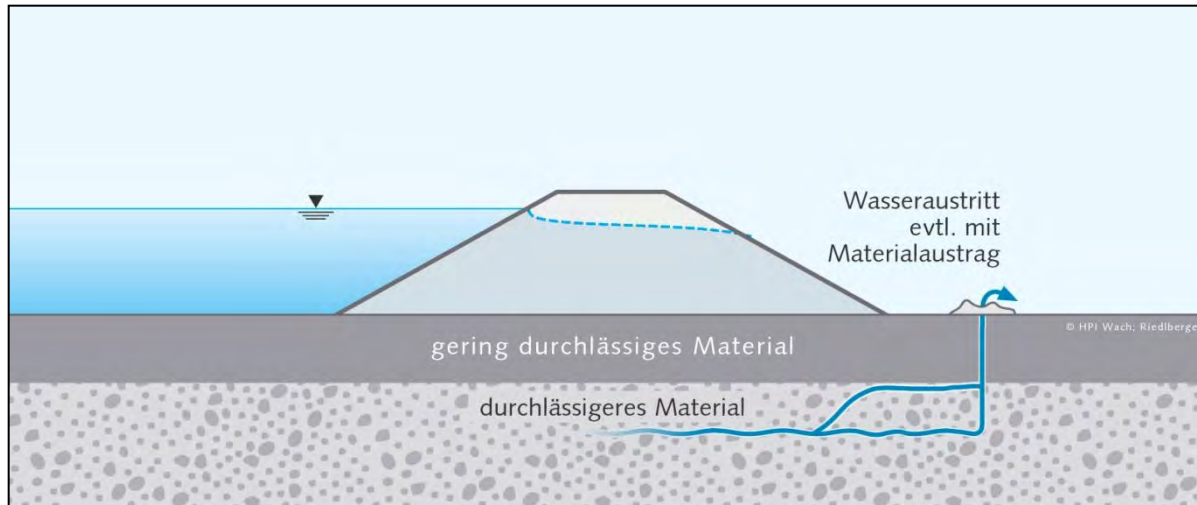
## Probleme

**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**

# 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



... signifikanter Materialtransport

## 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**



## Durchgehende Erosionsröhre zur Wasserseite

---





# 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“)

# Alternative zum Sandsackverbau: Aufsatzrohre



bewährt bei Sicherung von Austritten in  
Gräben und wassergefüllten Senken

## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

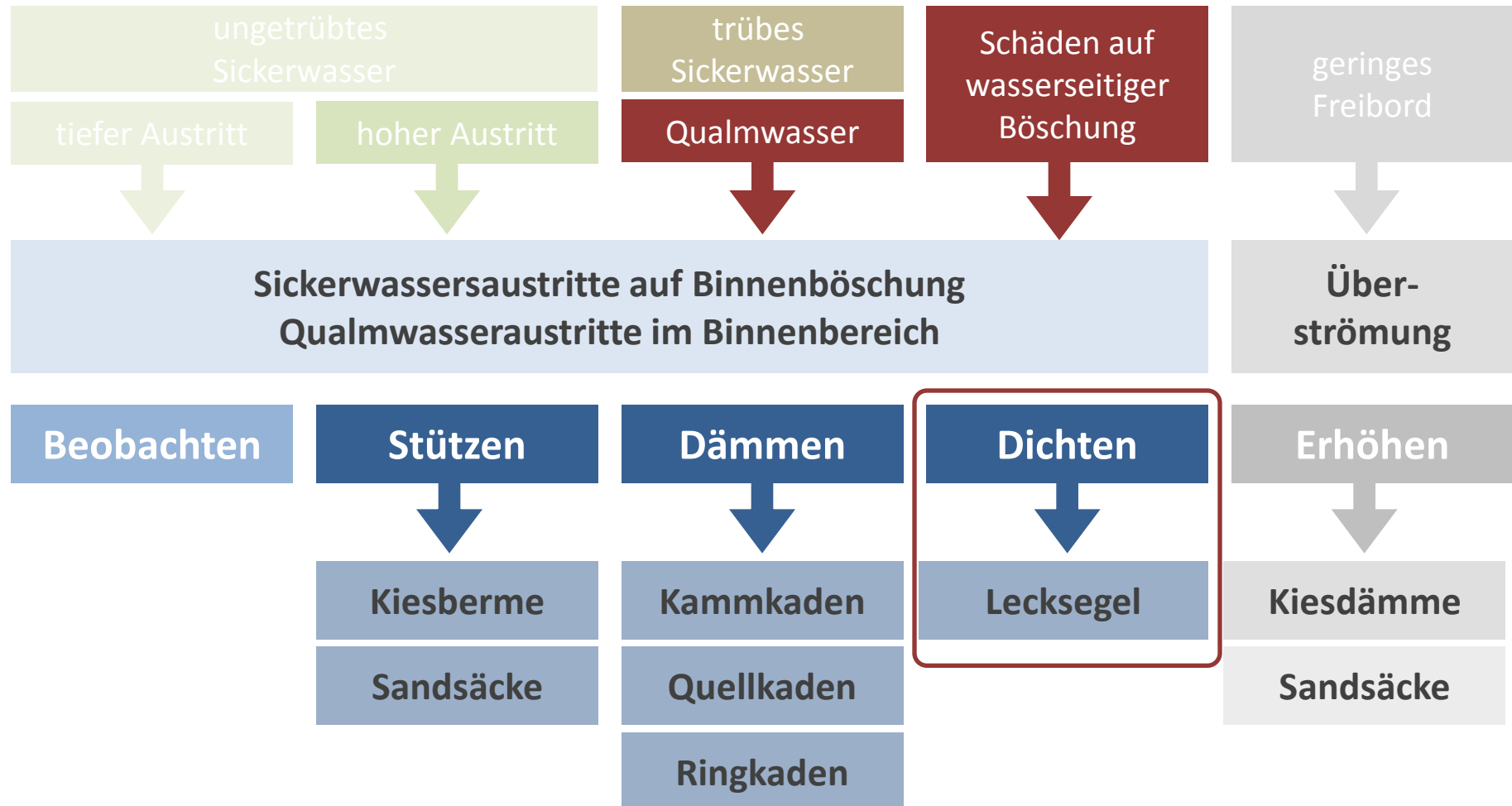
## Probleme

kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich

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

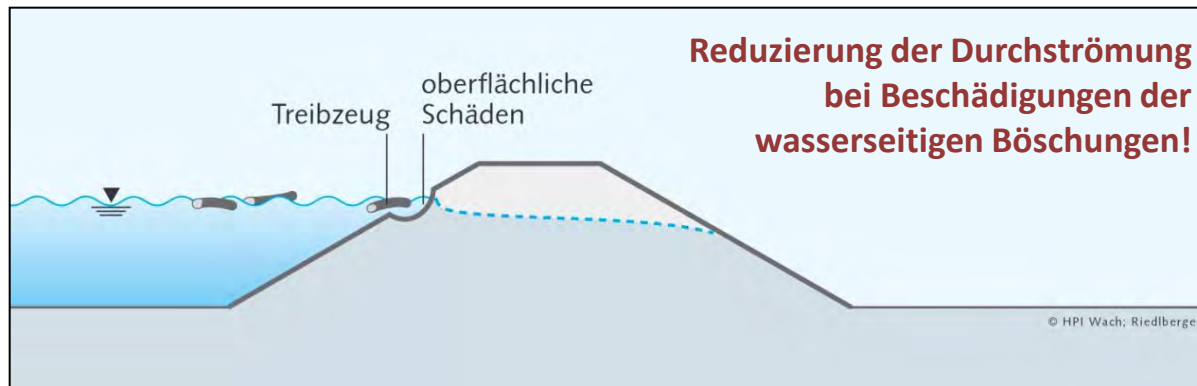


# Maßnahmen bei Wasseraustritten





# Dichten



## Technik

- Leckagesiegel (lokal)
- KDB-Dichtung (flächig)

## Probleme

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

# Schadensursache: 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

# Schadensursache: Eisversatz



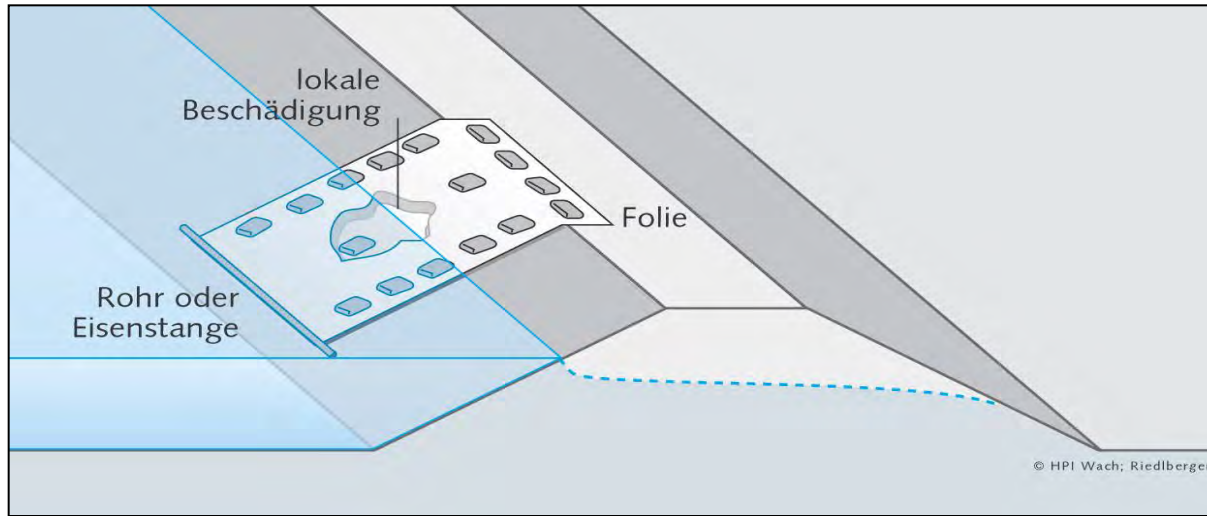
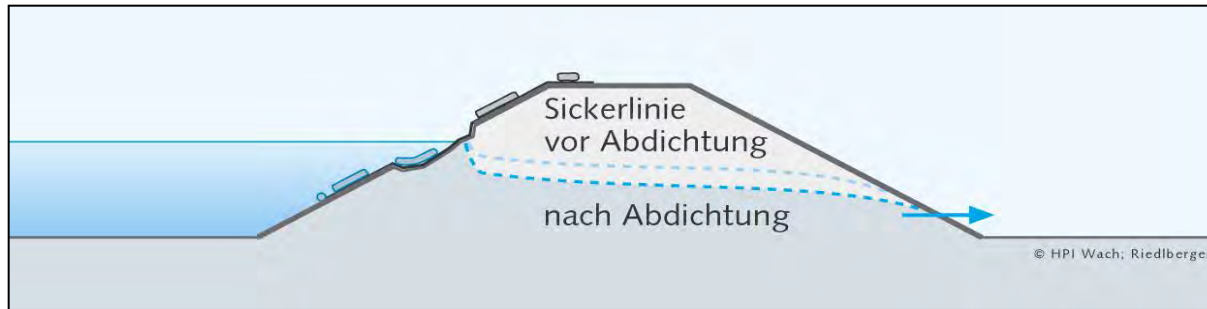
## Technik

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

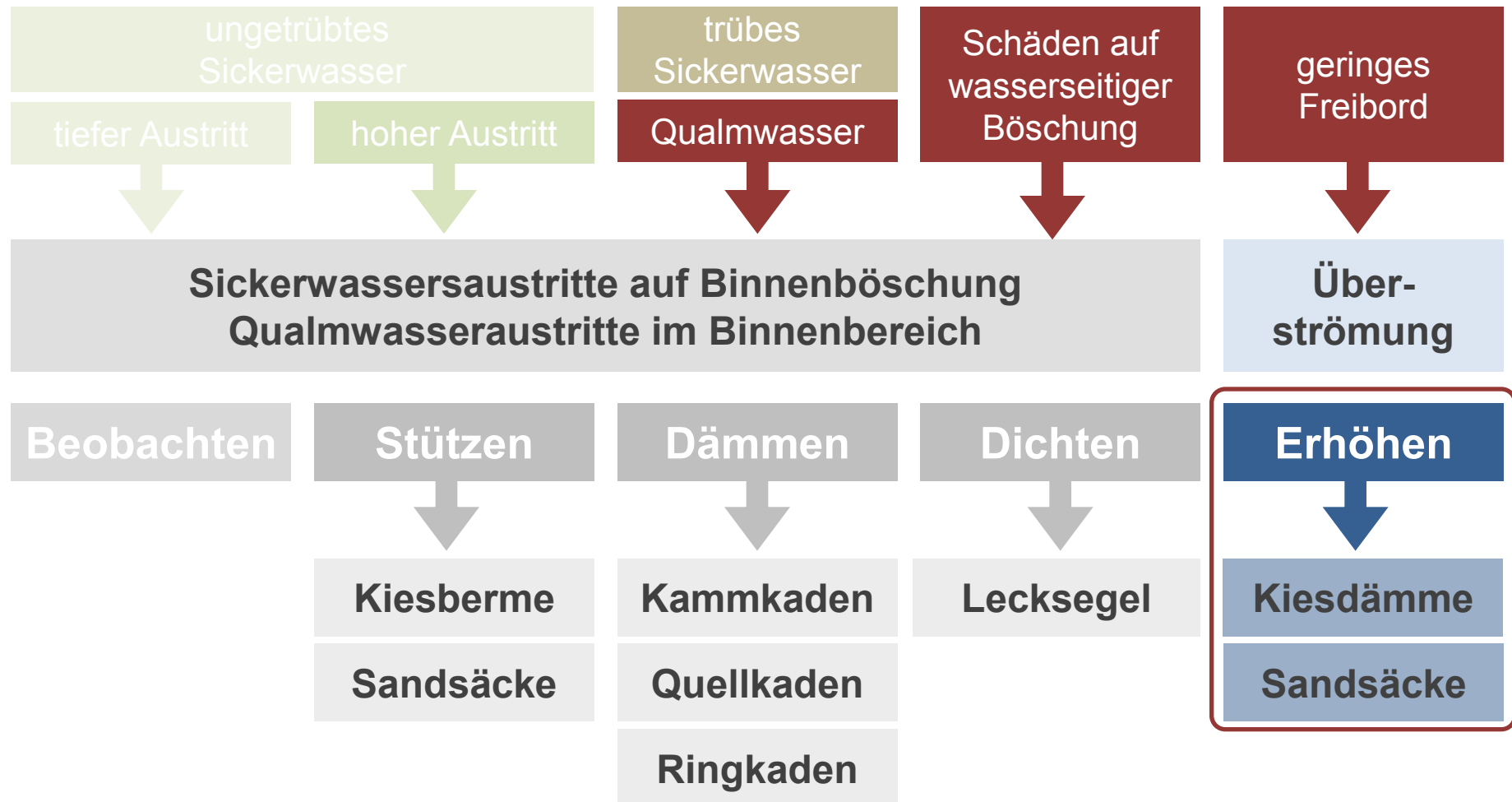
Feststoffe: Treibzeug, Eis

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

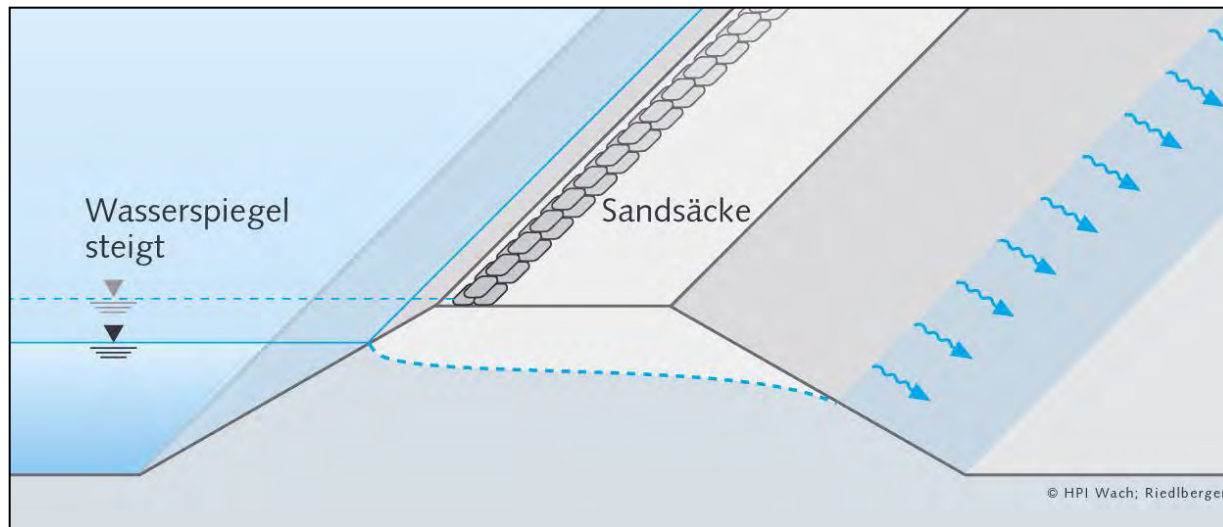
bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich



# Maßnahmen bei Überströmung



# Aufkantung



## Technik

**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

## Probleme

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



# Aufkadung



## Technik

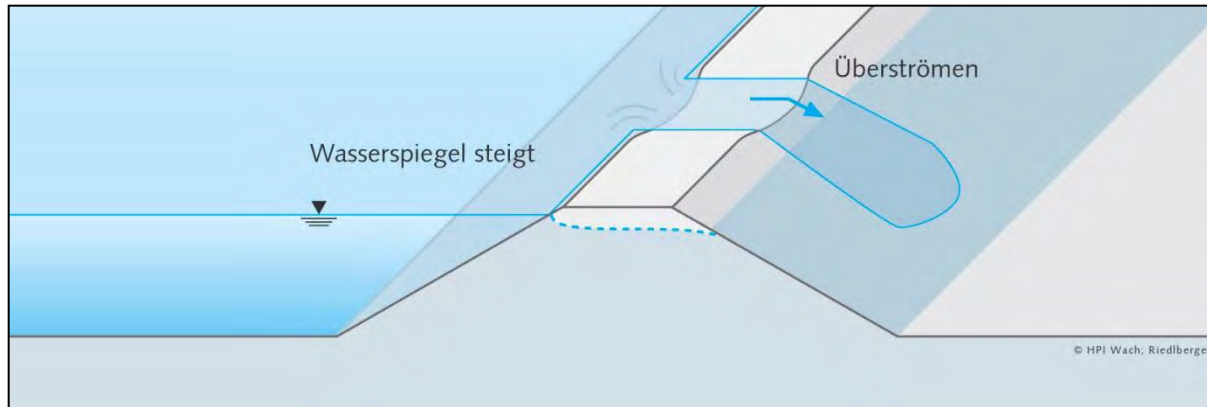
**Aufkadung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**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**

## Probleme

# Ausgleich von Schwachstellen



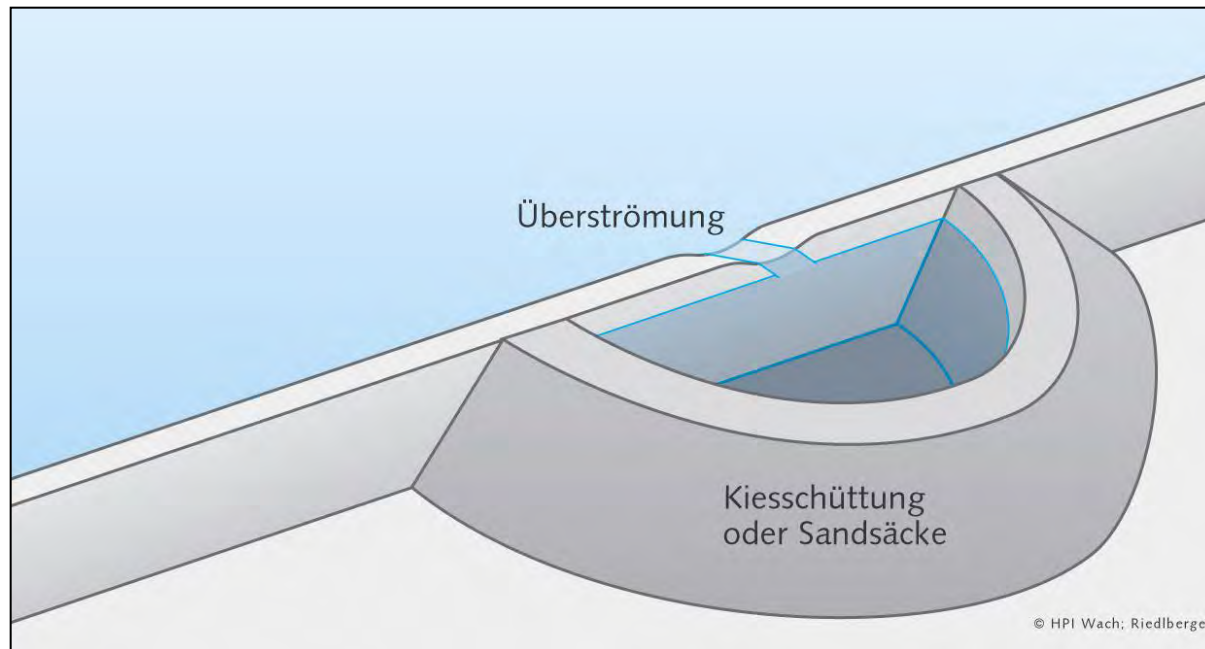
## Technik

**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

## Probleme

## Koffer- und Kammerdeiche (2. Deichlinien)



### Technik

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

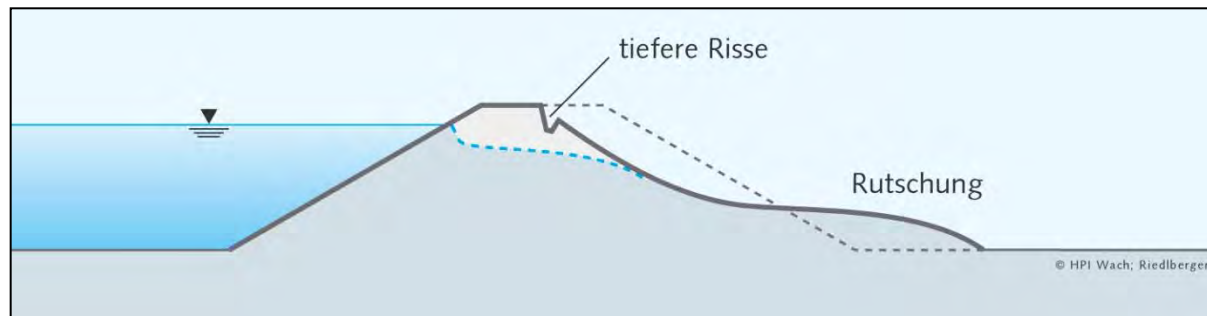
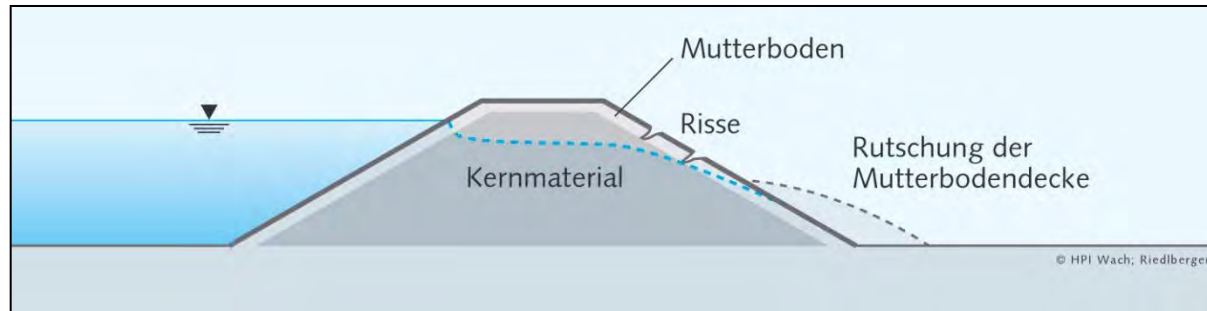
### Probleme

**komplexe Baumaßnahme**

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



# Verformungen - Böschungsbruchformen



## Technik

**Initialrisse**

**Böschungsbruch: lokal**

**Böschungsbruch: global**



# Böschungsbruchformen



## Technik

### Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: global

# Böschungsbruchformen



## Technik

Initialrisse

Böschungsbruch: **lokal**

Böschungsbruch: **global**



# Böschungsbruchformen



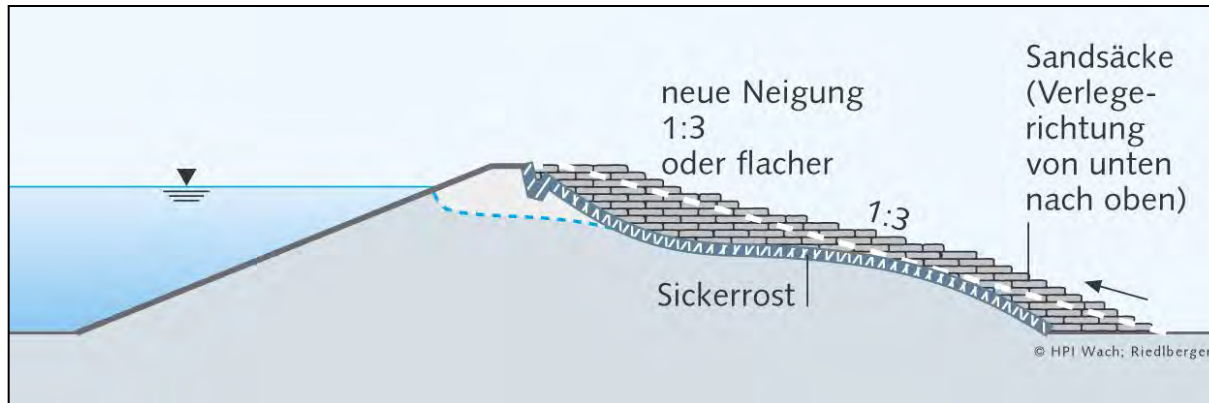
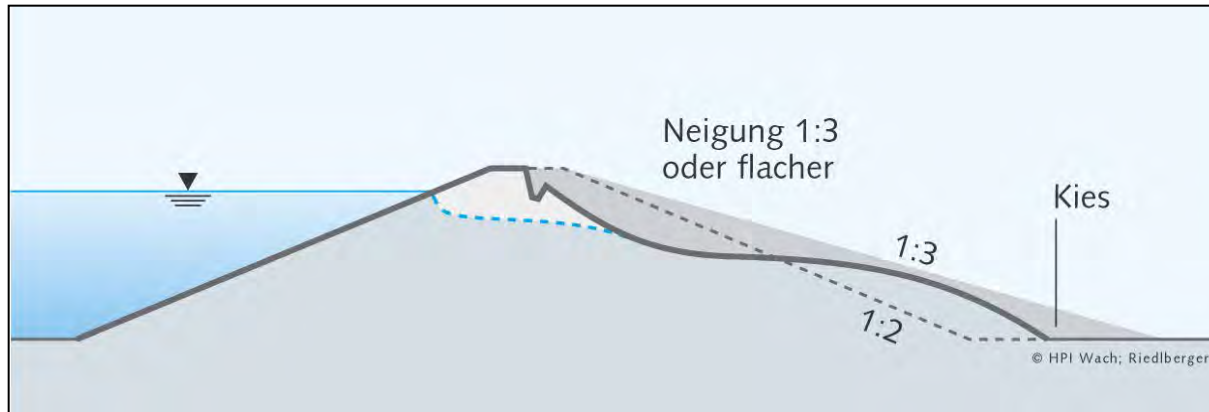
## Technik

Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: **global**

# Verbau von Binnenböschungen



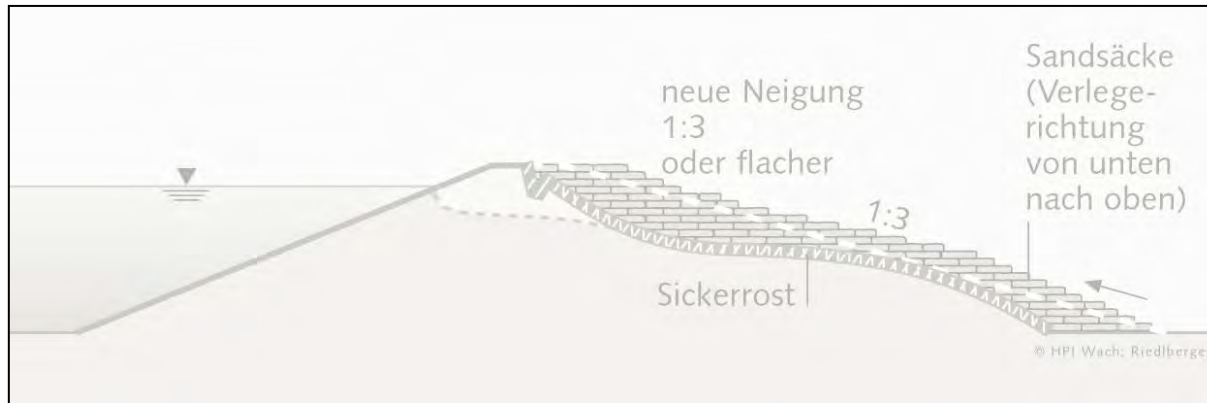
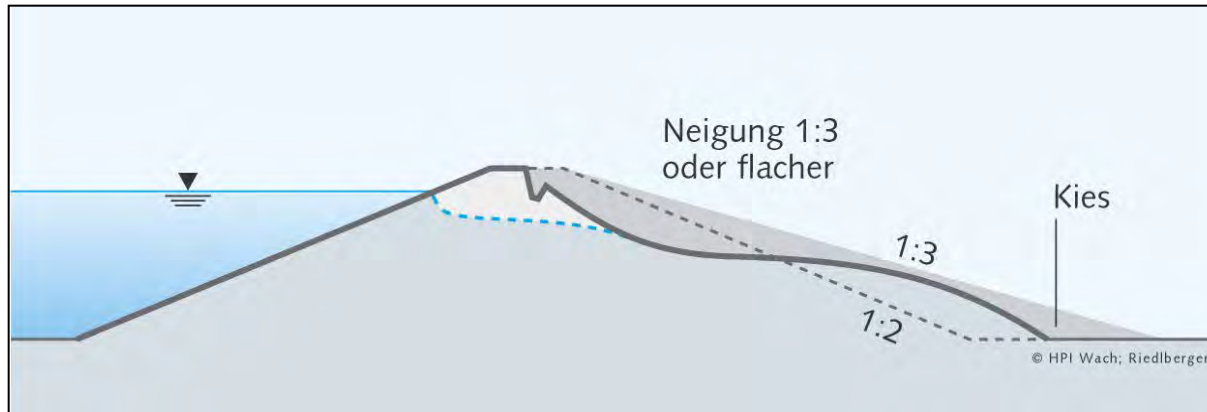
## Technik

**Stützverbau : Kies**

**Stützverbau: Sandsäcke**

## Probleme

# 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**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)



# Auflastschüttung



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

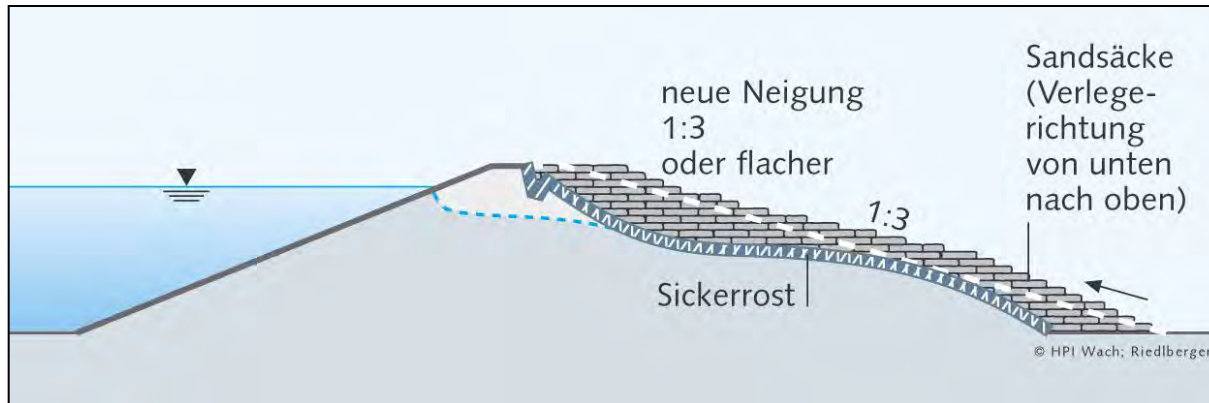
**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)



# Sandsackverbau



## Technik

Stützverbau: Kies

Stützverbau: **Sandsäcke**

## Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig

# Sandsackverbau



## Technik

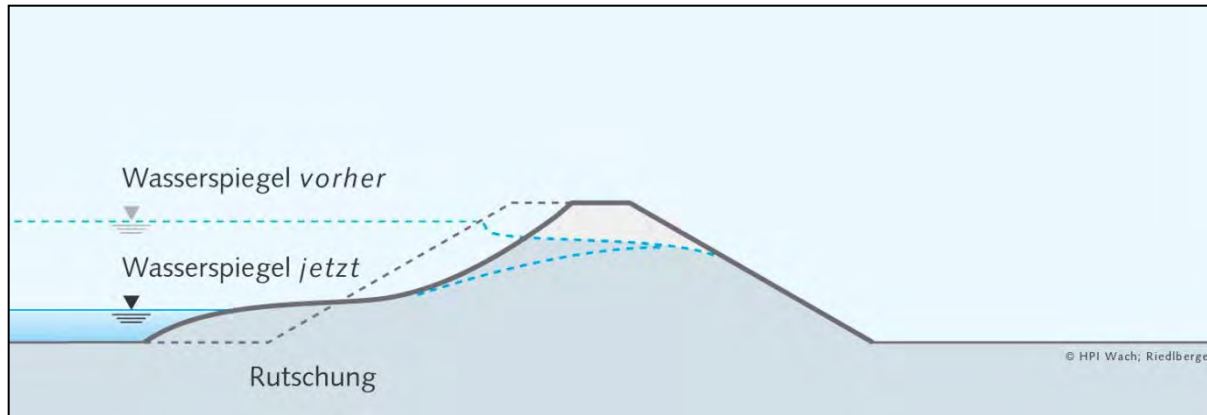
Stützverbau: Kies

Stützverbau: **Sandsäcke**

## Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig

# wasserseitiger Böschungsbruch



## Technik

**Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen**

## Probleme

**Kritisch bei mehrscheiteligen Hochwasserwellen oder prognostizierten Folgeereignissen**



# wasserseitiger Böschungsbruch



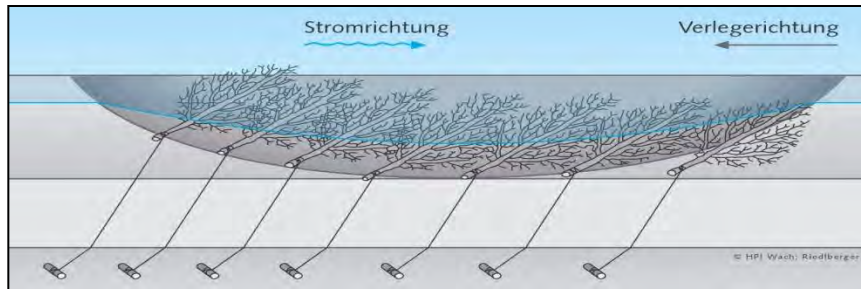
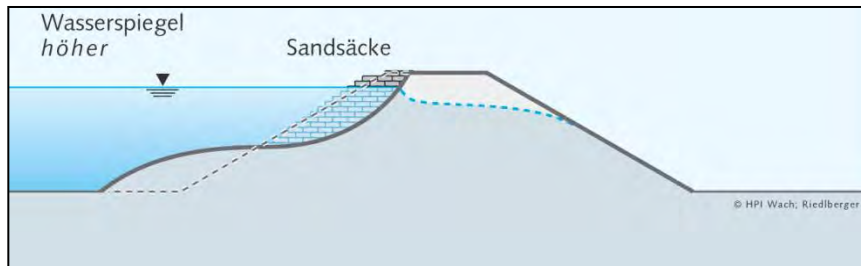
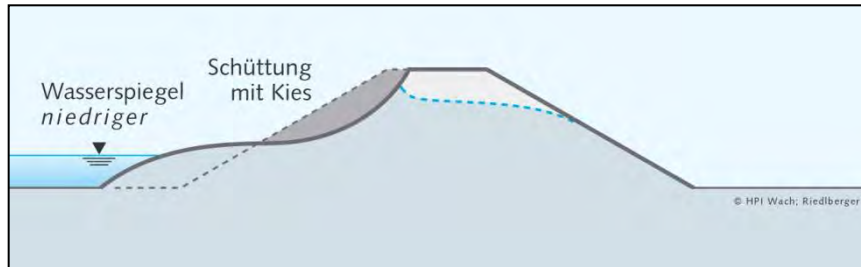
## Technik

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

## Probleme

Einwurf von Kies und/oder  
Sandsäcken

Einsatz von Raubäumen

# Betriebseinrichtungen: Binnenentwässerungsanlagen





## Betriebseinrichtungen: Verschlüsse



# LfU-Leitfaden

---

## Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung

2. Auflage 2009

kostenloser download:

<http://www.bestellen.bayern.de>

Fachliche und rechtliche  
Grundlagen

