



risikohochwasser
gemeinsamhandeln

Deichverteidigung





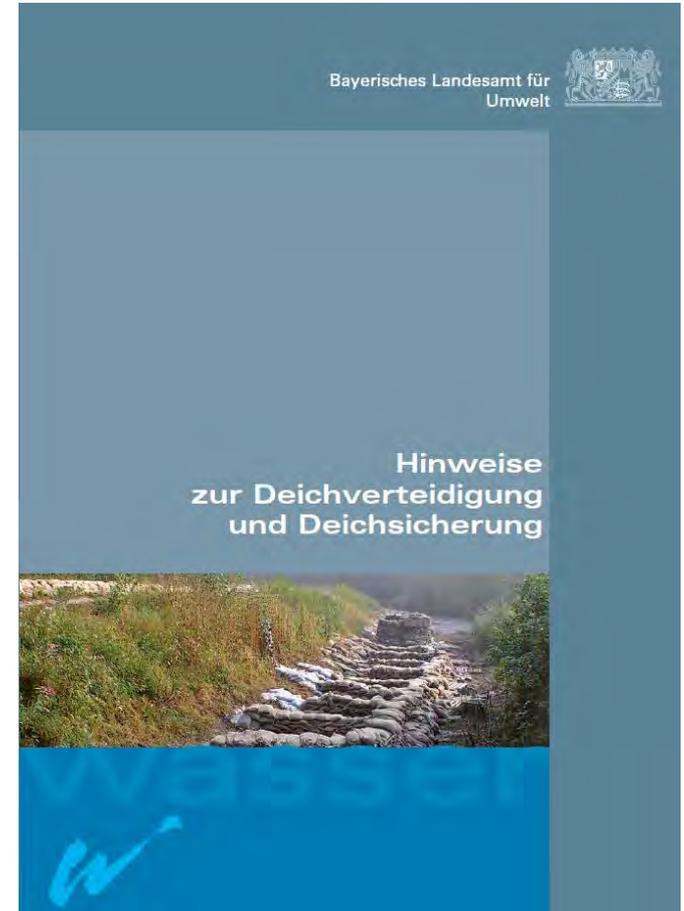
Grundlagen

LfU-Leitfaden:
Hinweise zur Deichverteidigung
und Deichsicherung
2. Auflage 2009

kostenloser download:

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

Fachliche und rechtliche
Grundlagen





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)

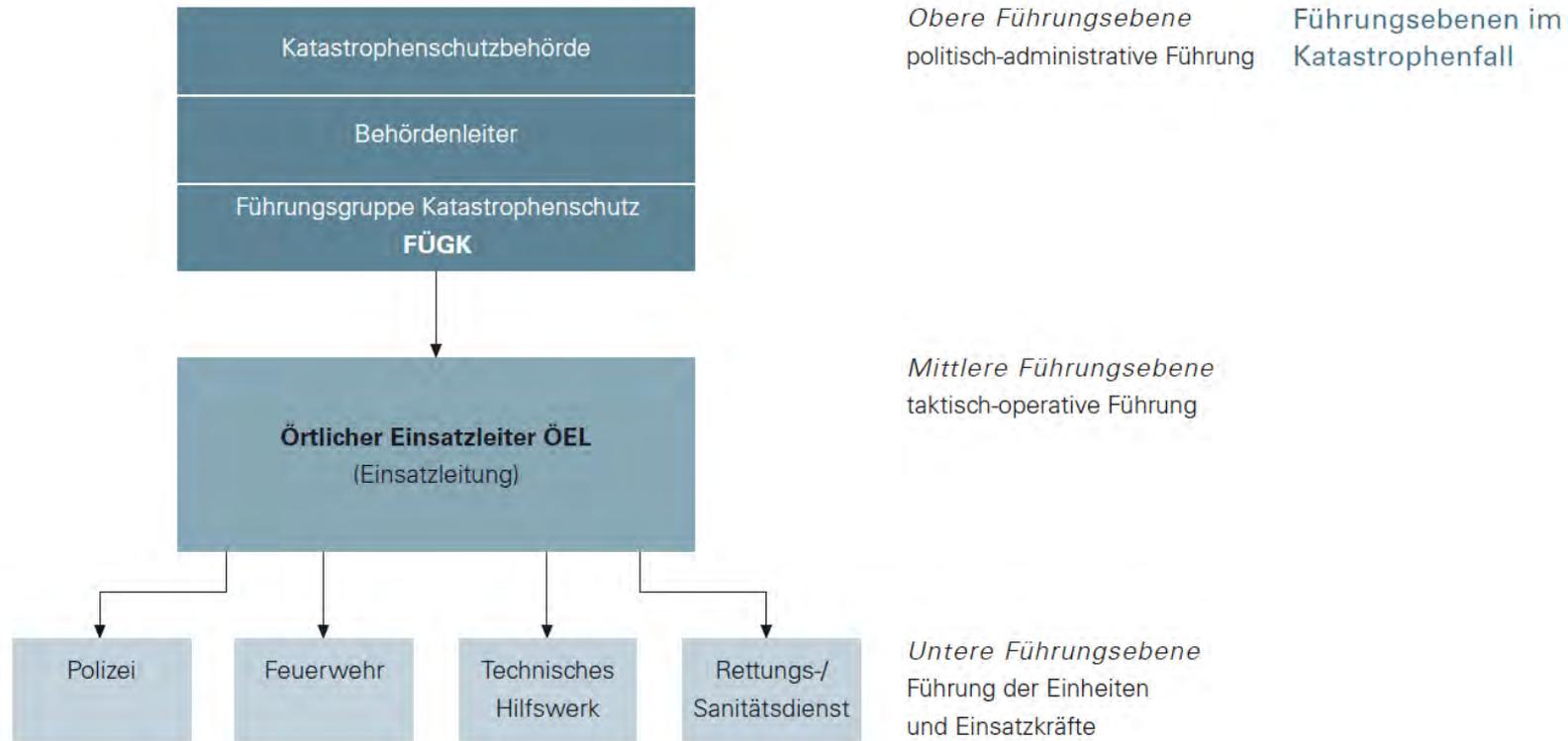
Gemeinden haben als Pflichtaufgabe im eigenen Wirkungskreis dafür zu sorgen, dass [...] ausreichende **technische Hilfe bei sonstigen Unglücksfällen oder Notständen** im öffentlichen Interesse geleistet wird (technischer Hilfsdienst).

■ Einzelregelungen im Planfeststellungsbescheid



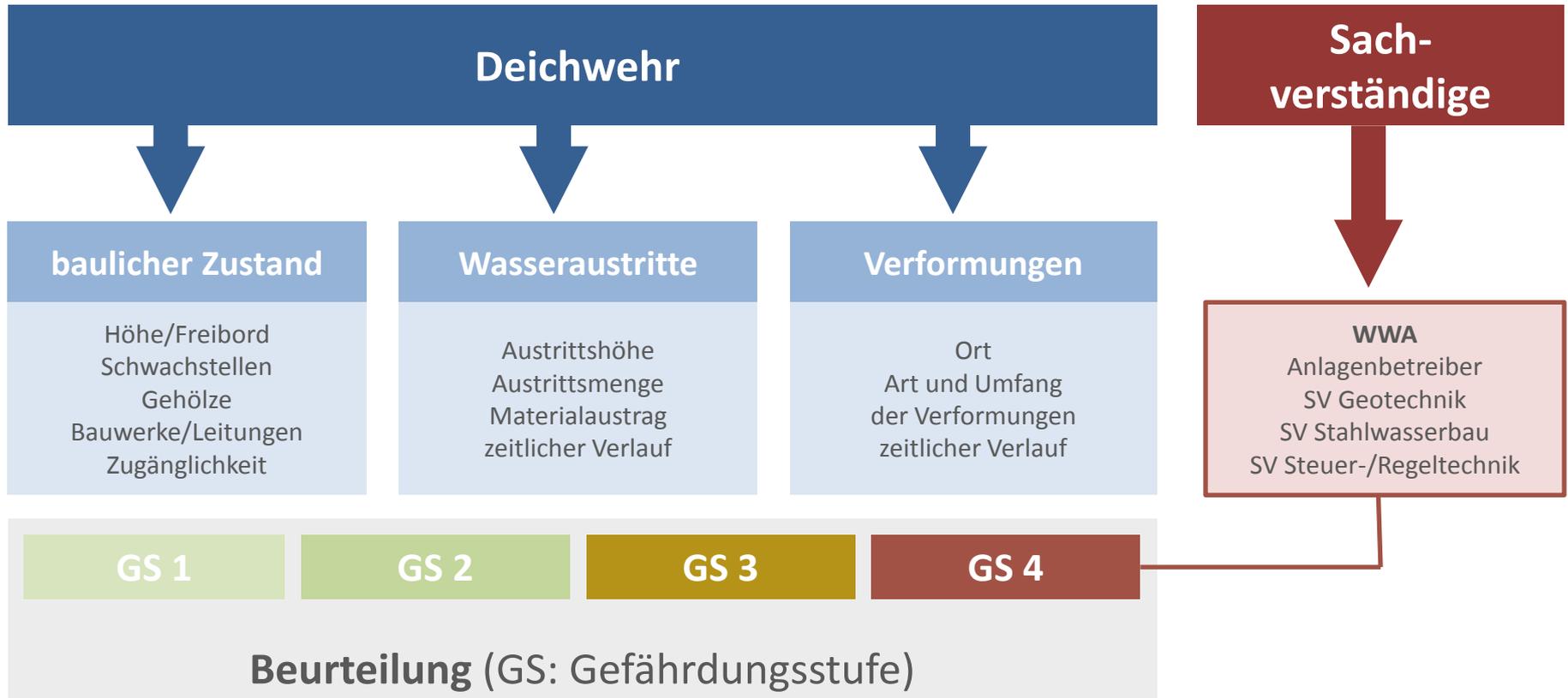


Organisation des Katastrophenschutzes in Bayern





Beobachtungs- und Entscheidungskriterien





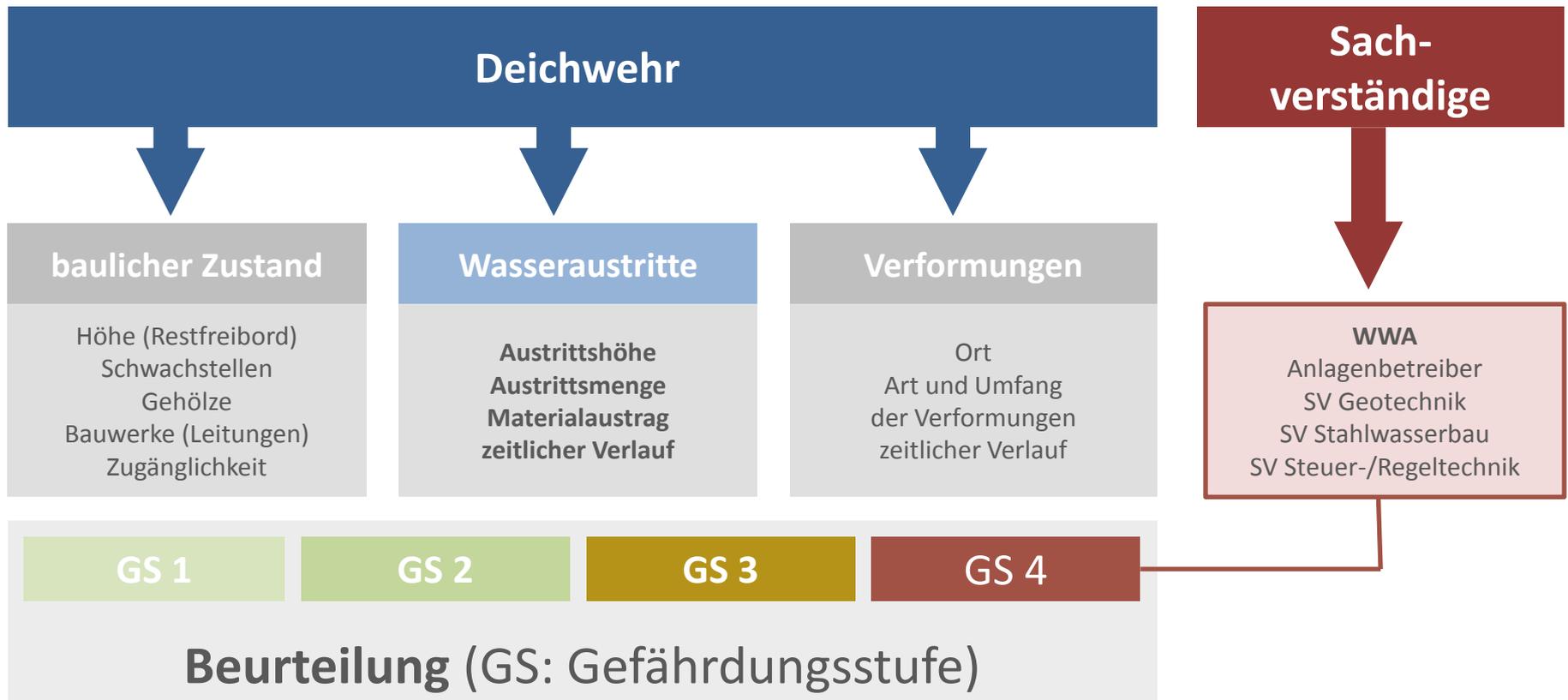
Gefährdungstufen (GS)

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

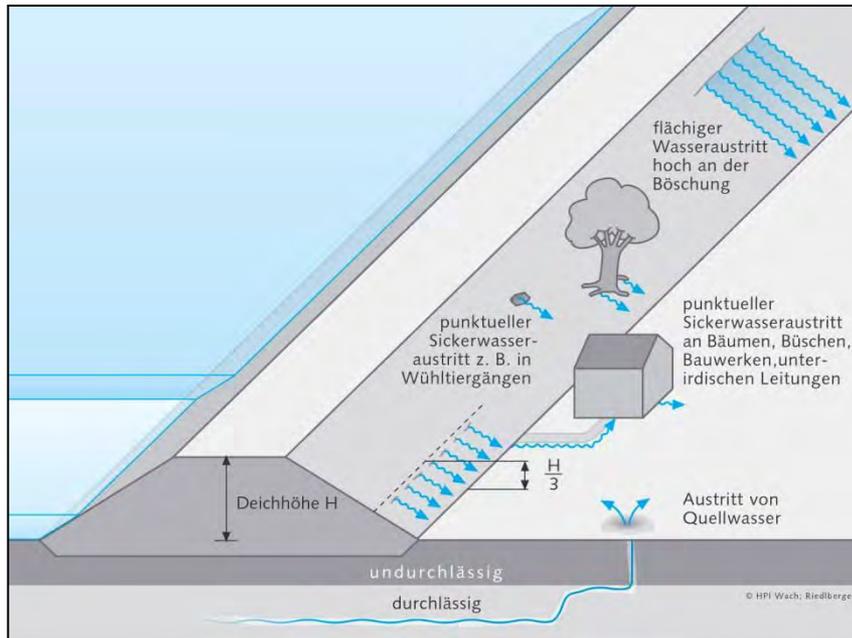




Drängewasseraustritte



Definitionen



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

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

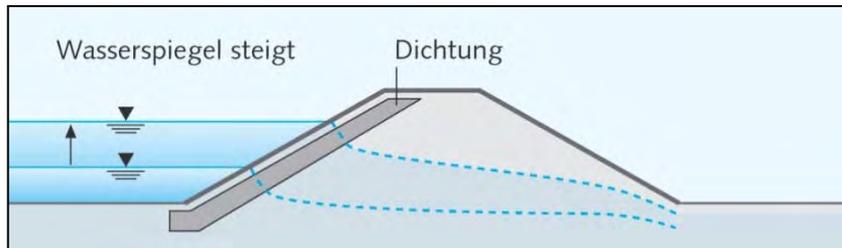
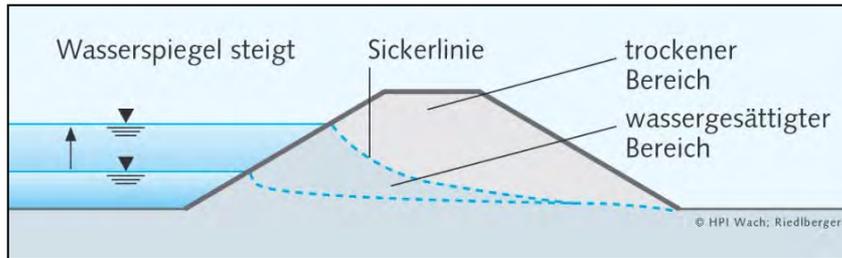
Drängewasser: das Deich und Untergrund durchströmende Wasser im gesättigten Boden unterhalb der Sickerlinie („Potentialströmung“)

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)



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.

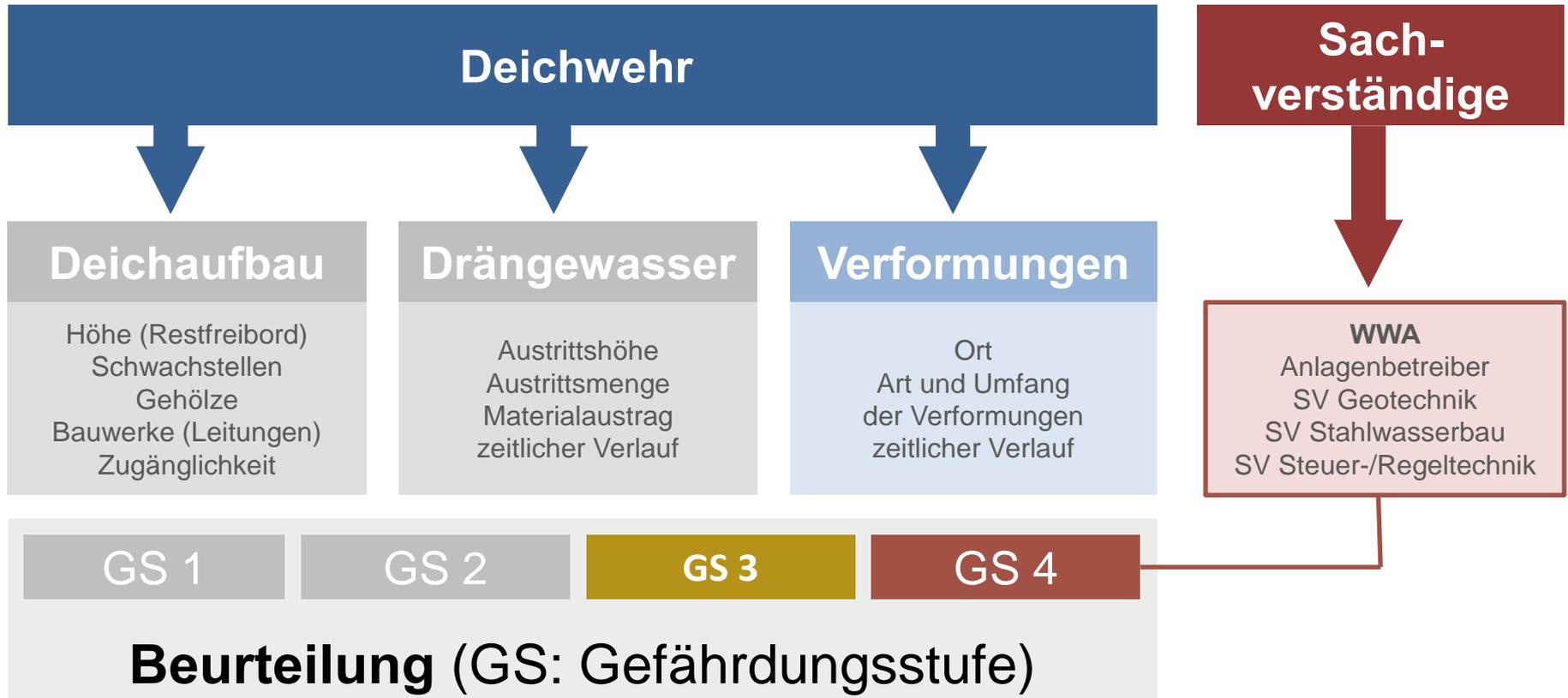
unkritisch: flächige Austritte von klarem Wasser im unteren Drittel der Böschungen

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



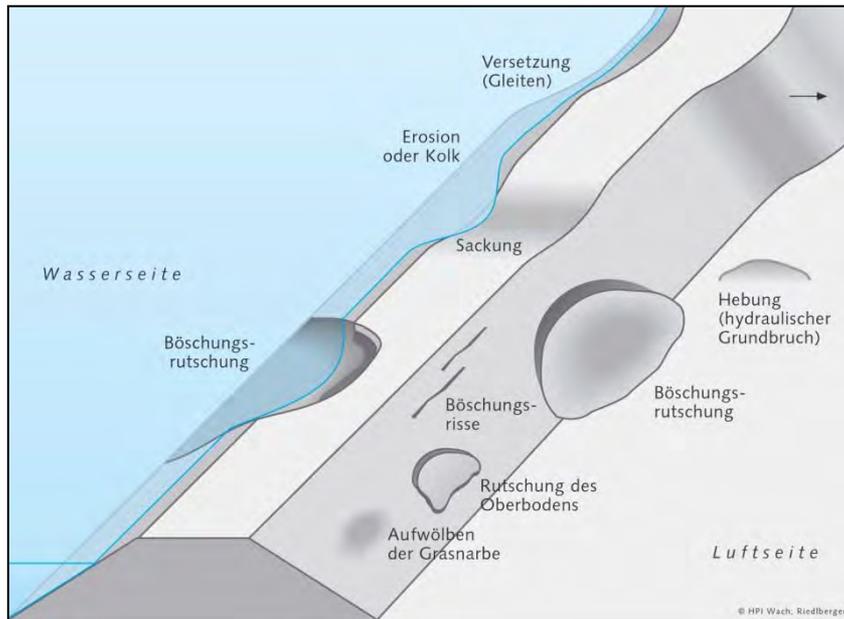


Verformungen





Verformungen



Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen. Bei der Deichkontrolle sind **Ort, Umfang** und **Art der Verformungen** zu beobachten.

Eher 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.





Besondere Gefährdungen

Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

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





Drängewasseraustritte

Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

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





Drängewasseraustritte

Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

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



Drängewasseraustritte

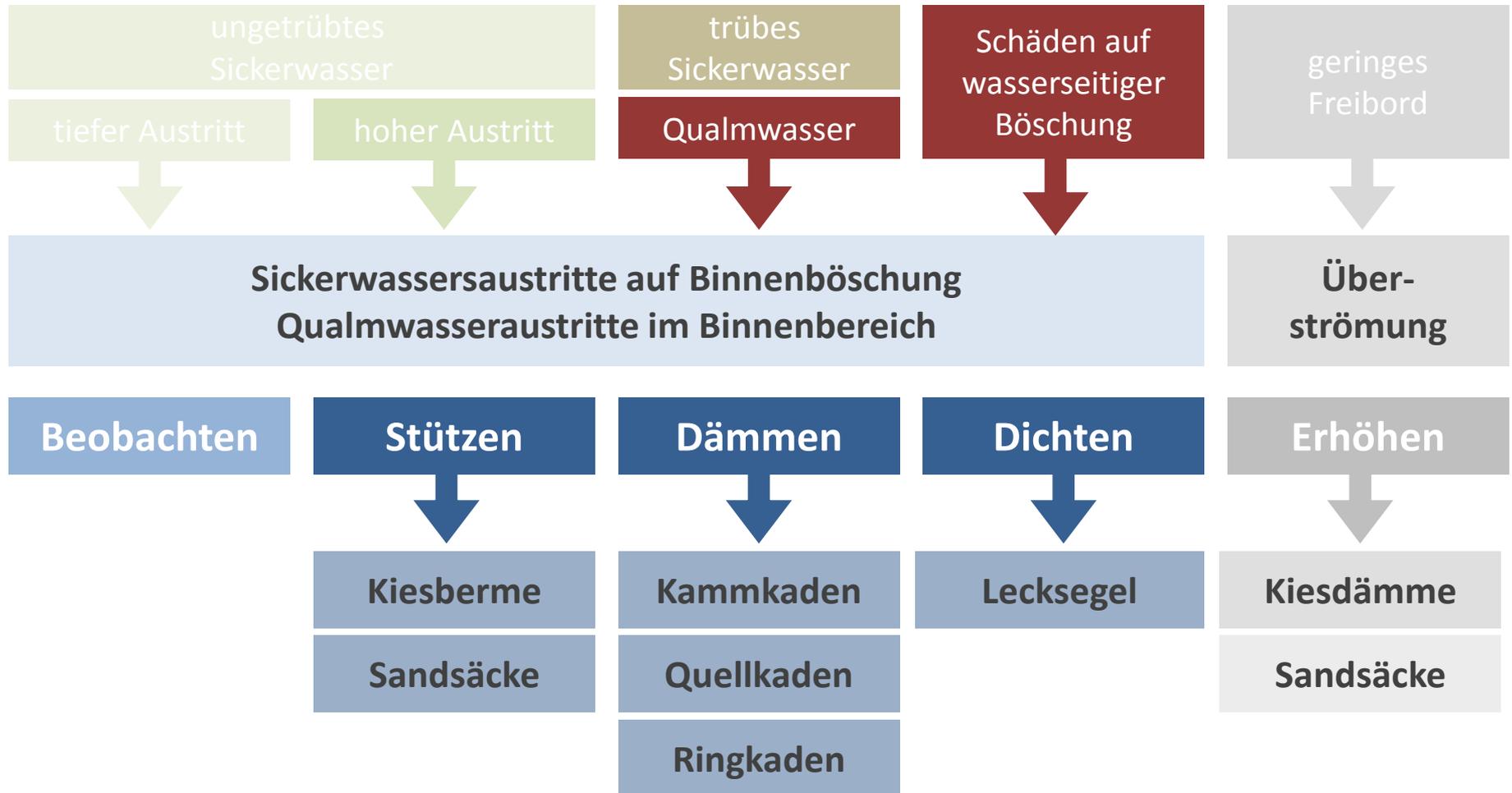
Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

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



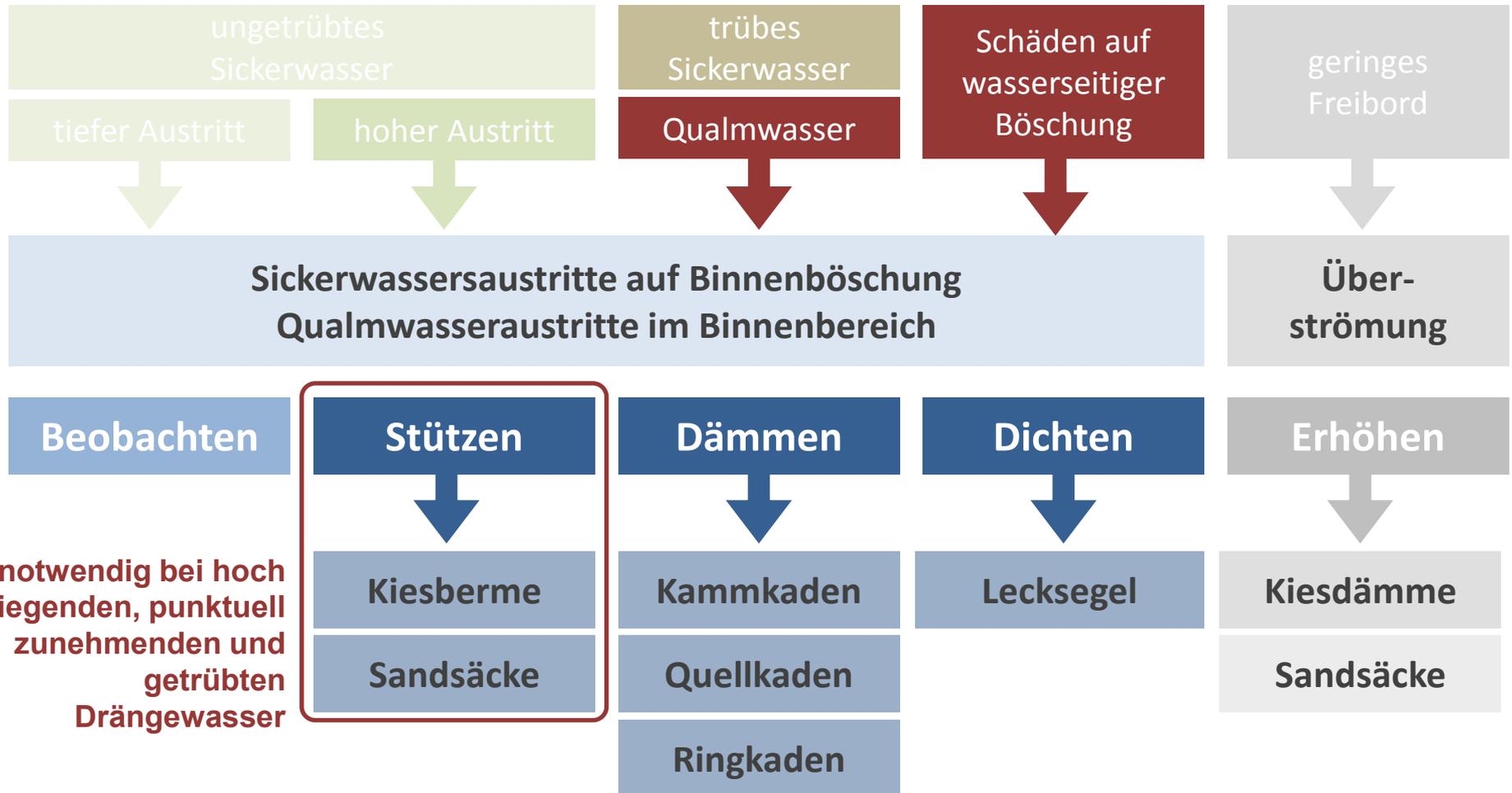


Maßnahmen bei Wasseraustritten



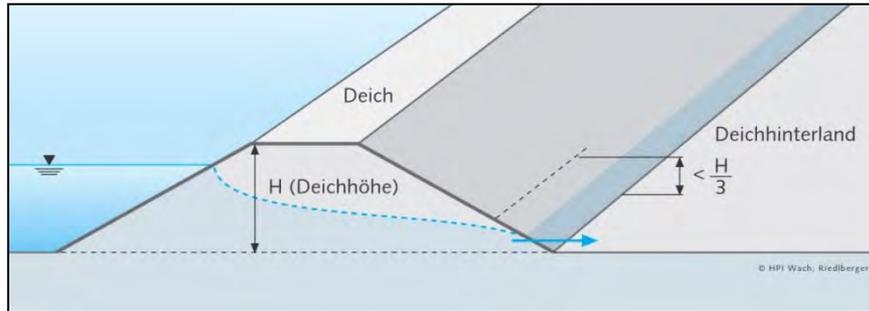


Maßnahmen bei Wasseraustritten



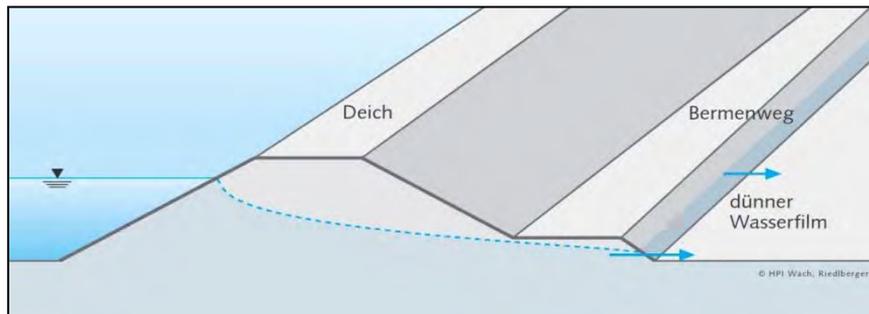


Beobachten



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

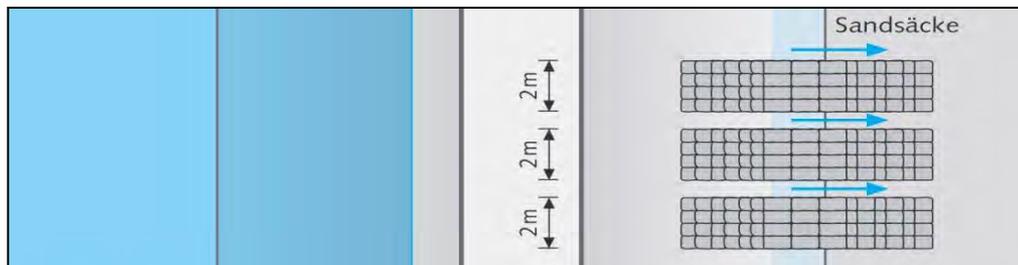
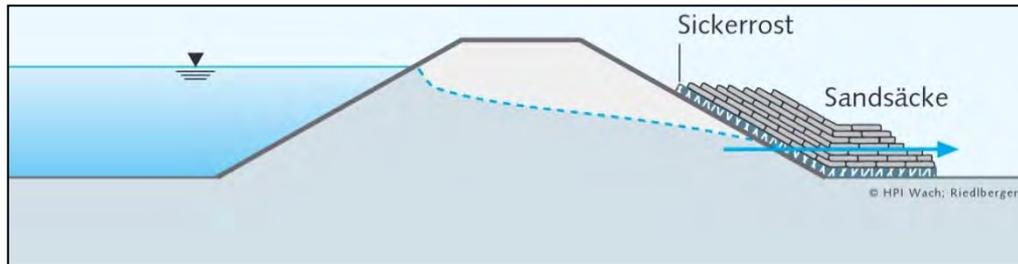
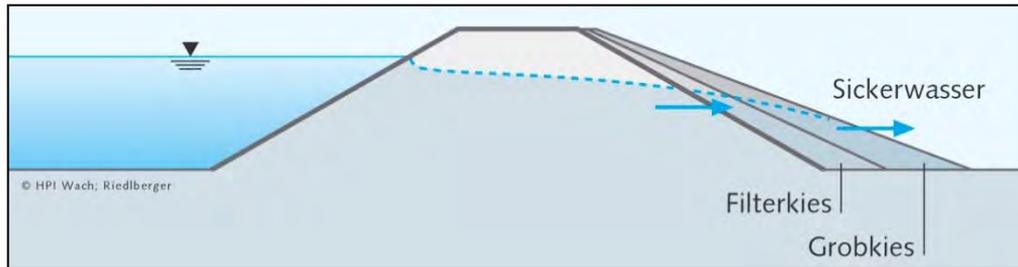
Beobachtung ist ausreichend!



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.



Stützen



Technik

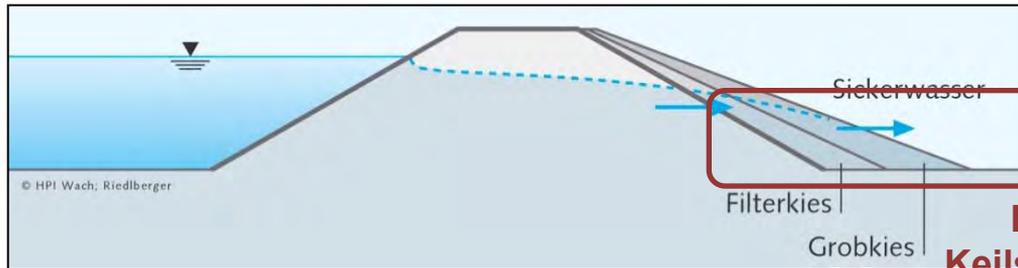
Bermen- oder Keilschüttung
bis Deichkrone (Kies)
Stützstreben (Sandsäcke)

Probleme

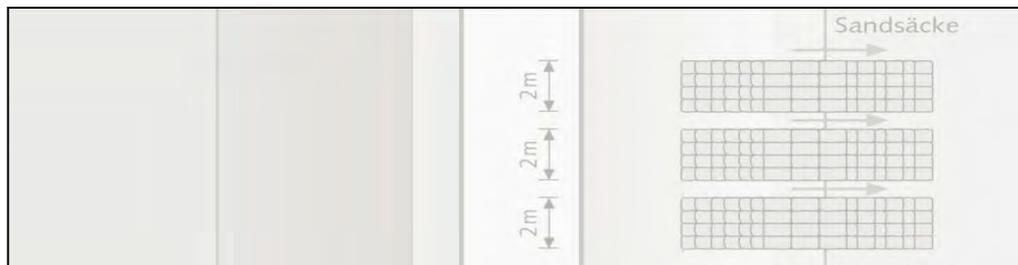
Der Abfluss des
Drängewassers muss
uneingeschränkt
gewährleistet werden.



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
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

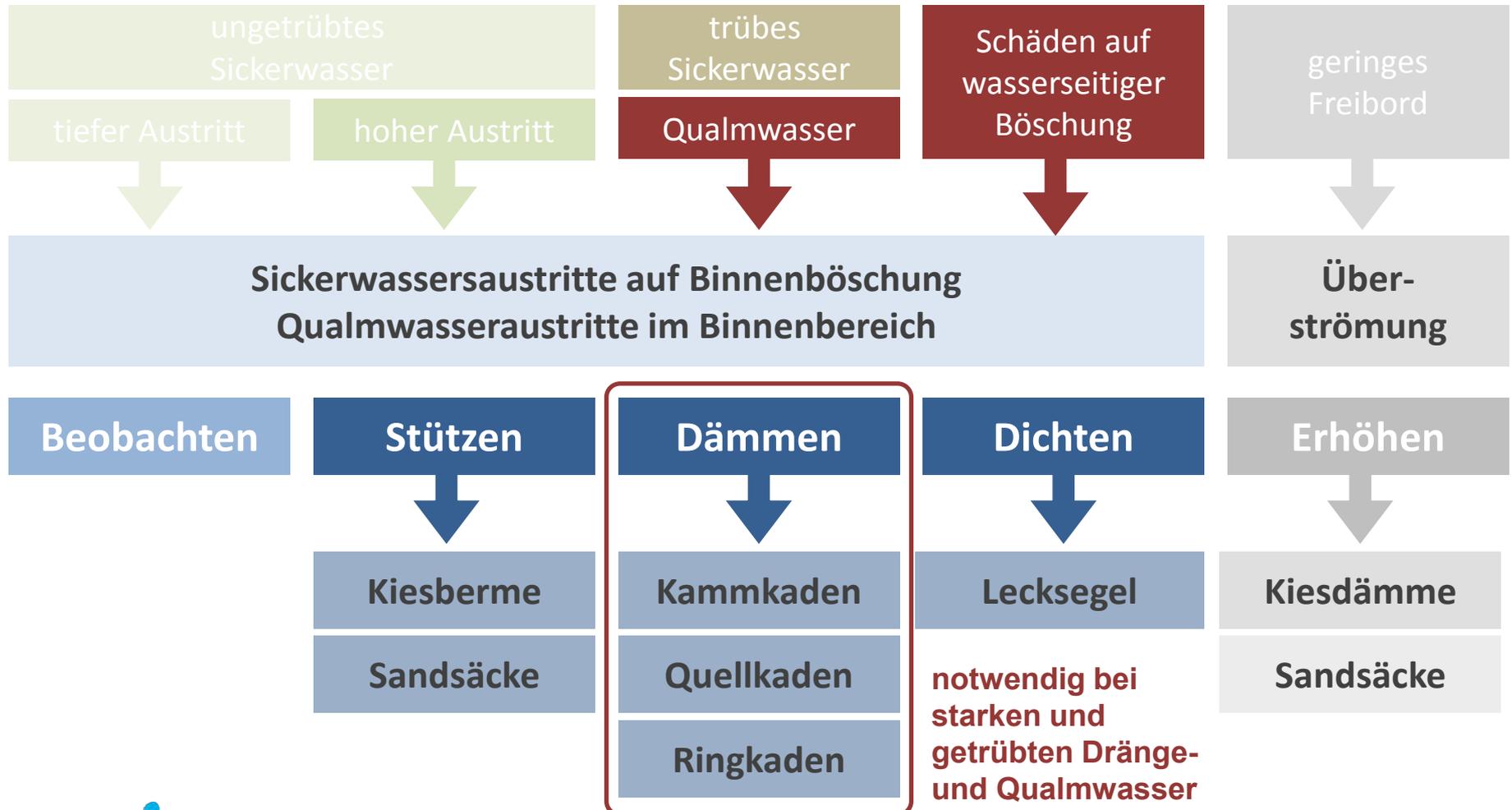
Bermen- oder Keilschüttung
bis Deichkrone (Kies)
Stützstreben (Sandsäcke)

Probleme

extrem material- und
personalintensiv
Rückbau bei
Kunststoffgeweben
notwendig

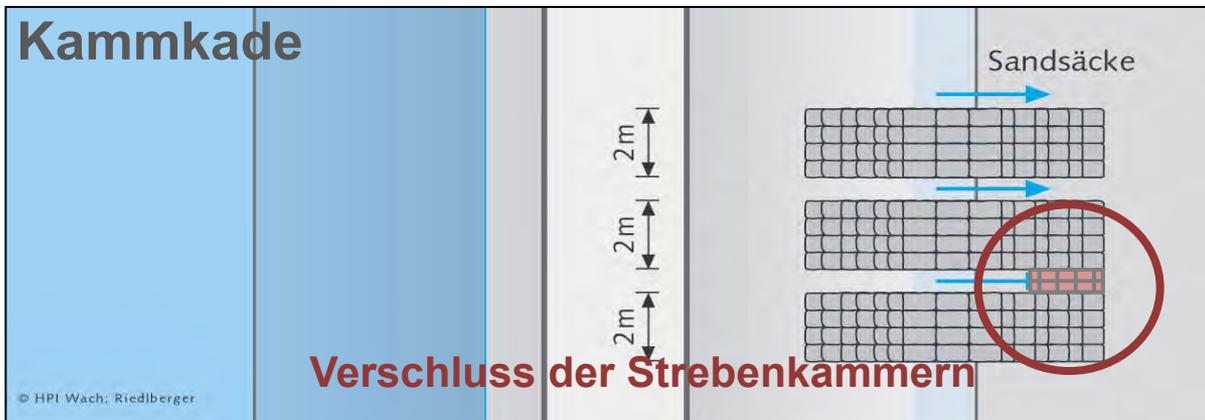
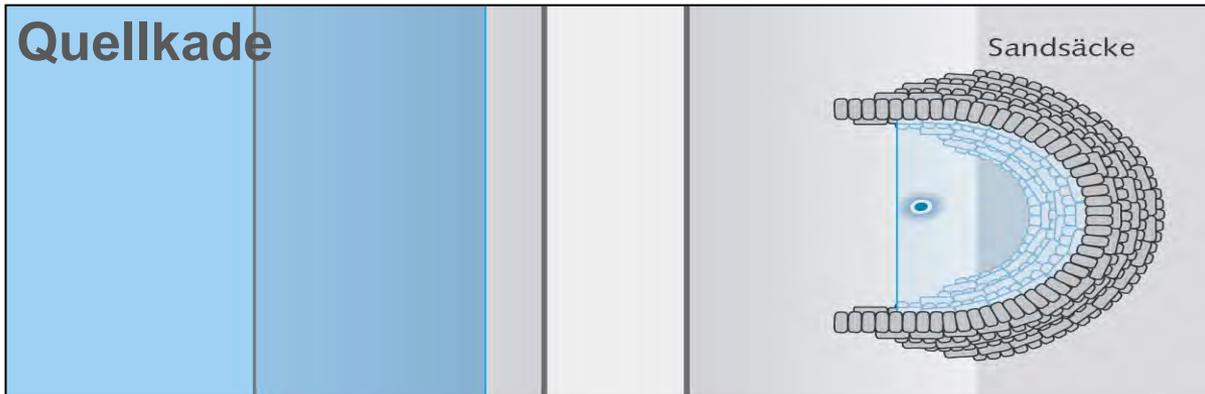


Maßnahmen bei Wasseraustritten





Quell- und Kammkaden



Technik

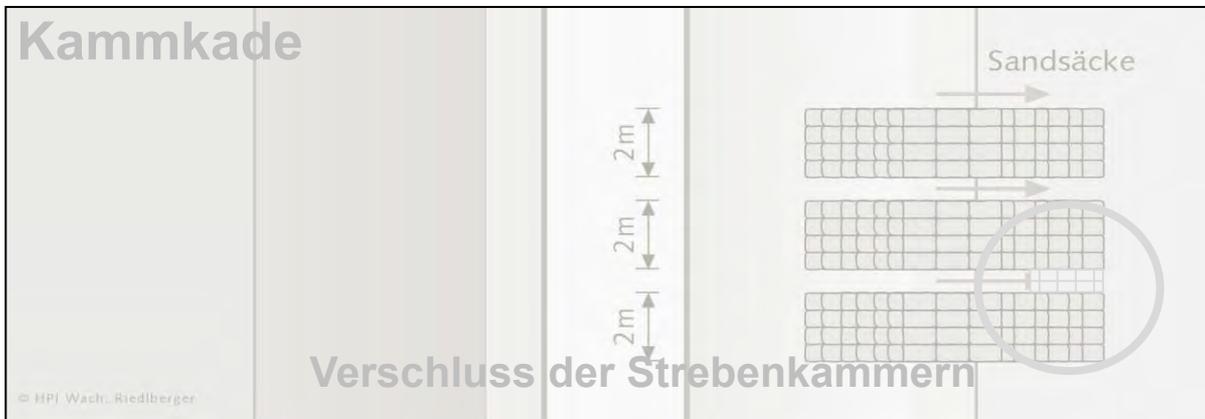
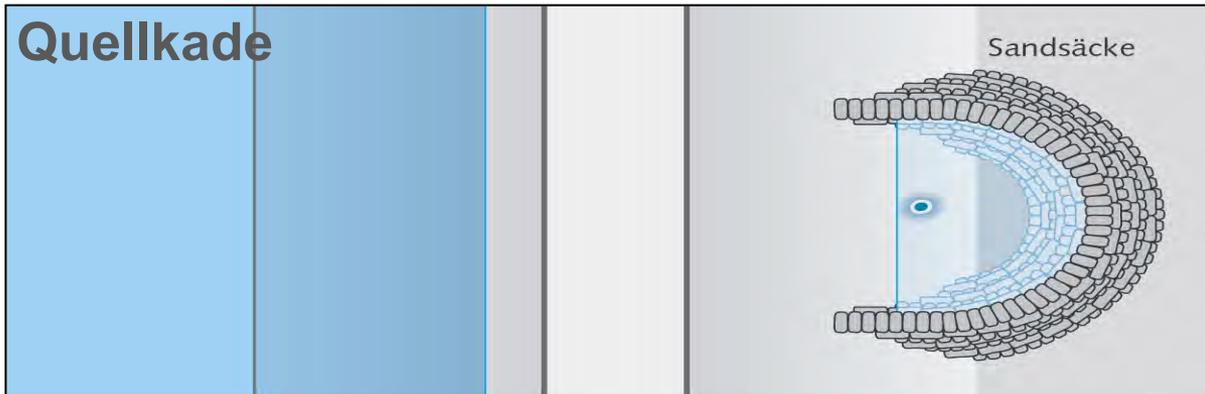
- Quellkaden (punktuell)
- Kammkaden (flächig) durch Ausbau der Stützstreben

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“)



Quellkaden



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

Technik

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

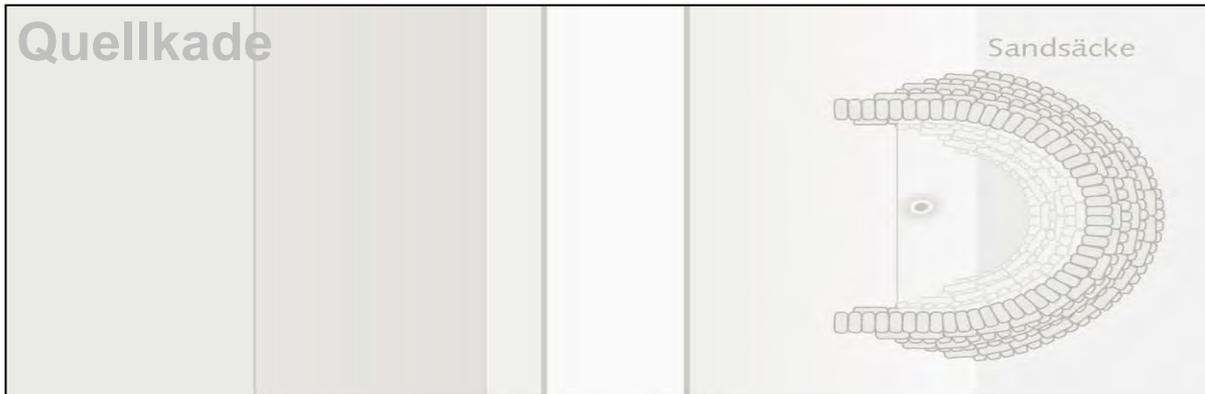
Probleme

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



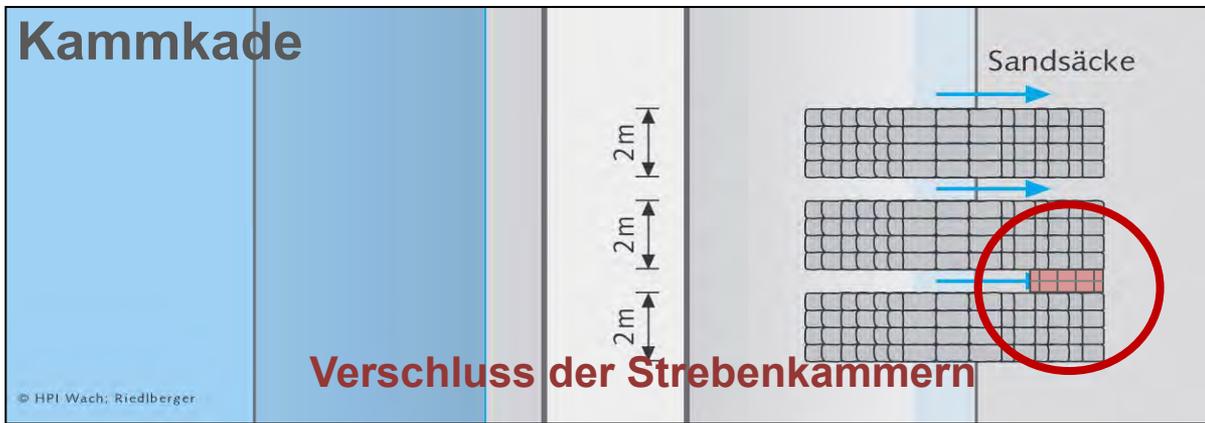


Kammkaden



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

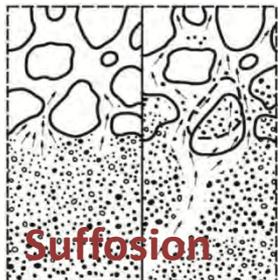
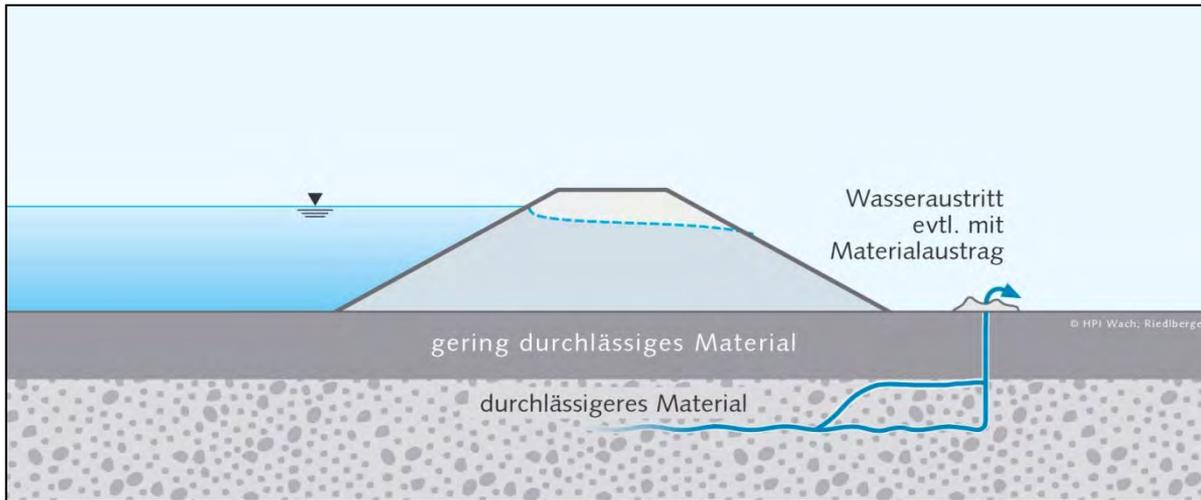
Quellkaden (punktuell)
Kammkaden (flächig) durch
Ausbau der Stützstreben

Probleme

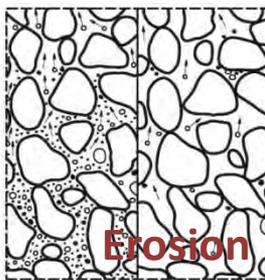
**extrem material- und
personalintensiv**
Rückbau bei
Kunststoffgeweben
notwendig



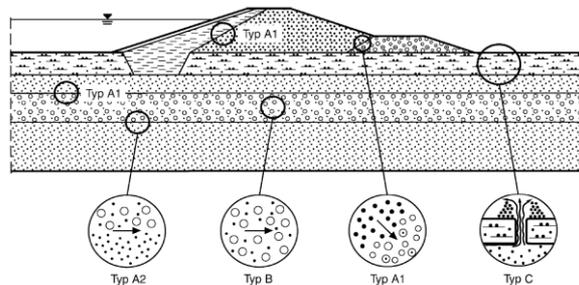
Qualmwasseraustritte



Suffosion



Erosion



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



... kein 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



... 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





Alternative zum Sandsackverbau: Aufsatzrohre



bewährt bei Sicherung von Austritten in
Gräben und wassergefüllten Senken

Technik

Quell-/Ringkaden

Auflastschüttungen (Kies)
bei flächigen Austritten

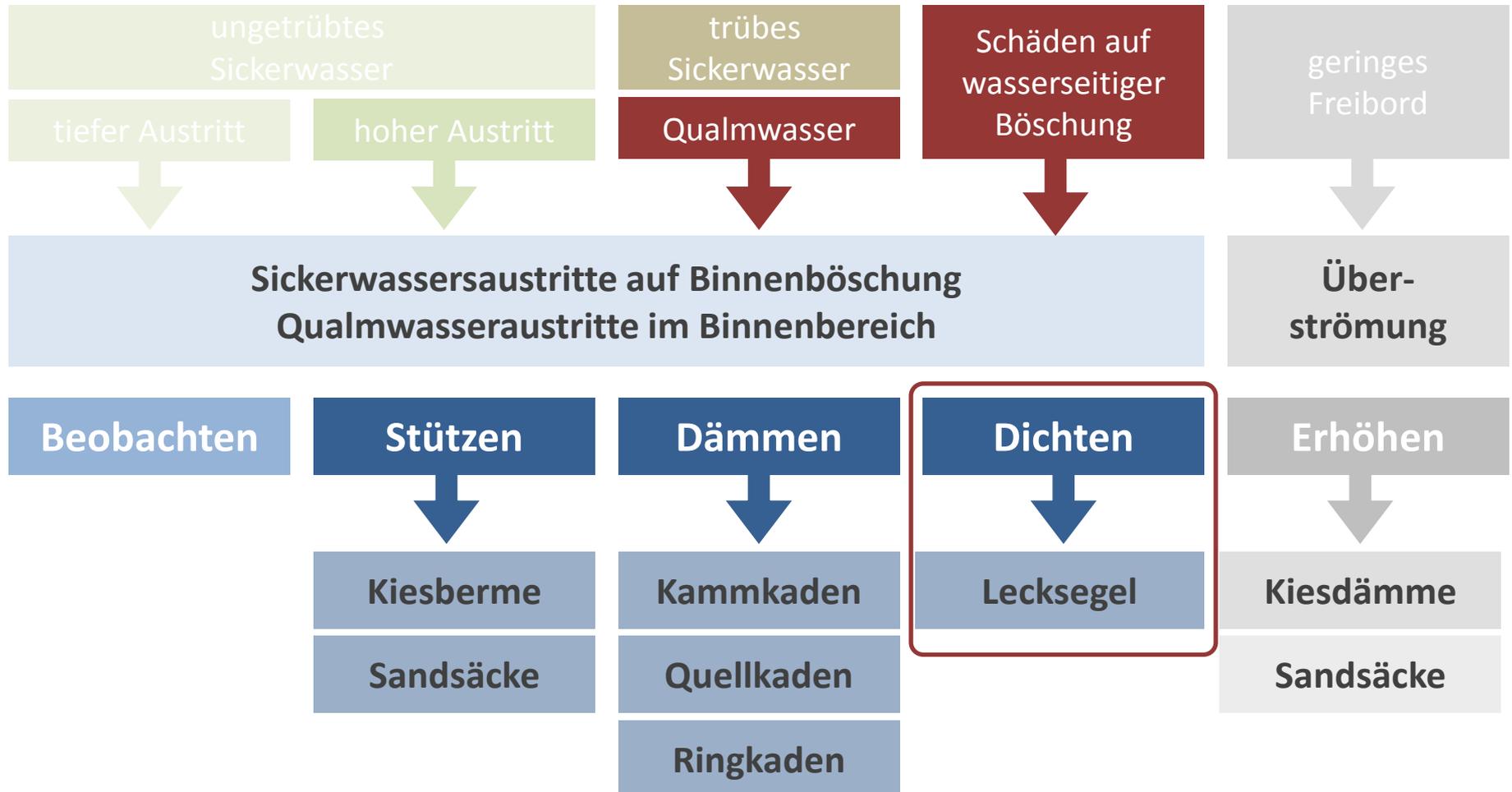
Probleme

kumulativer Prozess mit
schlagartigem Versagen
möglich

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

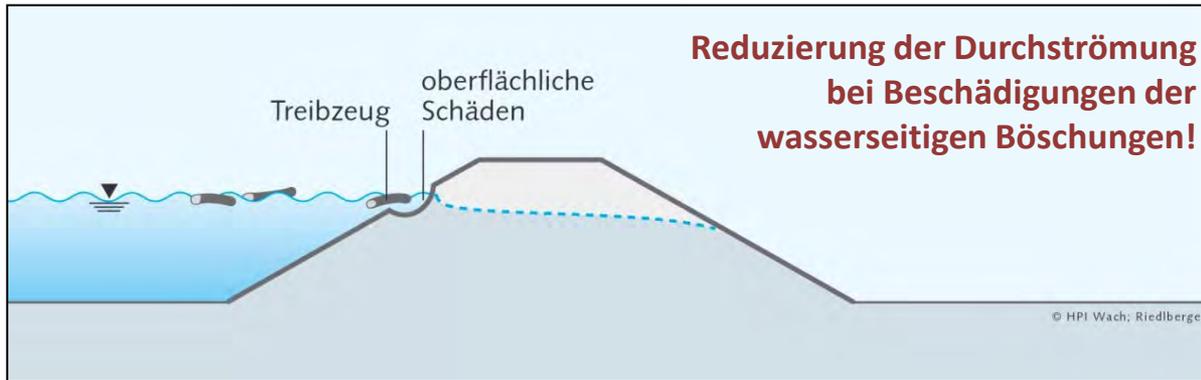


Maßnahmen bei Wasseraustritten





Dichten



Technik

- 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



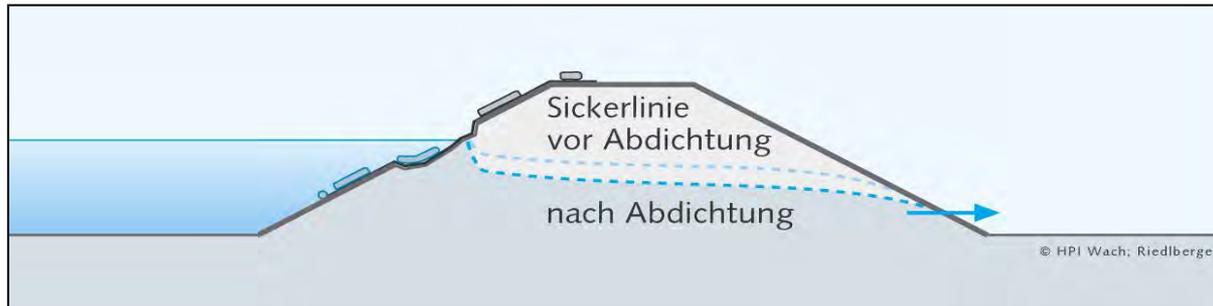
Technik

- 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

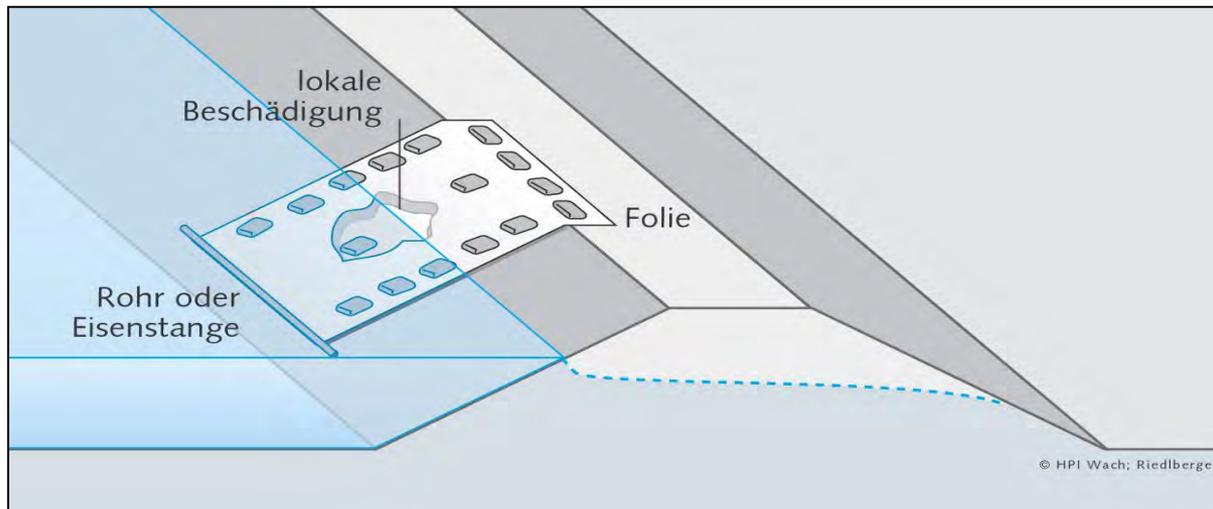
Leckagesegel



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**



Leckagesiegel



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



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

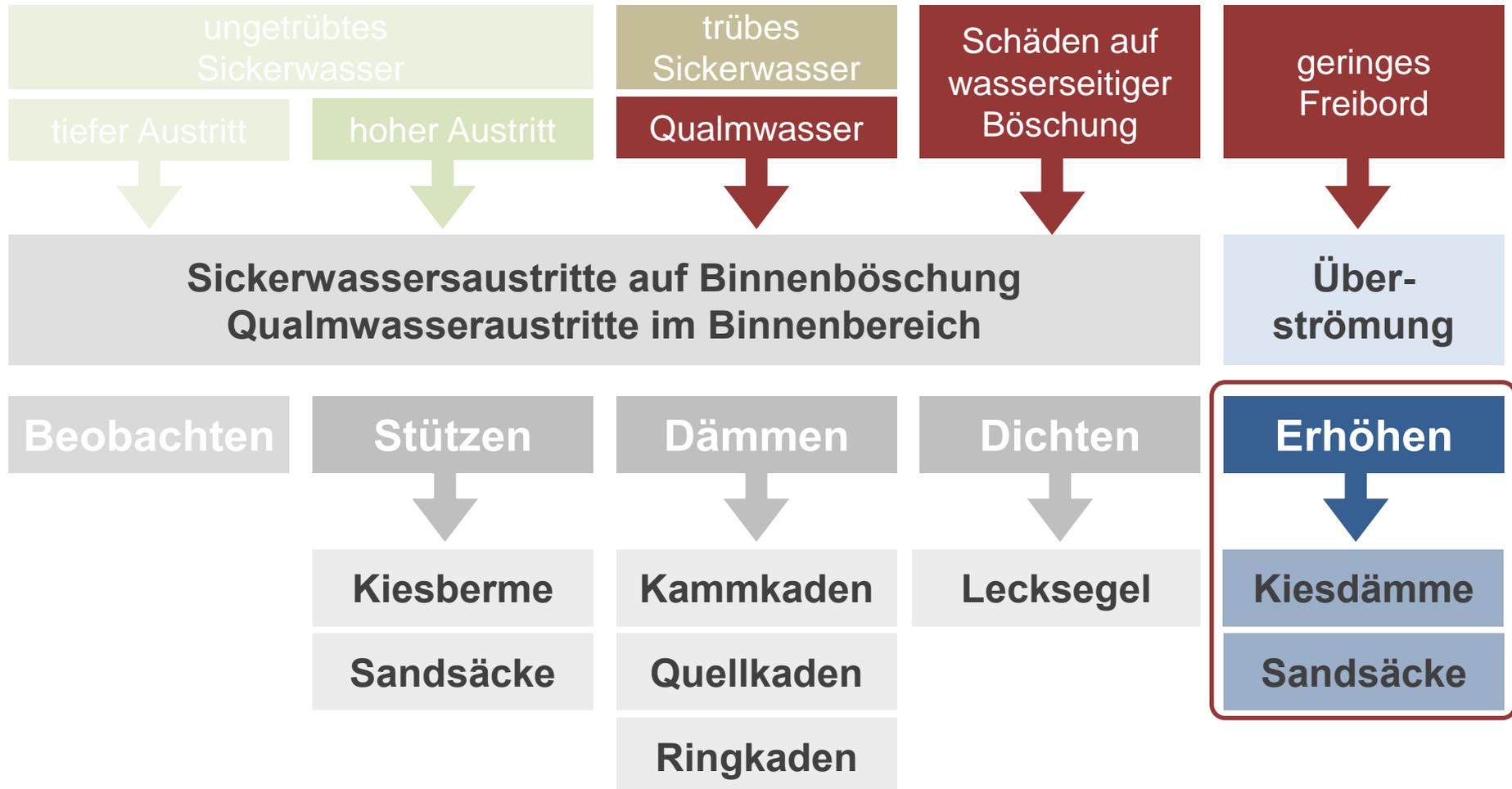
Feststoffe: Treibzeug, Eis

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

bei flächigen Lösungen
erhebliche Vorlaufzeit
erforderlich



Maßnahmen bei Überströmung





Versagen durch Kappenbruch



Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen. Bei der Deichkontrolle sind **Ort, Umfang und Art der Verformungen** zu beobachten.

Eher 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.



Versagen durch Böschungsfußkolk



Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen. Bei der Deichkontrolle sind **Ort, Umfang und Art der Verformungen** zu beobachten.

Eher 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.



Maßnahmen bei Überströmung



Technik

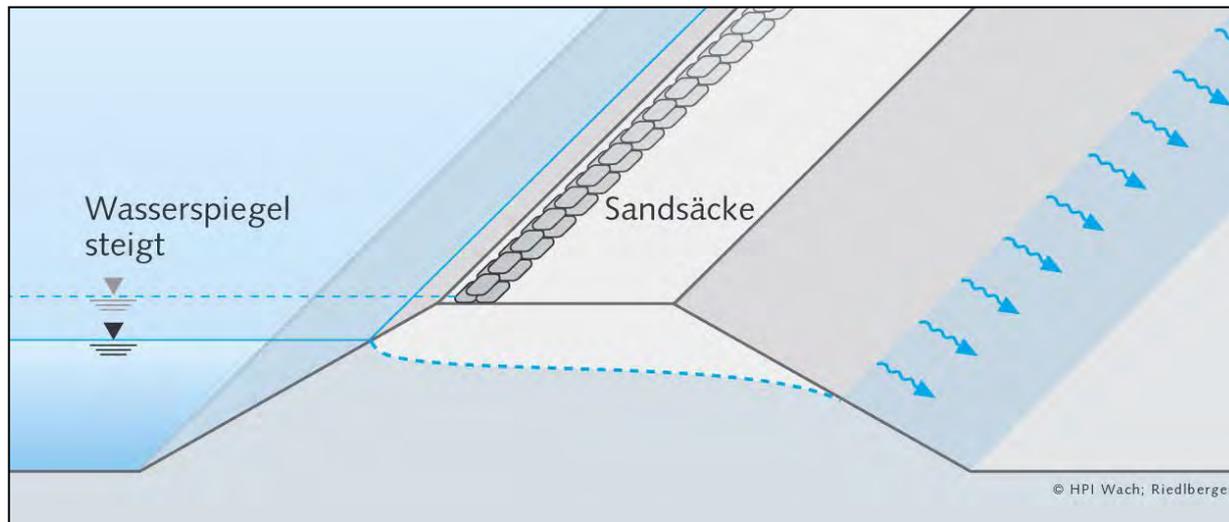
Aufkantung
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler
Schwachstellen**

Probleme



Aufkantung



Technik

Aufkantung
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler
Schwachstellen**

Probleme

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



Aufkantung



Technik

Aufkantung
(Sandsackverbau, Kies)

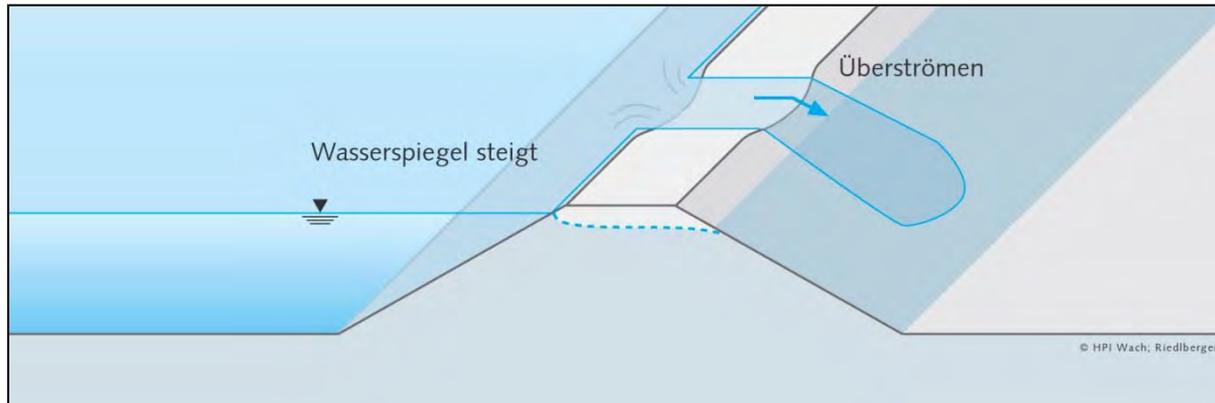
**Ausgleich lokaler
Schwachstellen**

Probleme

Achtung:
Aufkantung 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



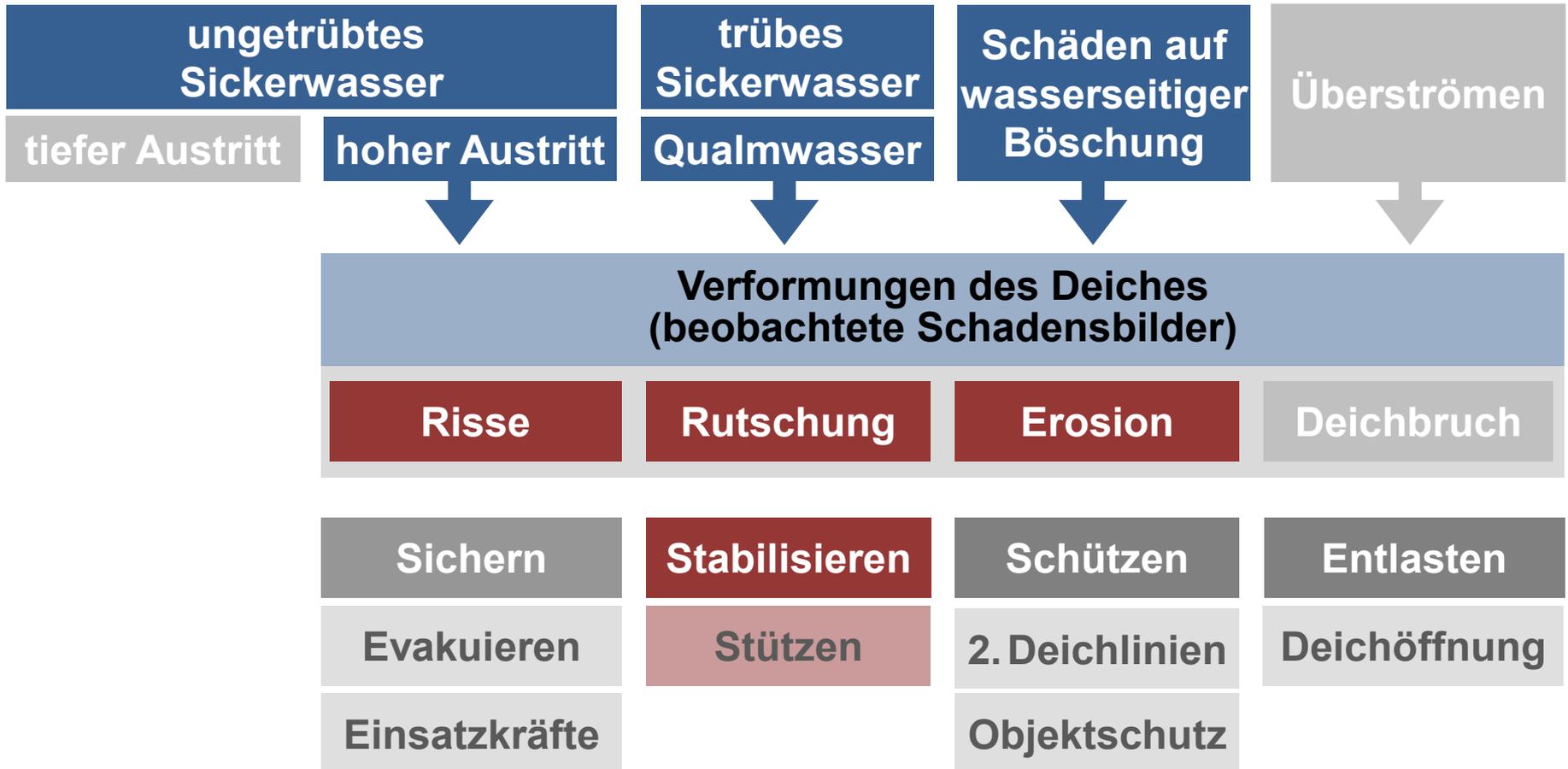


Resiliente Bauweisen



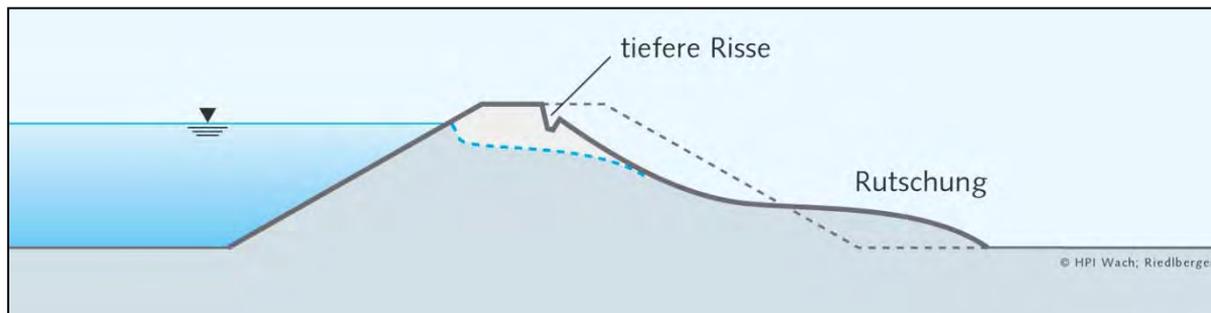
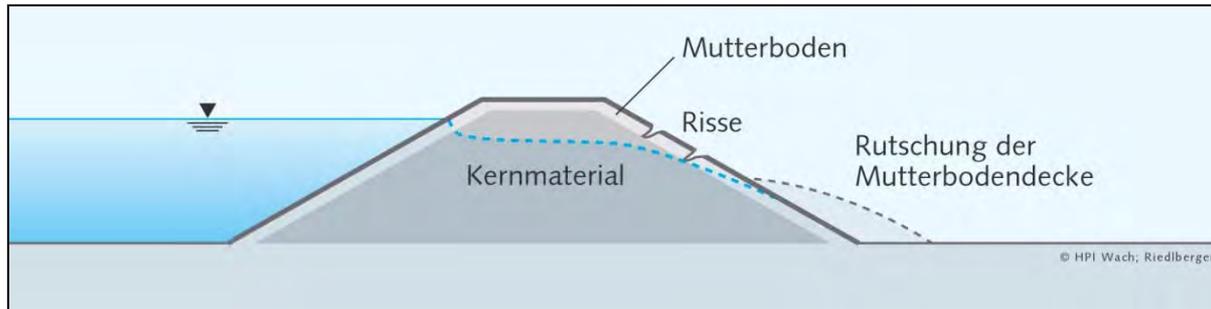


Maßnahmen bei Verformungen





Böschungsbruchformen



Technik

Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: global





Böschungsbruchformen



Technik

Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: global



Böschungsbruchformen



Technik

Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: global





Böschungsbruchformen



Technik

Initialrisse

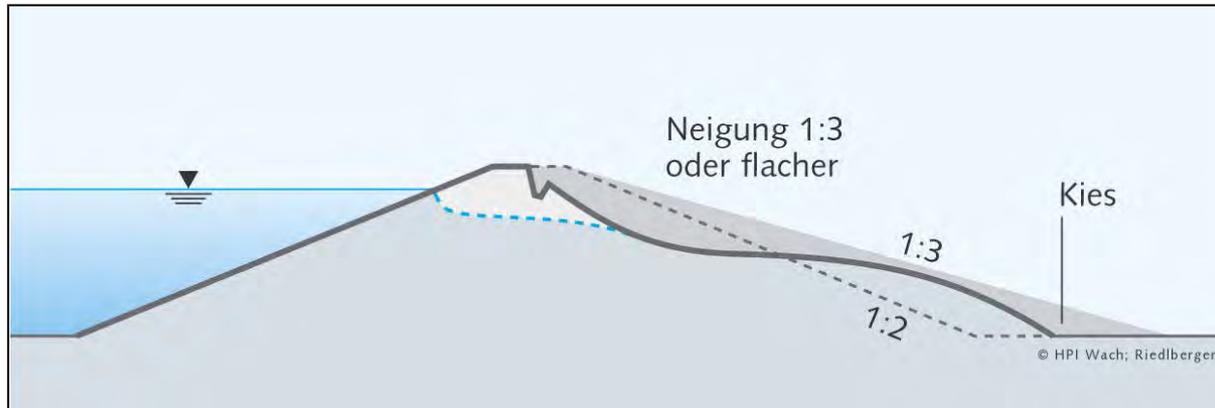
Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: **global**





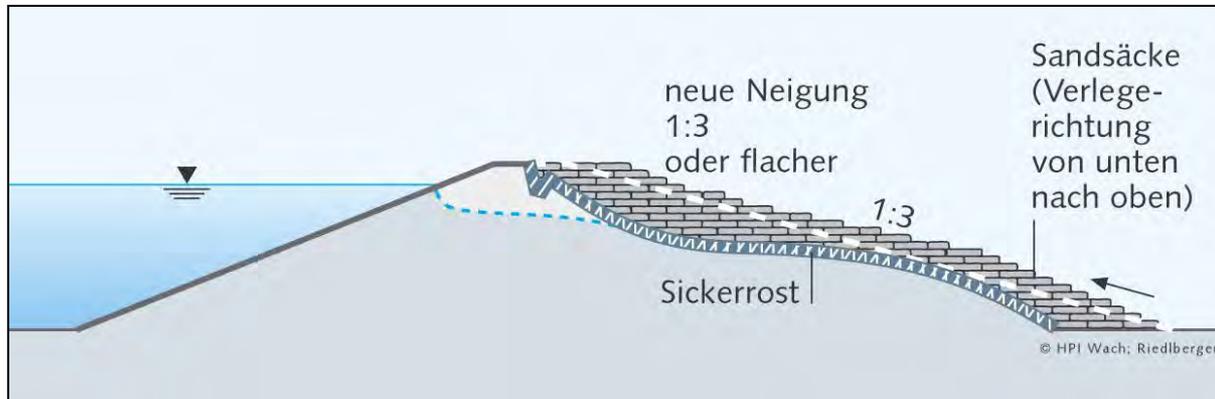
Verbau von Binnenböschungen



Technik

Stützverbau : Kies

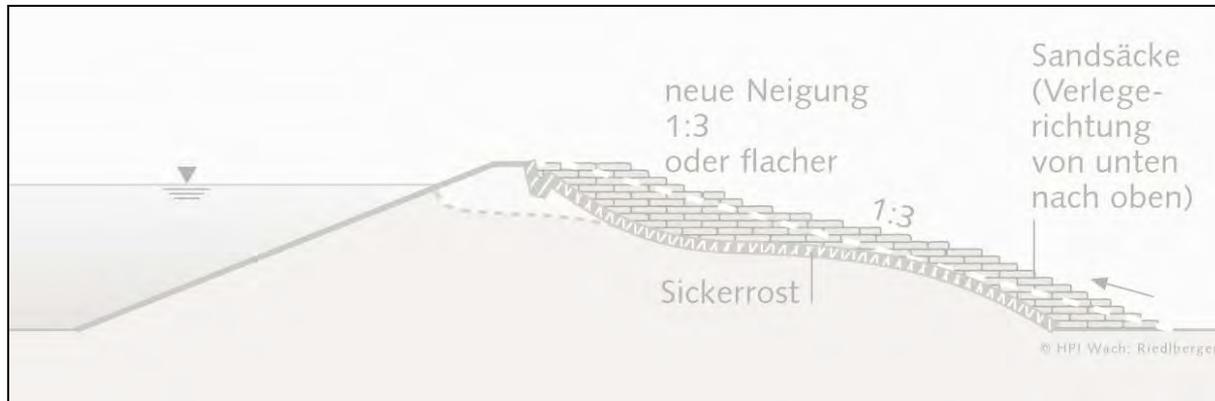
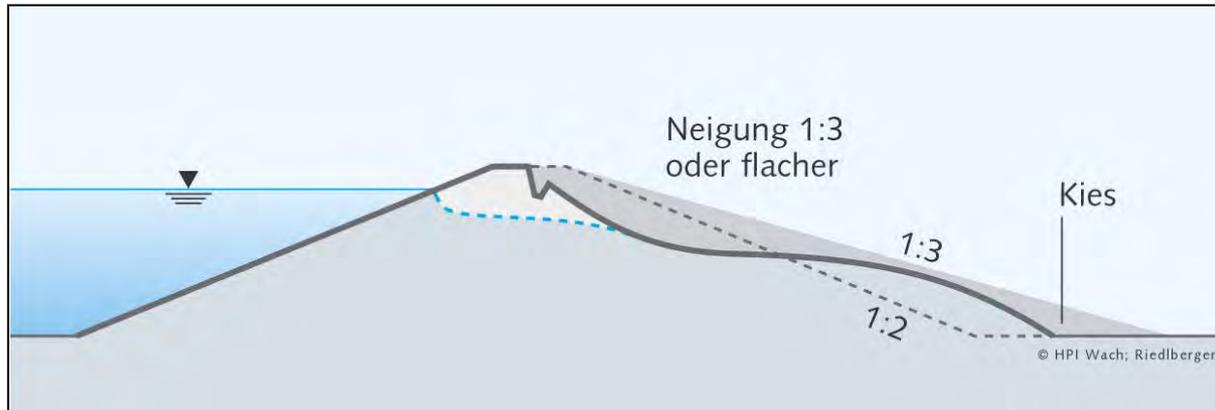
Stützverbau: Sandsäcke



Probleme



Verbau von Binnenböschungen



Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: **Sandsäcke**

Probleme

Materialverfügbarkeit

**Materialeignung (Filter-
stabilität, Umwelt-
verträglichkeit)**

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

Materialleistung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)

Schwerlastverkehr muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)



Auflastschüttung



Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

Probleme

Materialverfügbarkeit

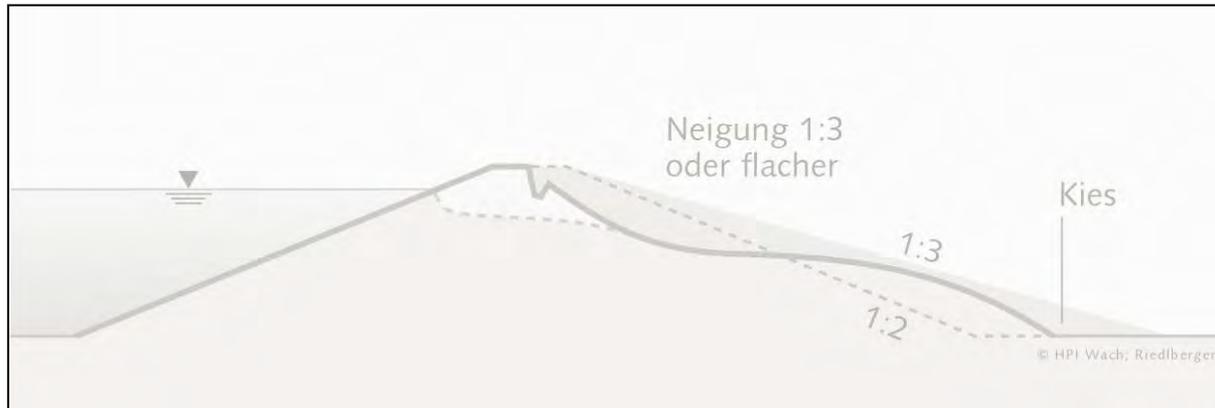
Materialleistung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)

Schwerlastverkehr muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)



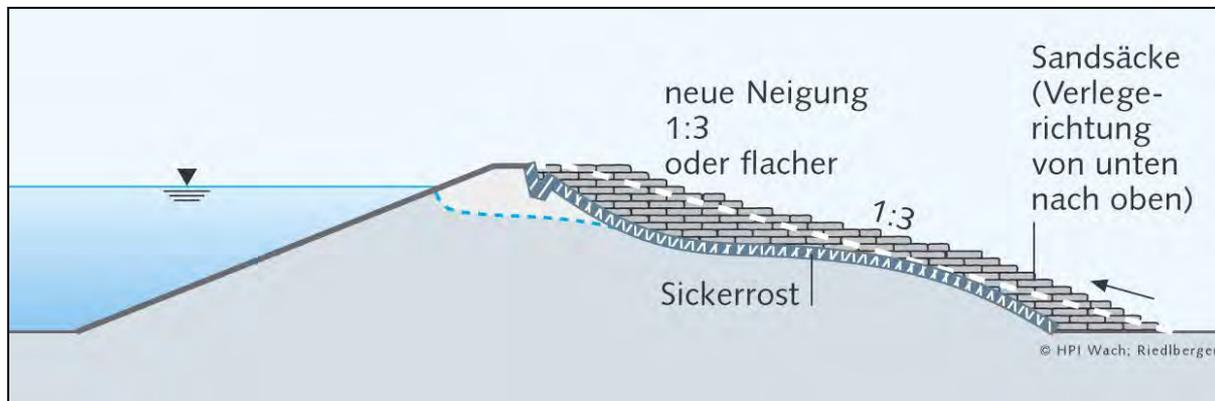
Sandsackverbau



Technik

Stützverbau: Kies

Stützverbau: **Sandsäcke**



Probleme

extrem material- und
personalintensiv
Rückbau bei
Kunststoffgeweben
notwendig





Sandsackverbau



Technik

Stützverbau: Kies

Stützverbau: Sandsäcke

Probleme

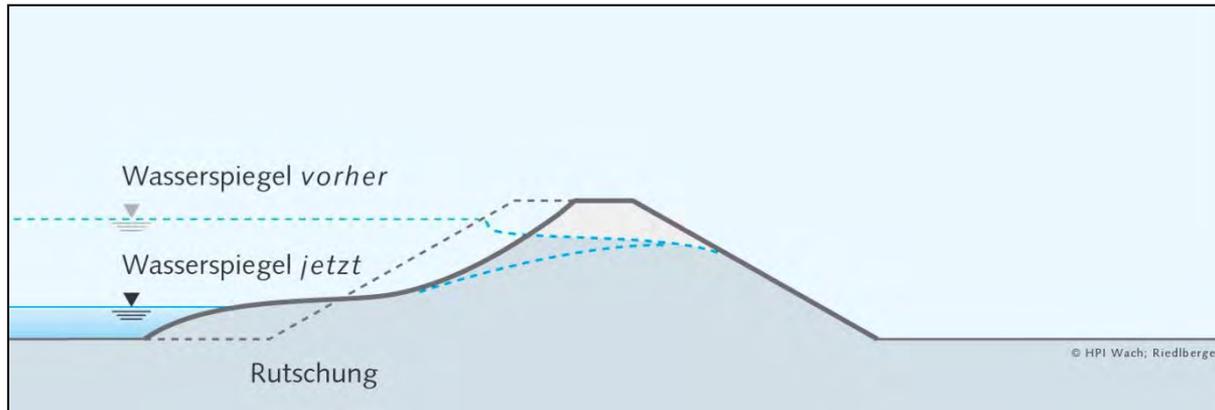


Sandsackverbau: Aufbau eines Dränfilters





wasserseitiger Böschungsbruch



Technik

Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen

Probleme

Kritisch bei mehrschichtigen Hochwasserwellen oder prognostizierten Folgeereignissen





wasserseitiger Böschungsbruch



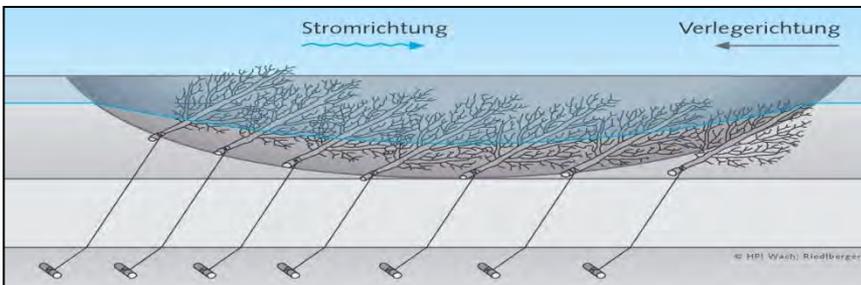
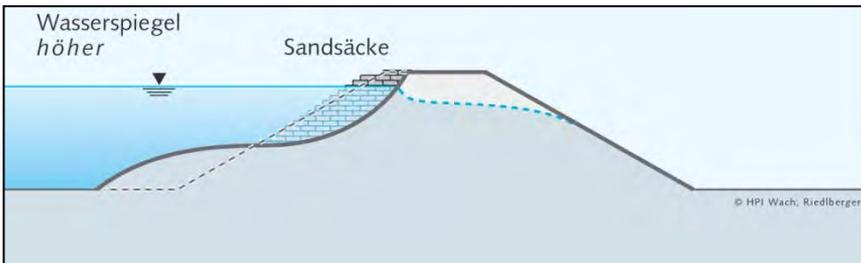
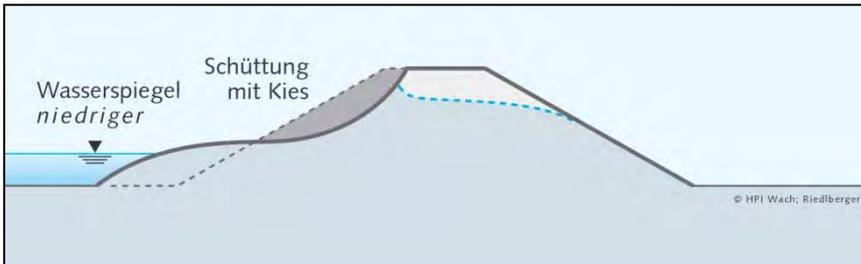
Technik

Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen

Probleme

Kritisch bei
**mehrschichtigen
Hochwasserwellen** oder
prognostizierten
Folgeereignissen

wasserseitiger Böschungsbruch



Technik

Einwurf von Kies und/oder Sandsäcken

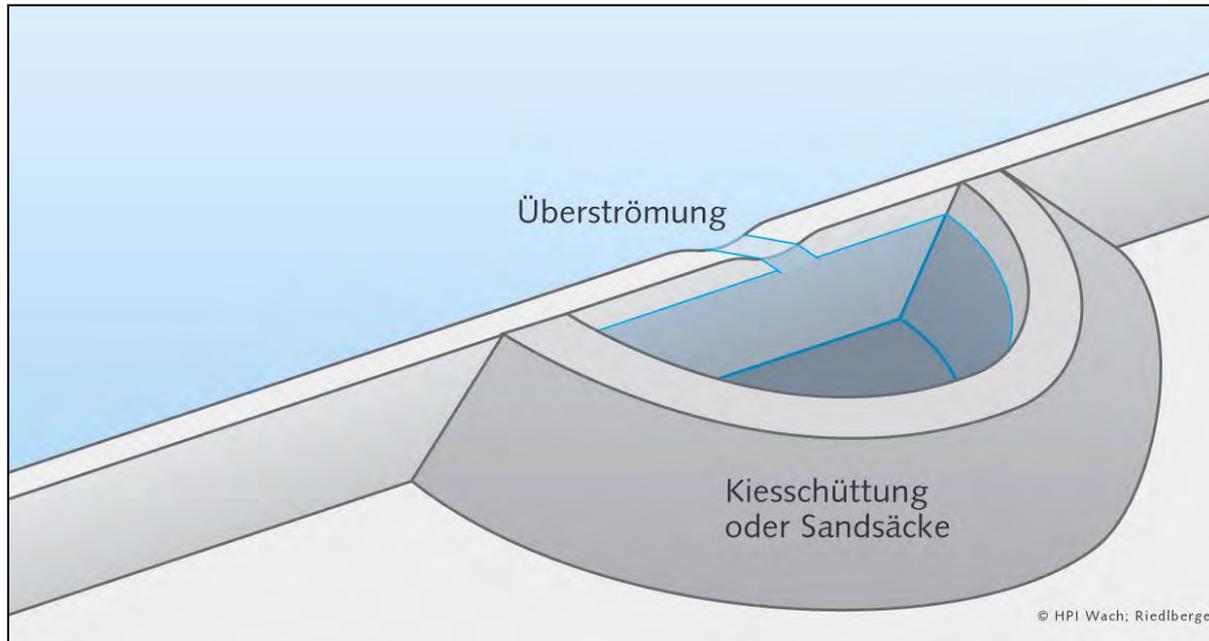
Einsatz von Raubäumen

Probleme

Einwurf von Kies und/oder Sandsäcken

Einsatz von Raubäumen

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

