

risikohochwasser
gemeinsam**handeln**

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)

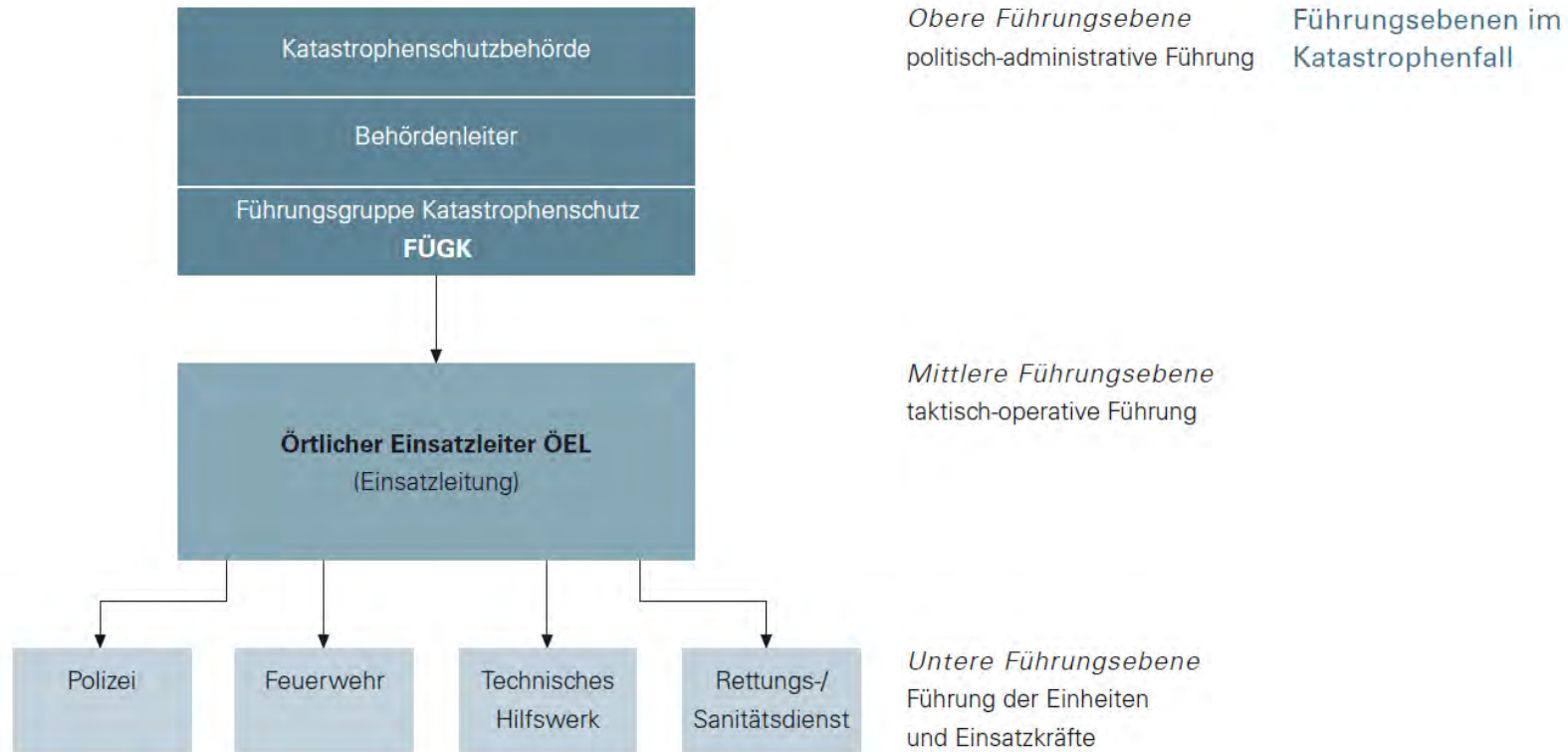
Gemeinden, die erfahrungsgemäß von Überschwemmungen oder Muren bedroht sind, haben dafür zu sorgen, dass ein **Wach-und Hilfsdienst für Wassergefahr** (Wasserwehr, Dammwehr, Murenabwehr) eingerichtet wird; sie haben die hierfür erforderlichen Hilfsmittel bereitzuhalten

■ Feuerwehrgesetz (BayFwG)

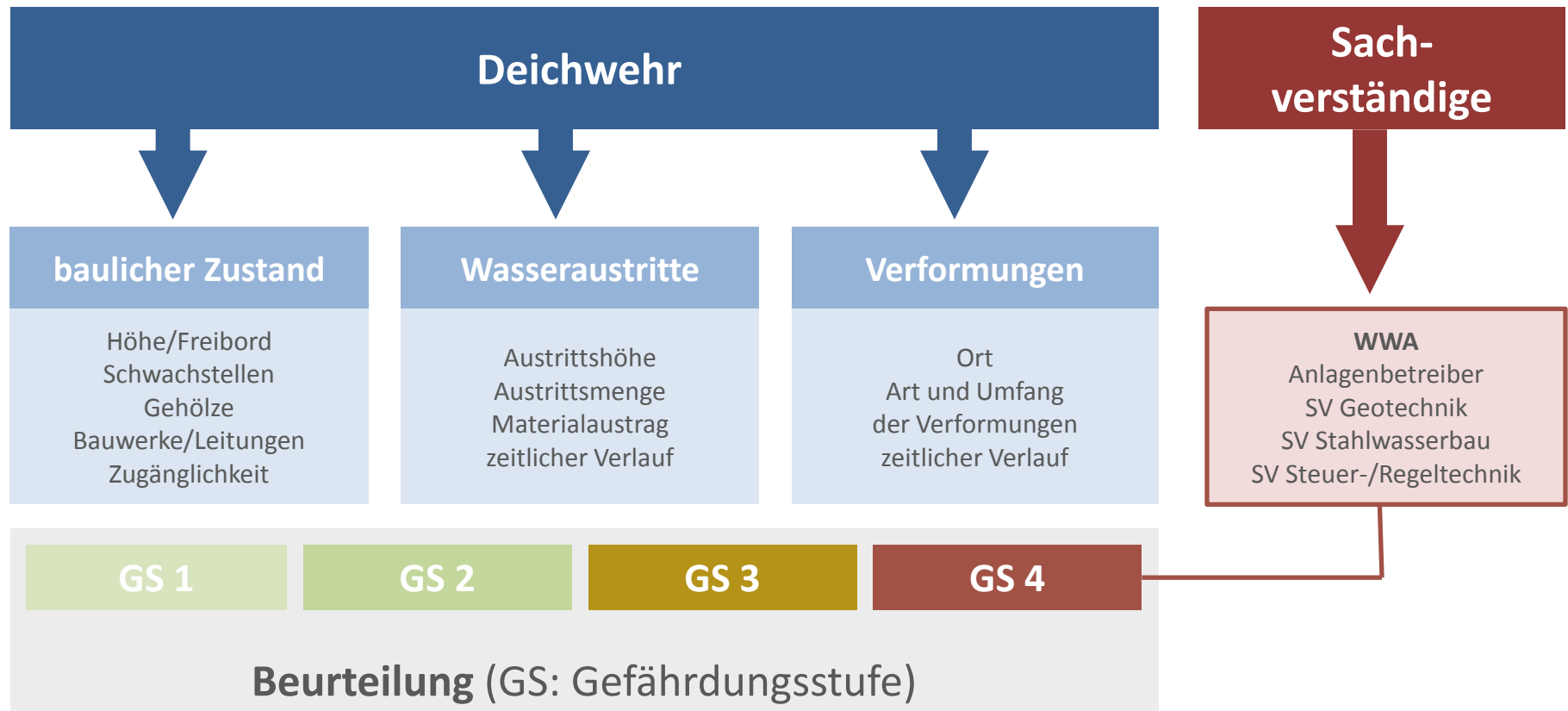
Gemeinden haben als Pflichtaufgabe im eigenen Wirkungskreis dafür zu sorgen, dass [...] ausreichende **technische Hilfe bei sonstigen Unglücksfällen oder Notständen** im öffentlichen Interesse geleistet wird (technischer Hilfsdienst).

■ Einzelregelungen im Planfeststellungsbescheid

Organisation des Katastrophenschutzes in Bayern



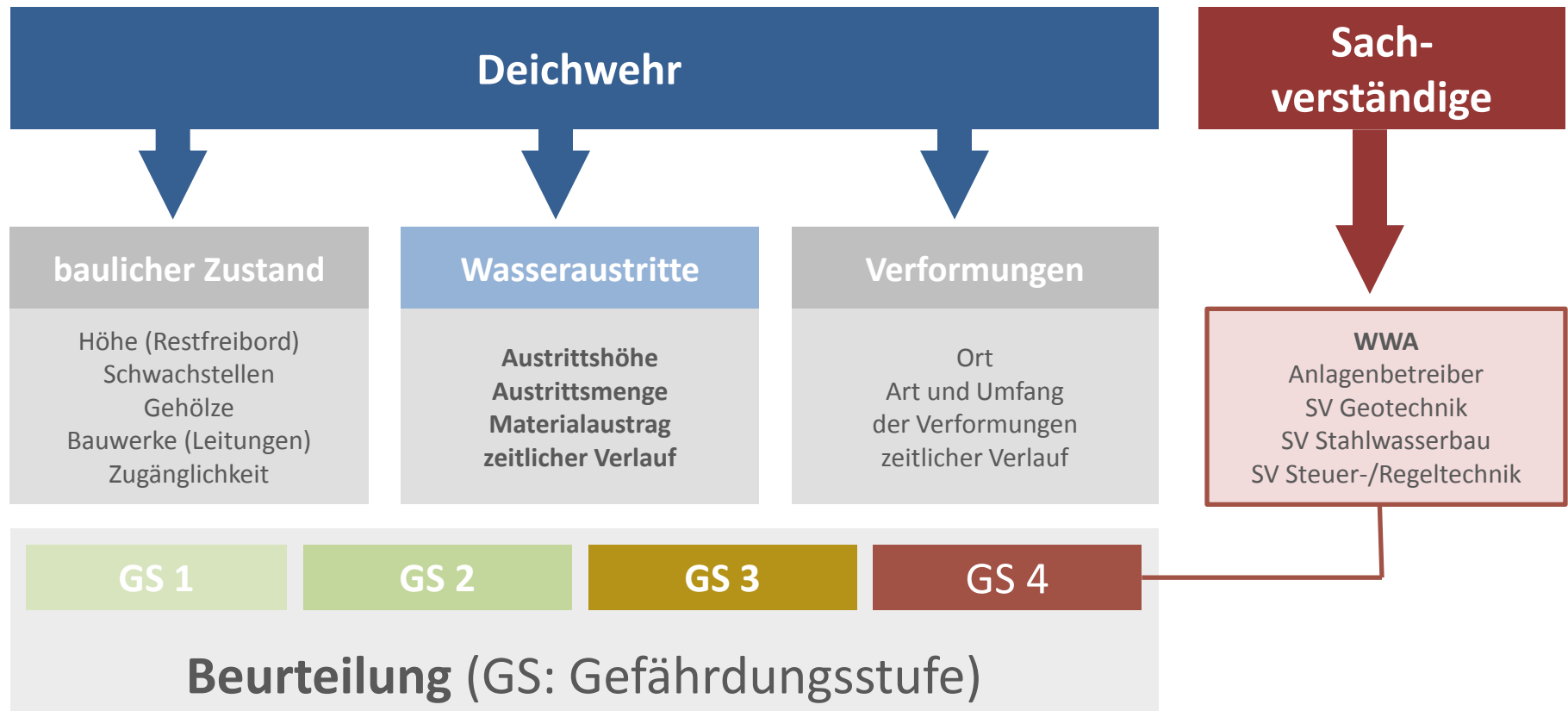
Beobachtungs- und Entscheidungskriterien



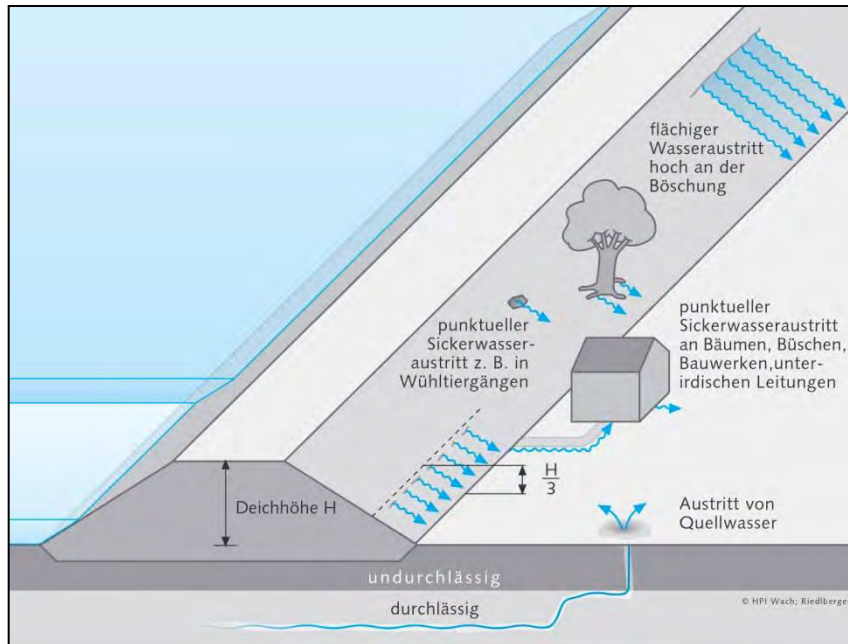
Gefährdungsstufen (GS)

Definition		
GS 1	ungefährlich	Beobachtung in der Regel ausreichend
GS 2	problematisch	Verhaltensmaßregeln 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

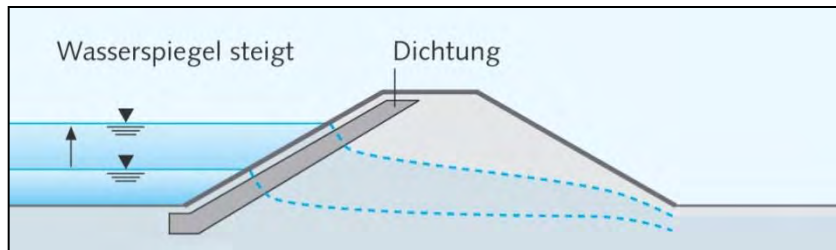
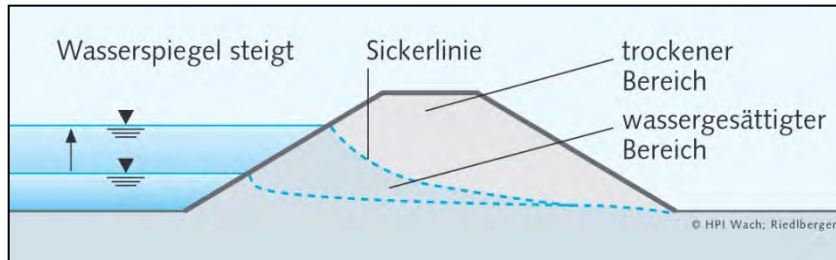
Sickerlinie: obere Grenze des gesättigten Bodens („Null-Potentiallinie“)

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

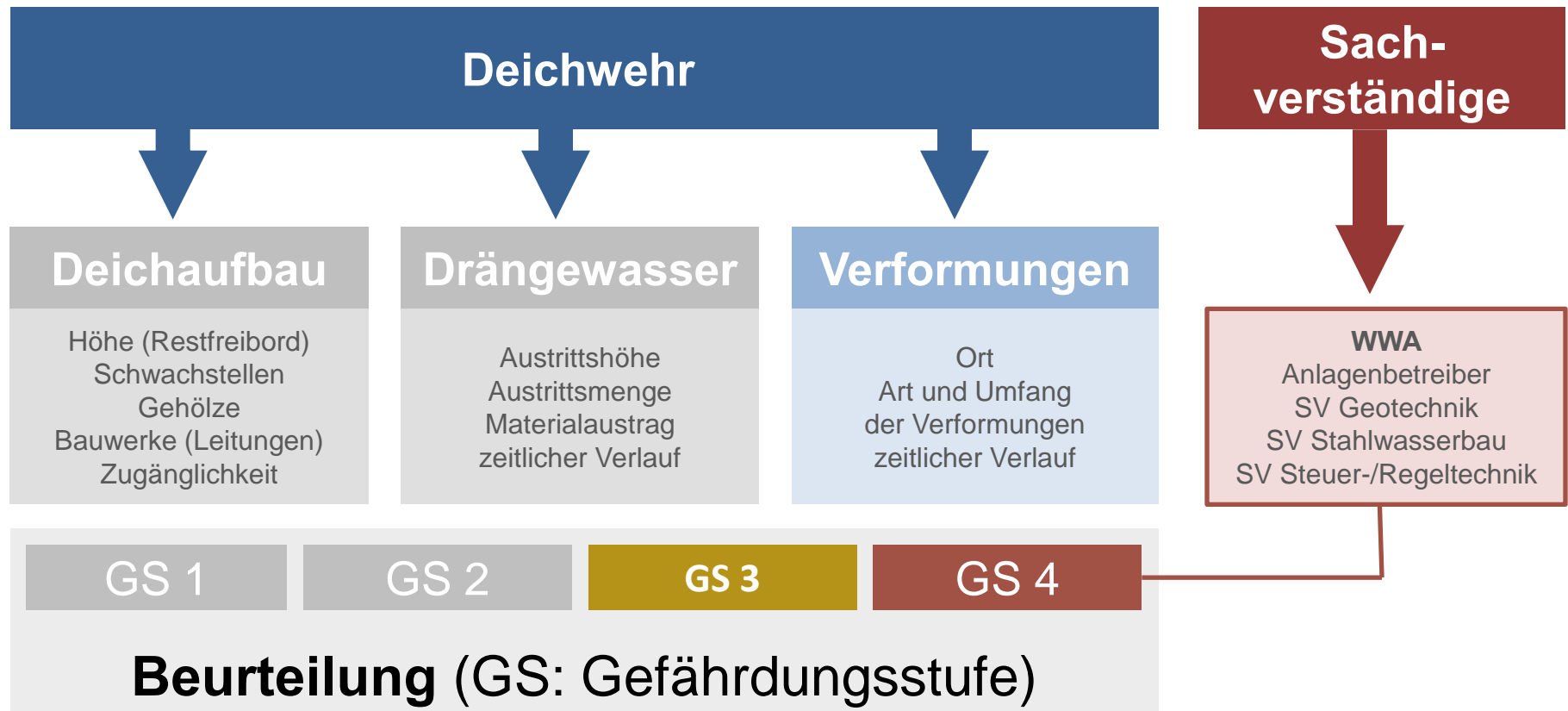


Durchströmung ist auch bei Deichen mit technischen Dichtungen ein natürlicher Vorgang und nicht unbedingt problematisch! Wasseraustritte auf der Binnenböschung ermöglichen eine Beurteilung der Lage der Sickerlinie und somit der Standsicherheit. Bei der Deichkontrolle sind **Ort, Menge und Art des Wasseraustrittes**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

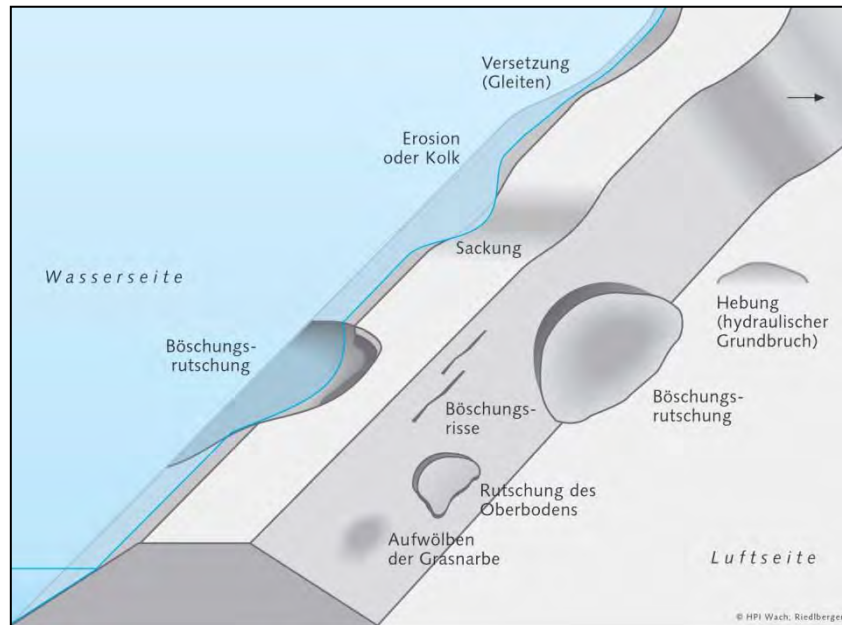
unkritisch: flächige Austritte von klarem Wasser im unteren Drittel der Böschungen

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:** Kontaktersionen



Drängewasseraustritte

Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

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



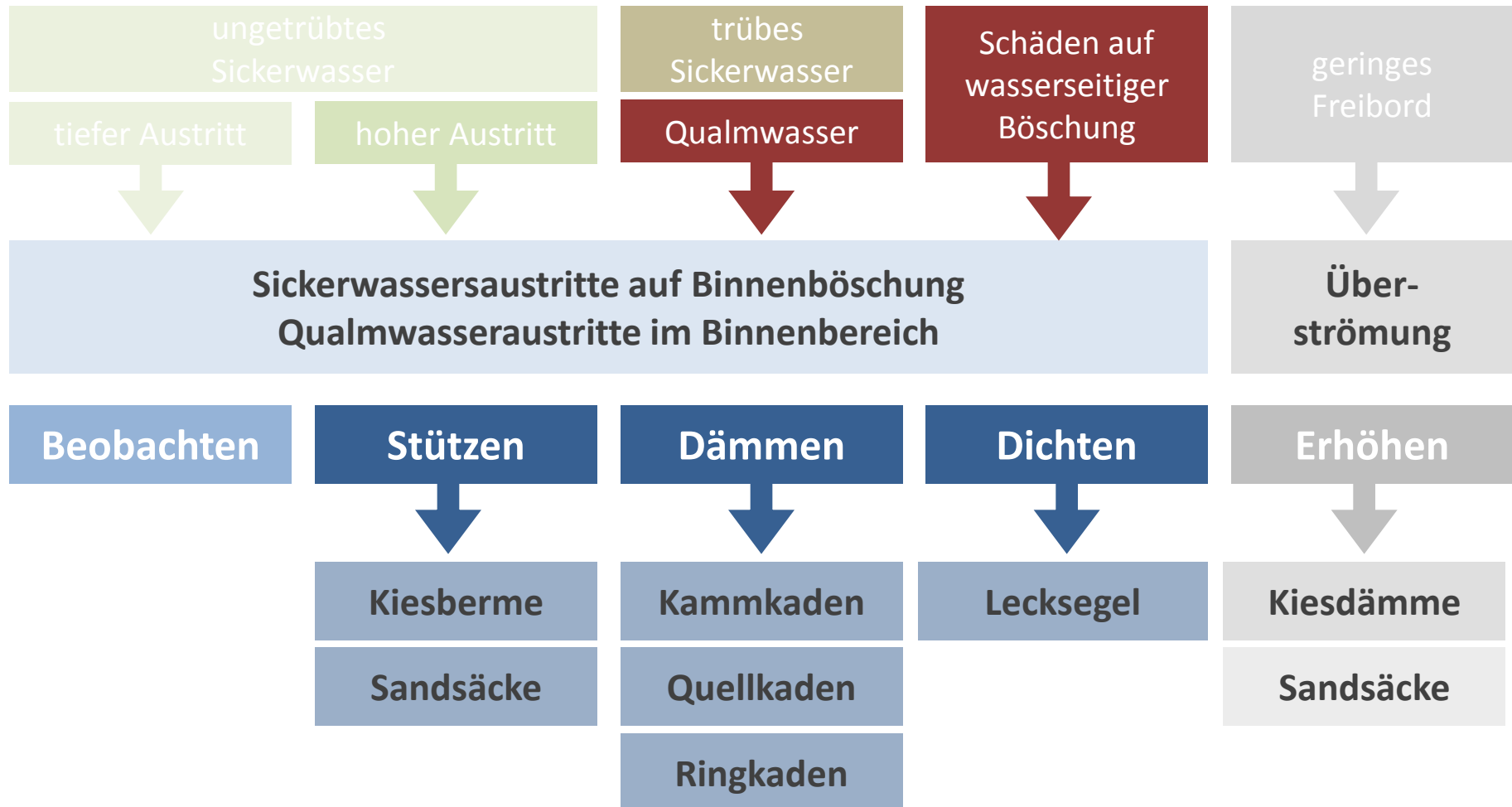
Drängewasseraustritte

Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

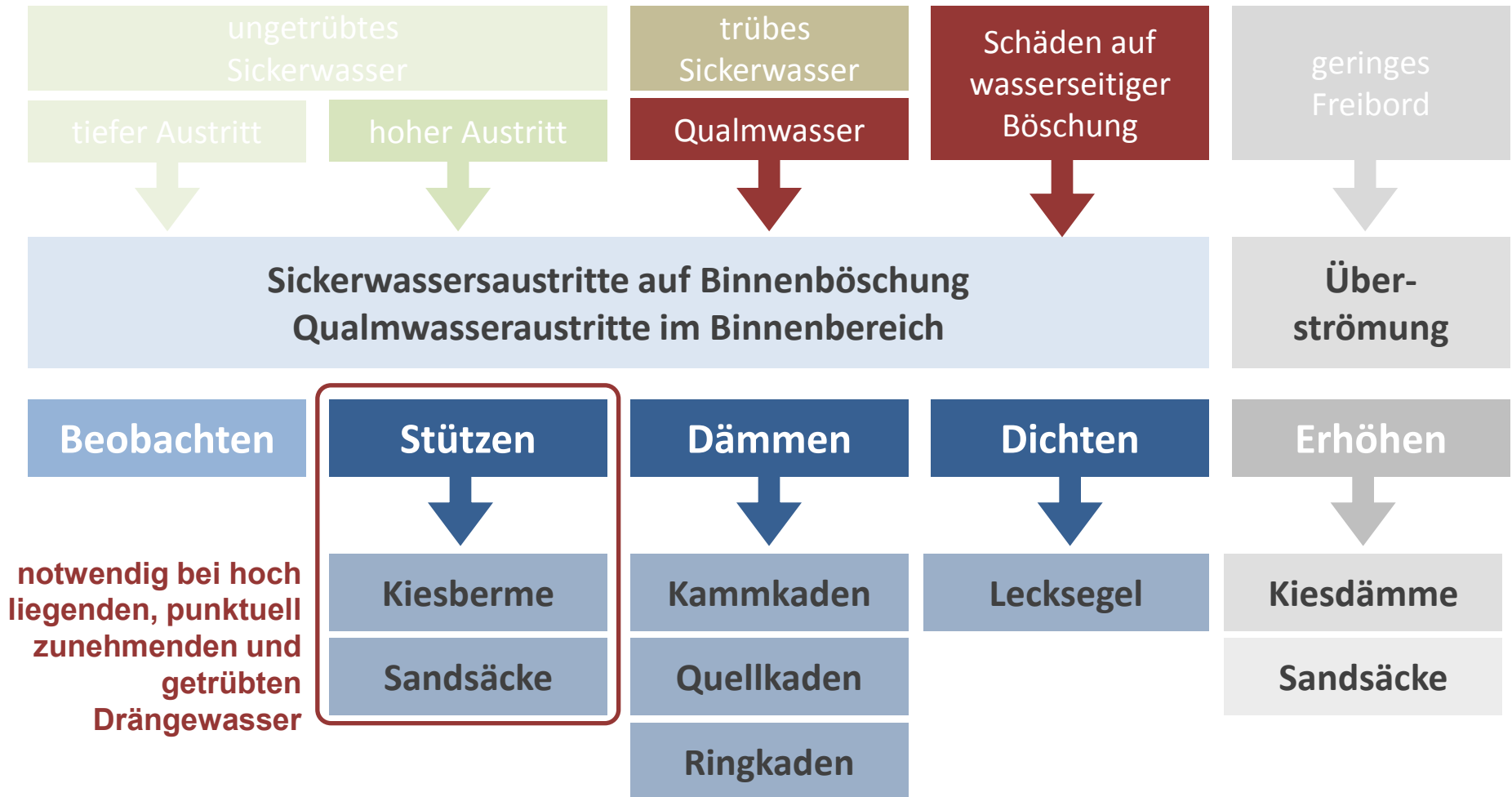
- Gehölze: Windwurf, Kontakt-/Oberflächenerosion
- Wühltiere: Erosionsröhren, Einbrüche („Biberkaverne“)
- Bauwerk/Leitungen: Kontaktersosionen



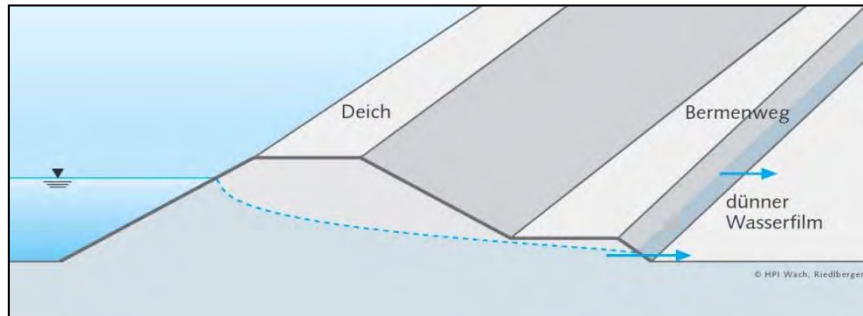
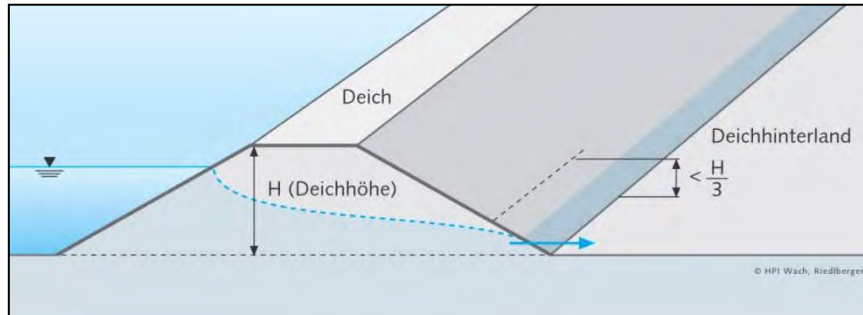
Maßnahmen bei Wasseraustritten



Maßnahmen bei Wasseraustritten



Beobachten



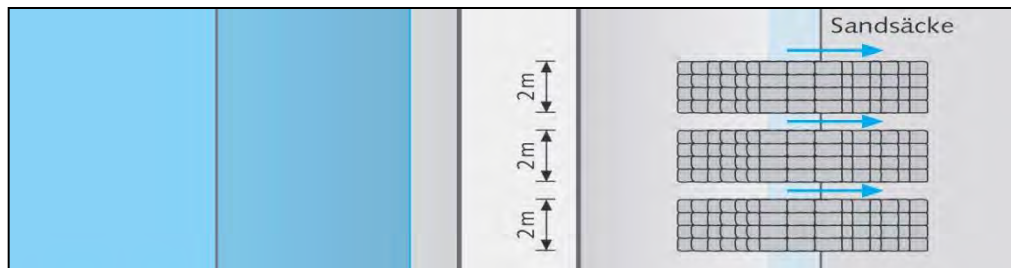
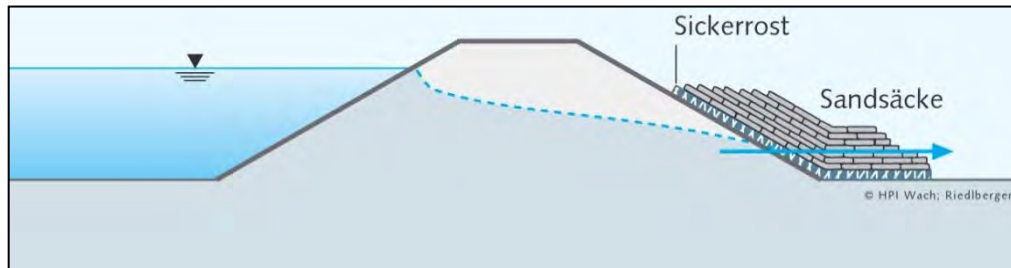
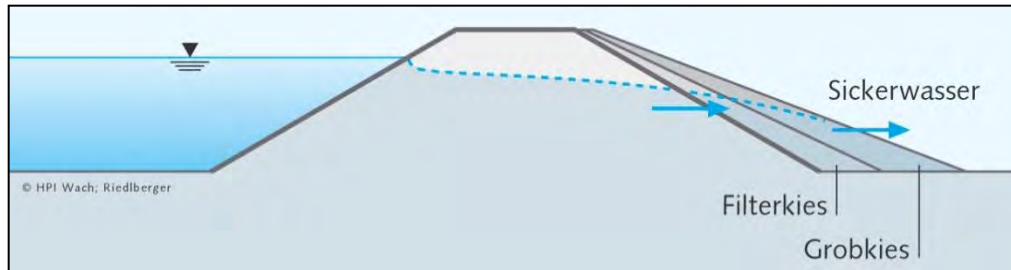
Flächige Austritte von klarem Wasser im unteren Drittel der Böschungen und im Bereich von Dränbermen sind überwiegend unkritisch.

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



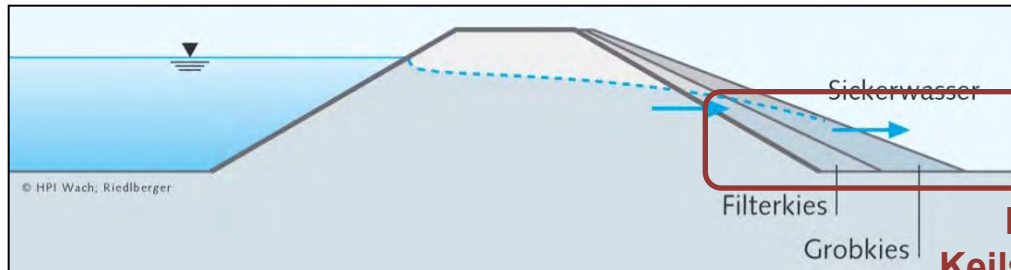
Technik

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
**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: 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!

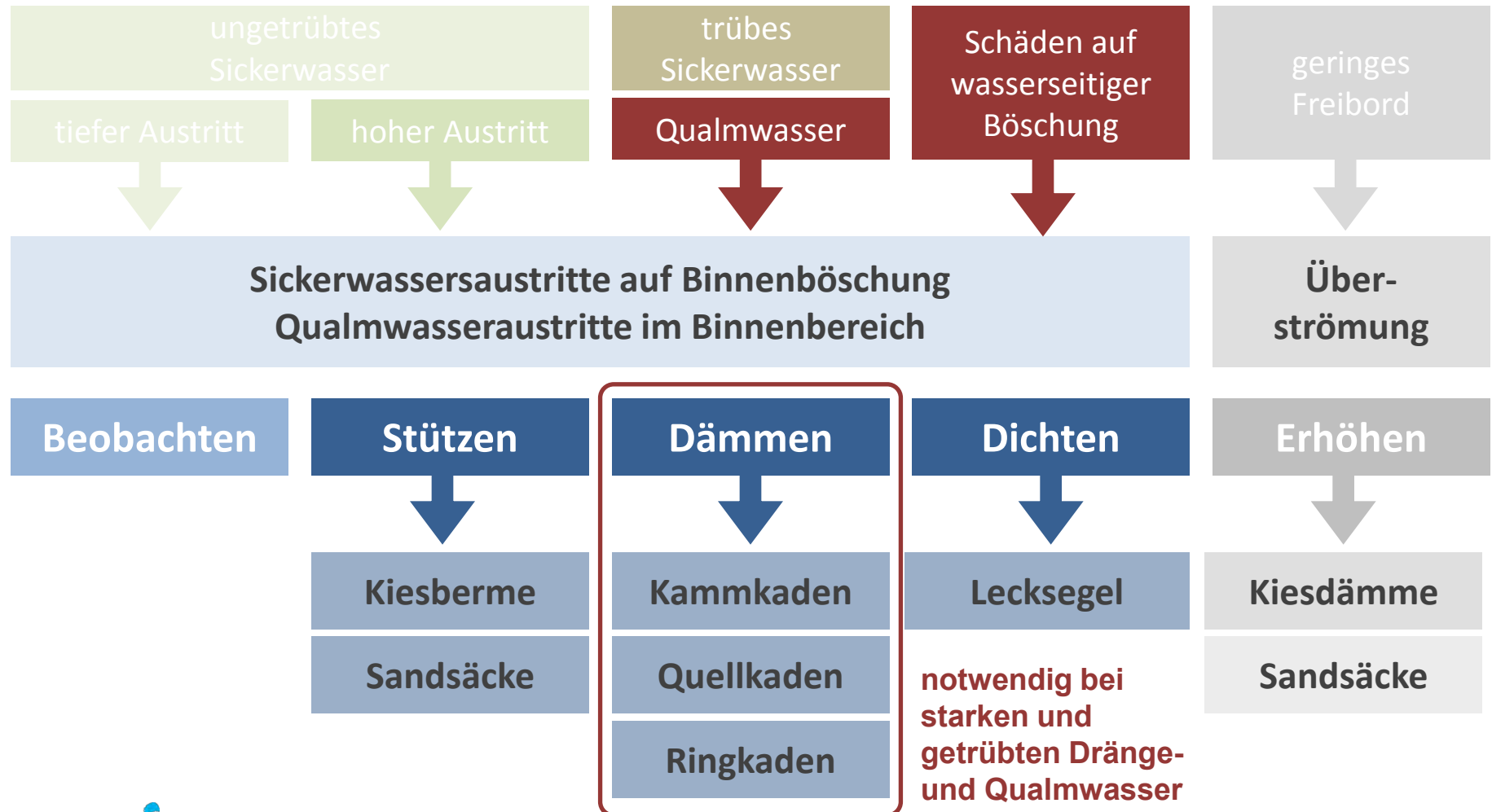
Technik

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

Probleme

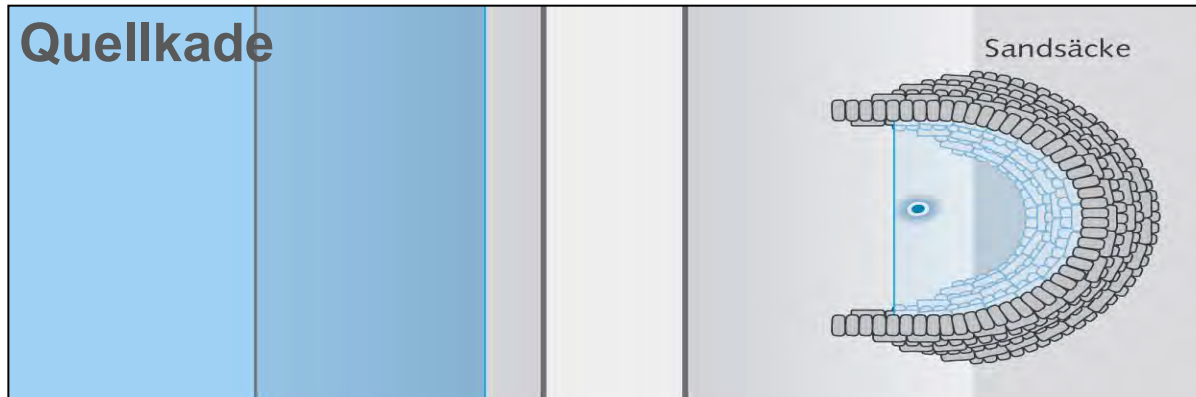
extrem material- und
personalintensiv
Rückbau bei
Kunststoffgeweben
notwendig

Maßnahmen bei Wasseraustritten



Quell- und Kammkaden

Quellkade



Kammkade

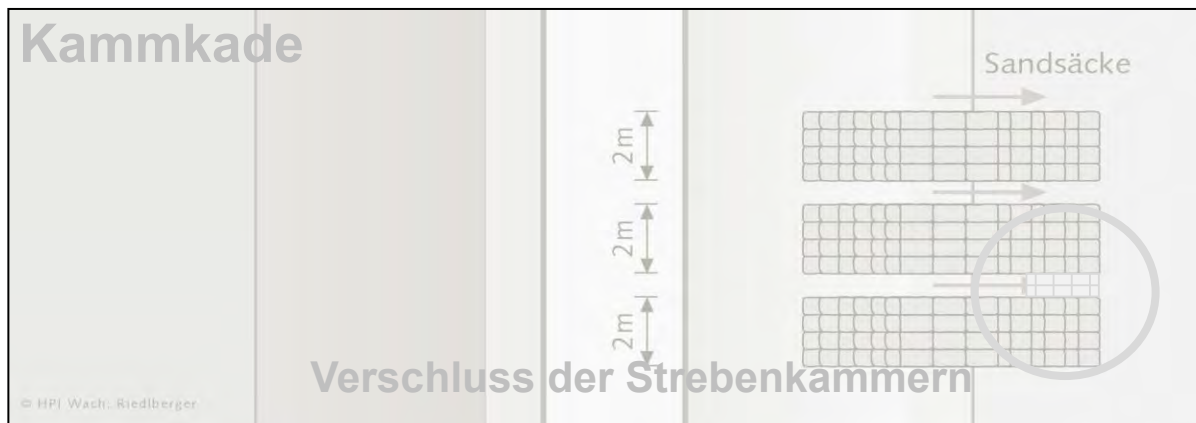
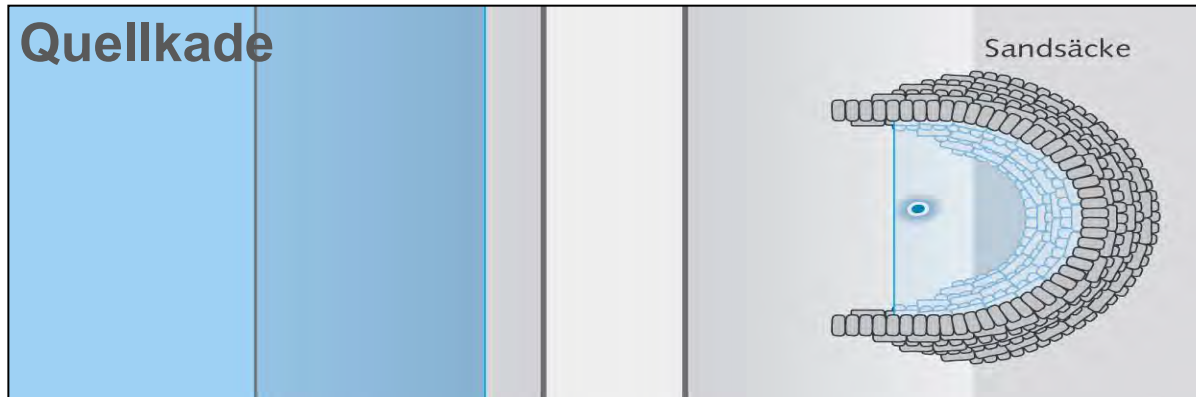


Technik

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

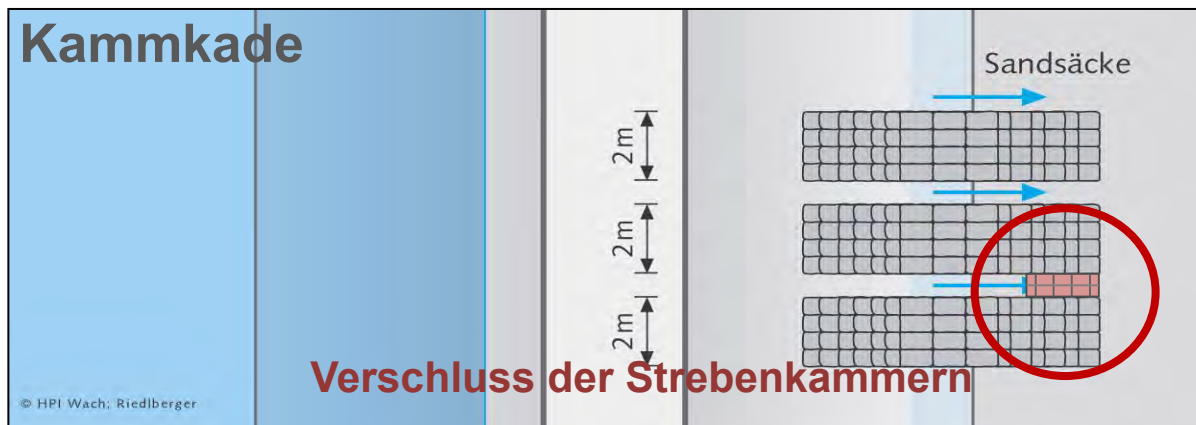
lokale Schwachstellen als
Auslöser rückschreitender
Erosion: Wühltierbauten
**lokal hoher hydraulischer
Koeffizient** („Kaskaden-
verbau“)

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)

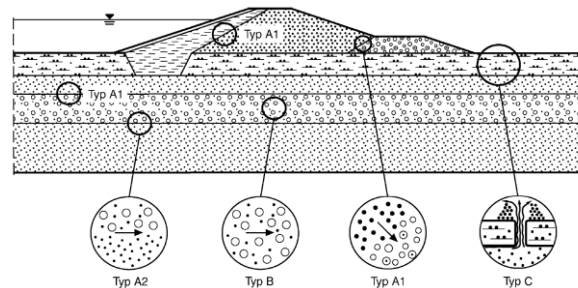
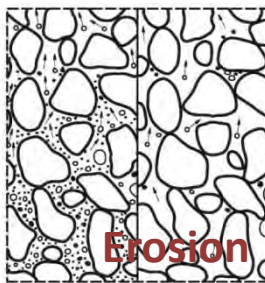
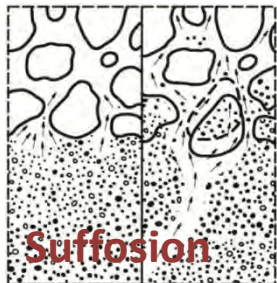
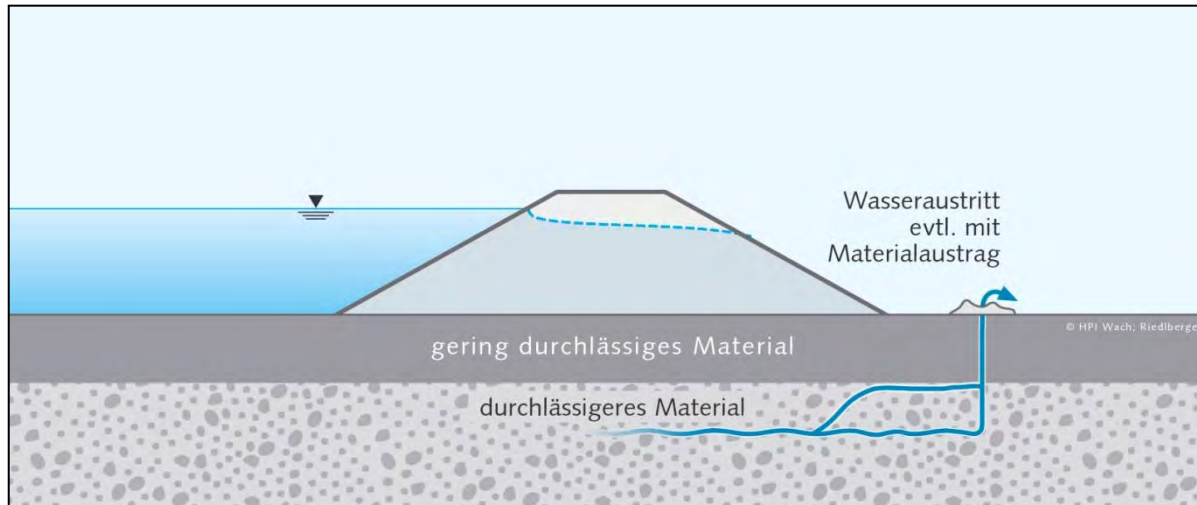
Kammkaden (flächig) durch
Ausbau der Stützstreben

Probleme

**extrem material- und
personalintensiv**

Rückbau bei
Kunststoffgeweben
notwendig

Qualmwasseraustritte



Technik

Quell-/Ringkaden

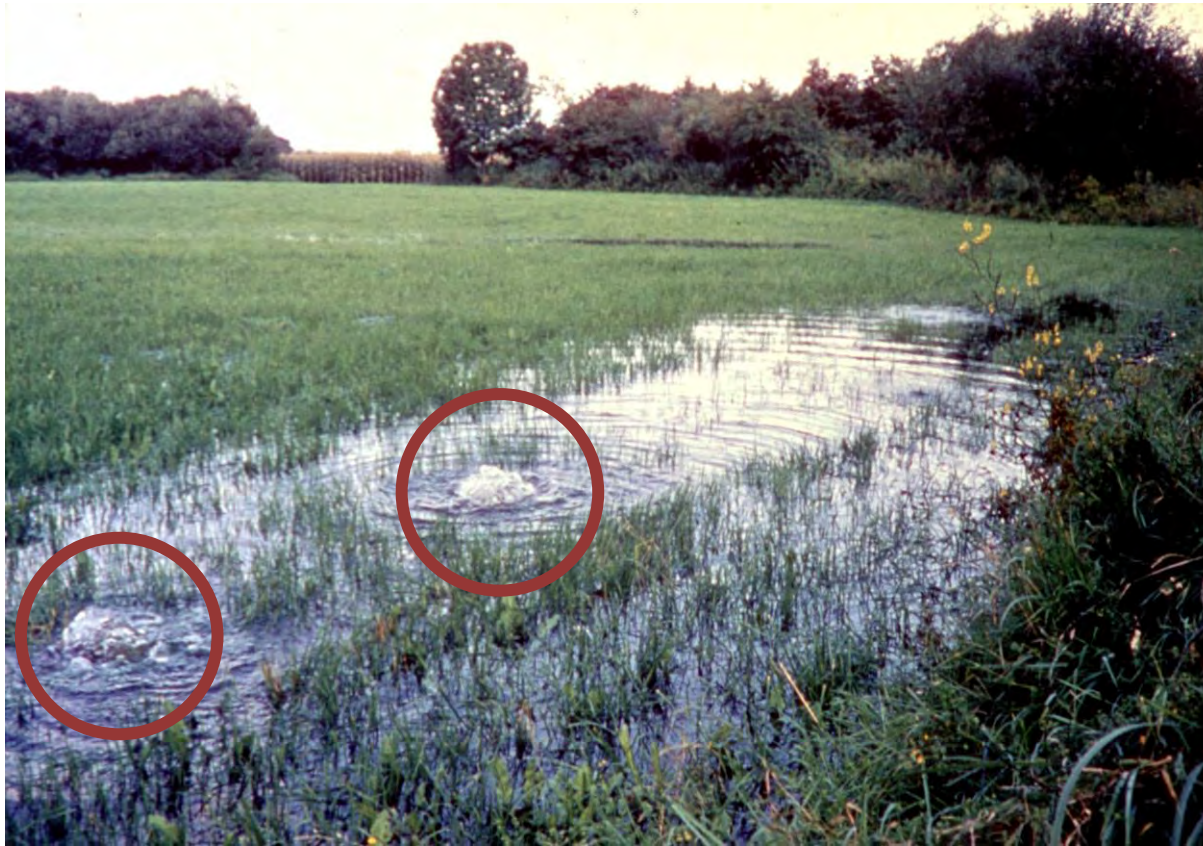
Auflastschüttungen (Kies)
bei flächigen Austritten

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



... 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



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

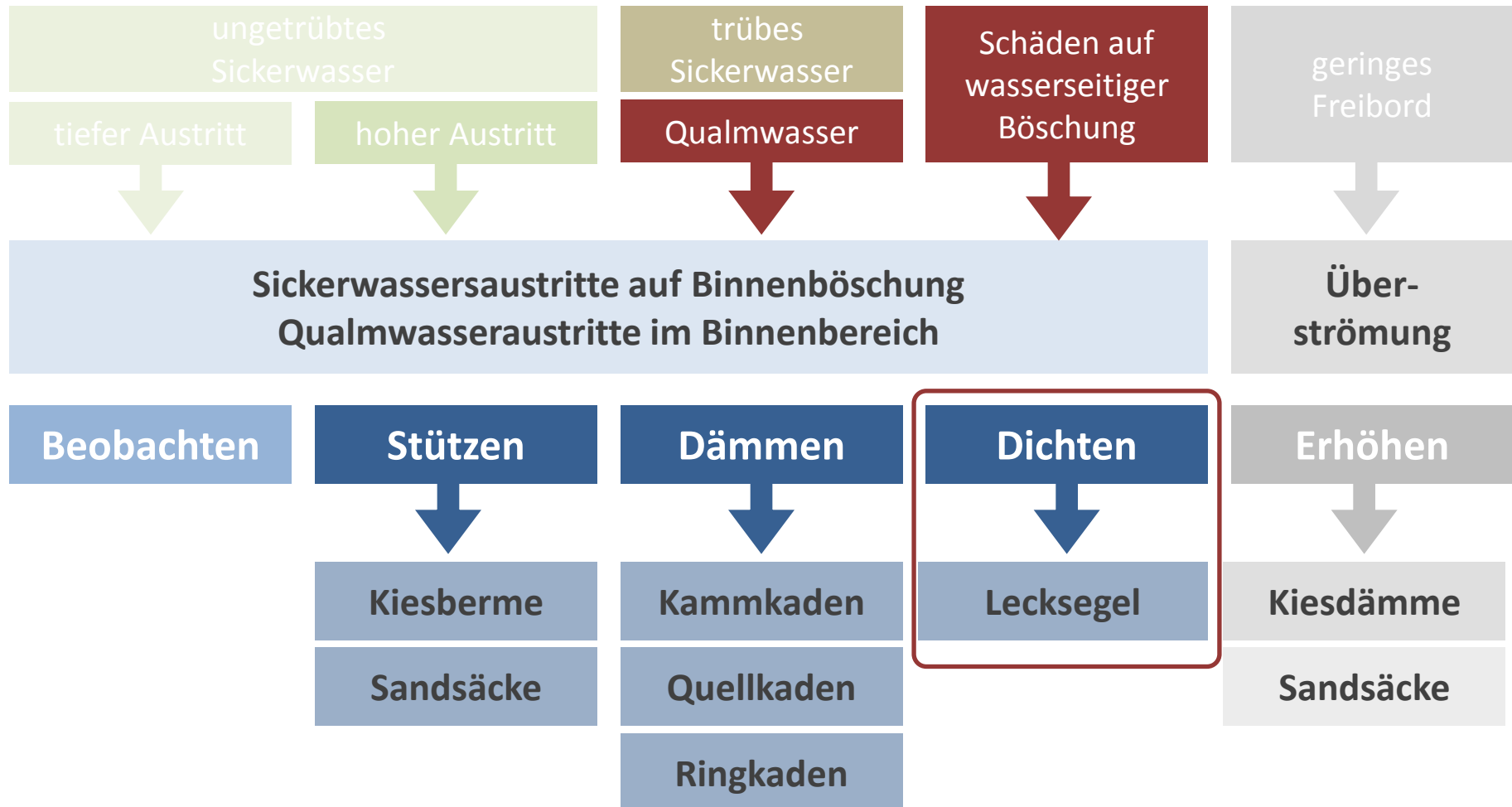
Auflastschüttungen (Kies)
bei flächigen Austritten

Probleme

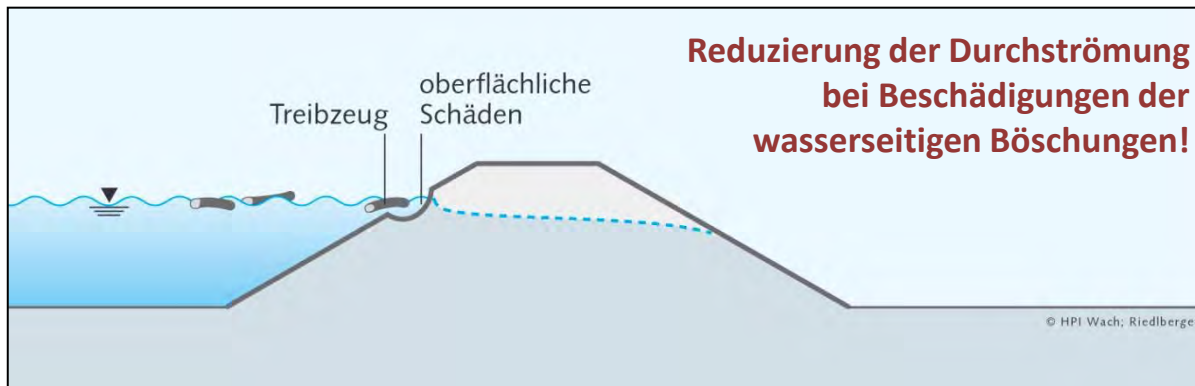
kumulativer Prozess mit
schlagartigem Versagen
möglich

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)

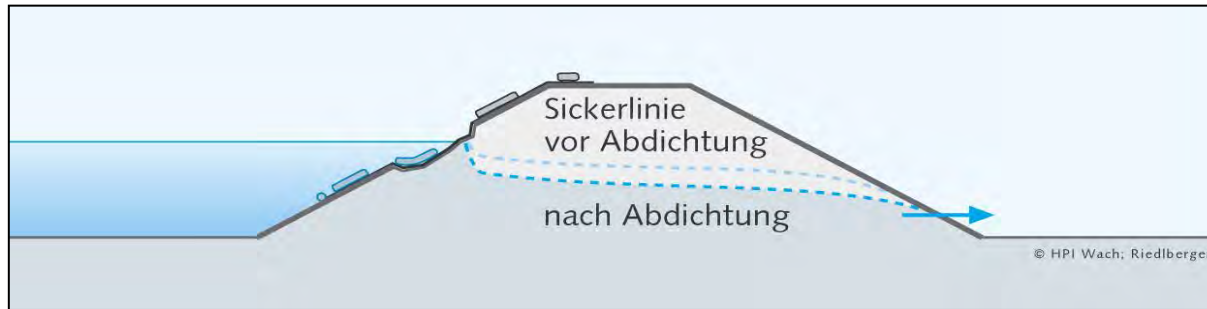
Probleme

Feststoffe: Treibzeug, **Eis**

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

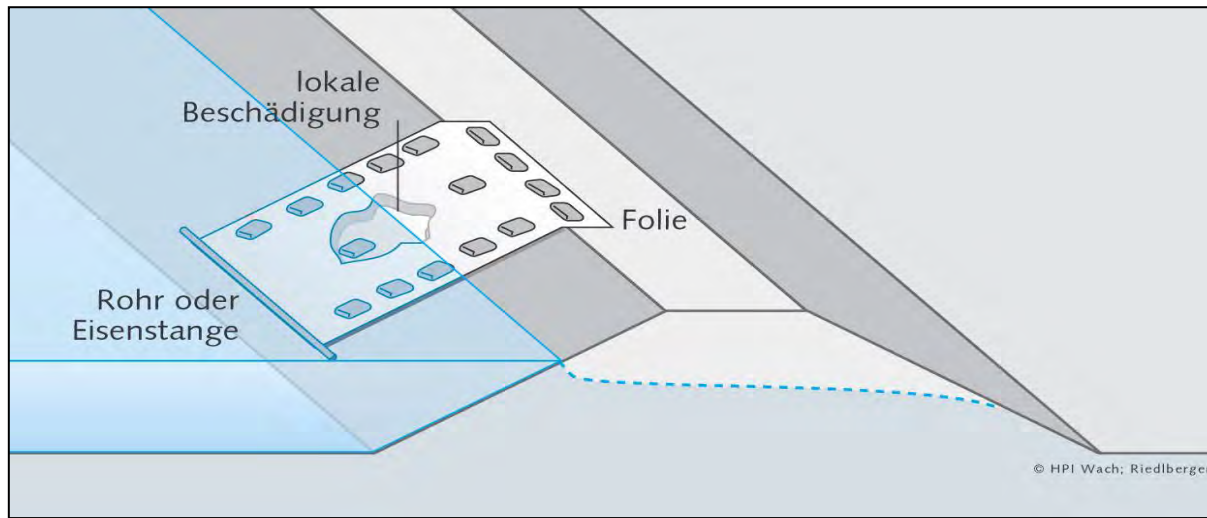
bei flächigen Lösungen
erhebliche Vorlaufzeit
erforderlich

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

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)

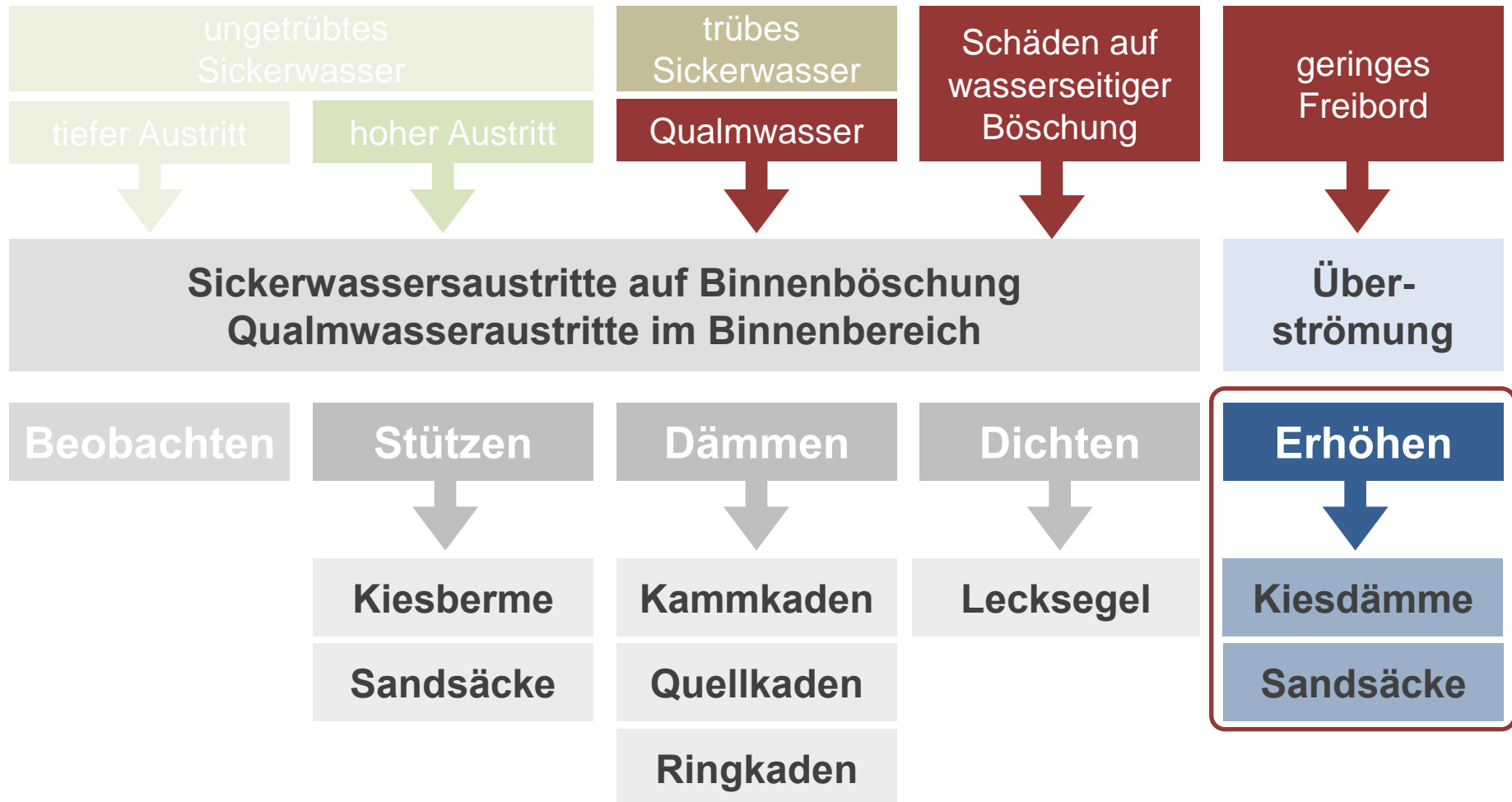
Probleme

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



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



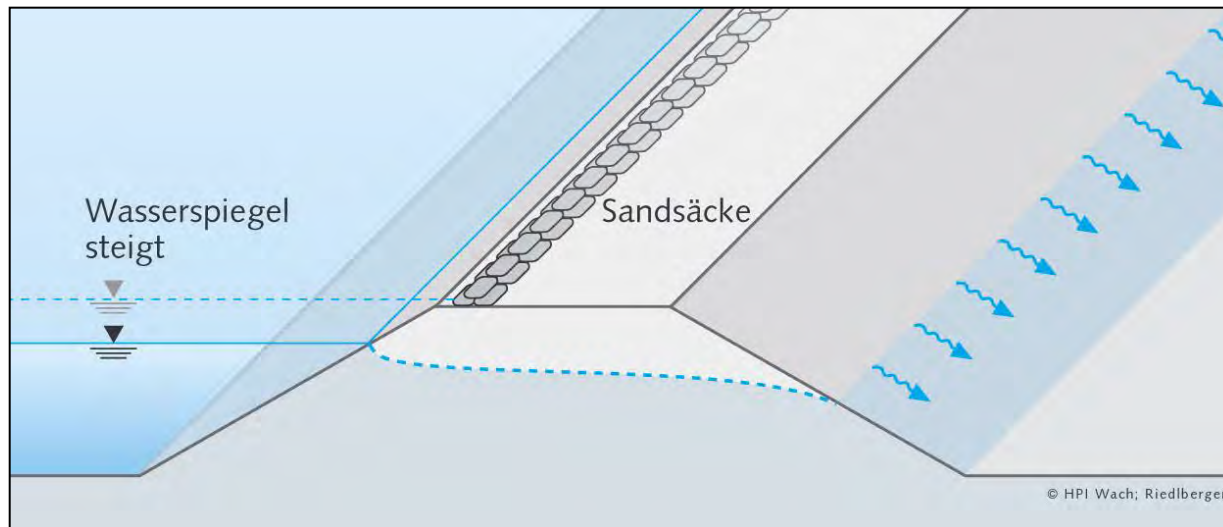
Technik

Aufkudung
(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!

Aufkadung



Technik

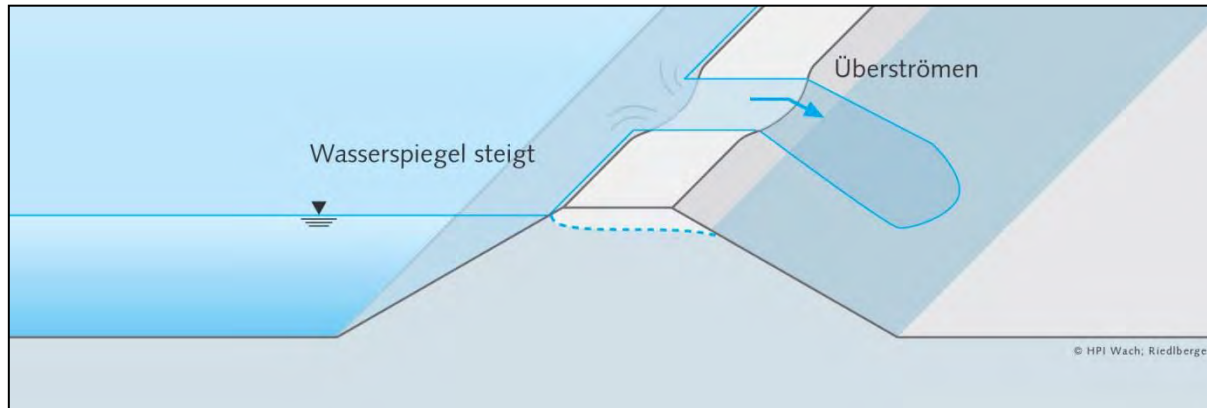
Aufkadung
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler
Schwachstellen**

Probleme

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

Ausgleich von Schwachstellen



Technik

Aufkudung
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler
Schwachstellen**

Probleme

Ausgleich von Schwachstellen



Technik

Aufkantung
(Sandsackverbau, Kies)

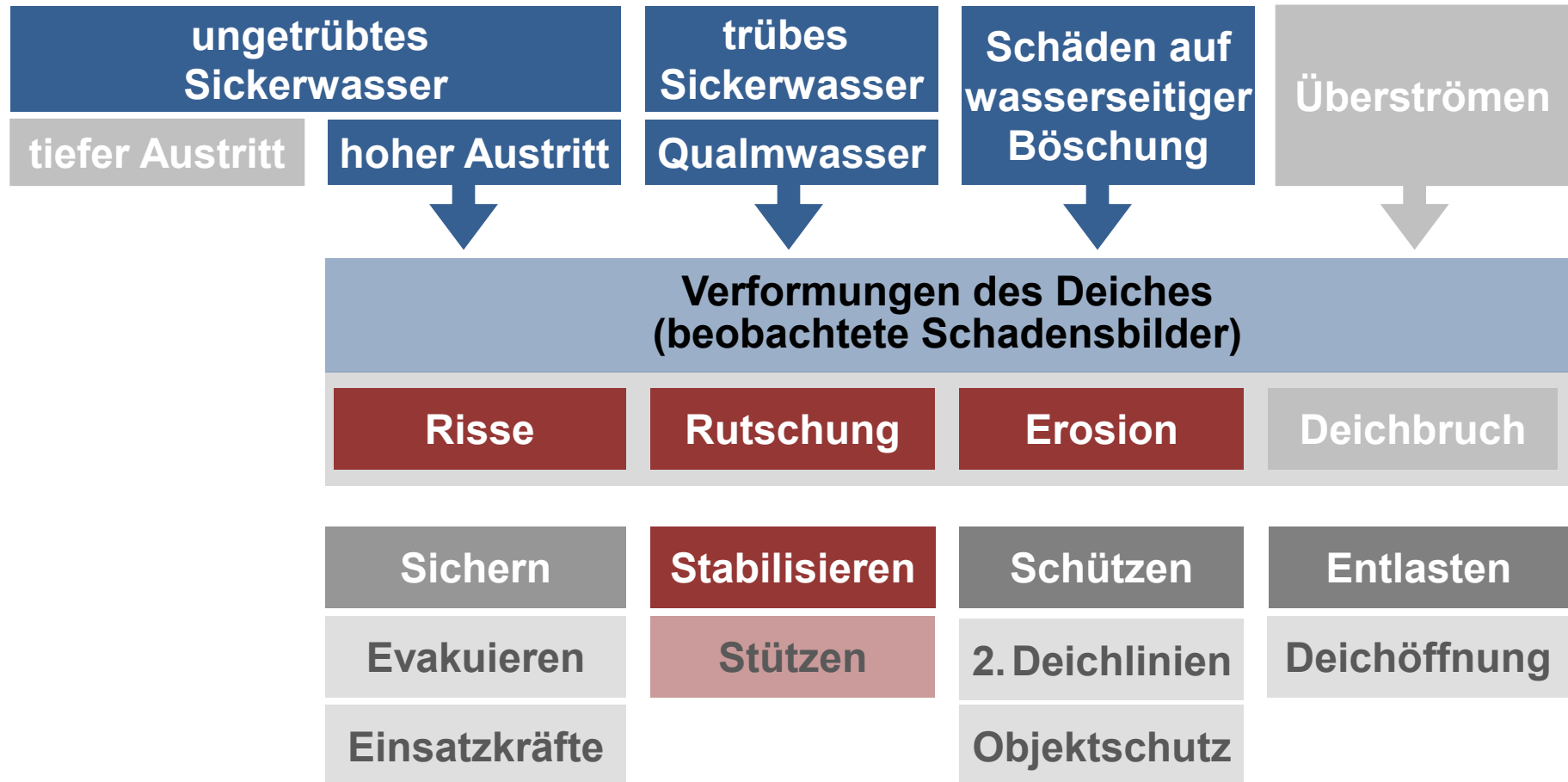
**Ausgleich lokaler
Schwachstellen**

Probleme

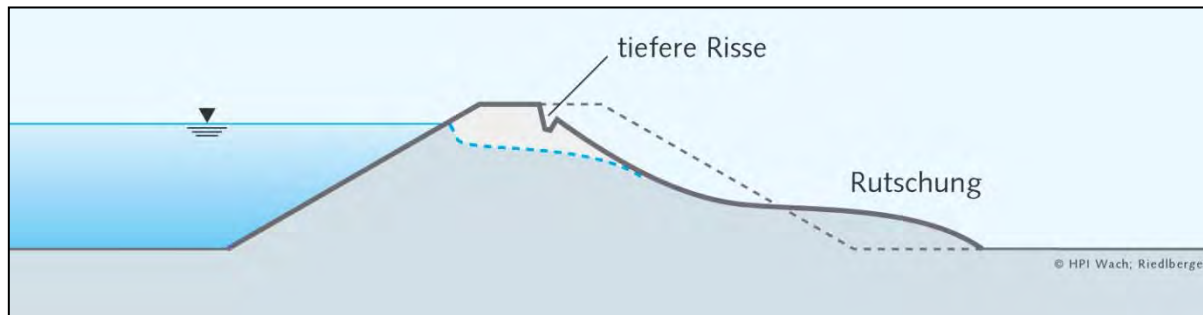
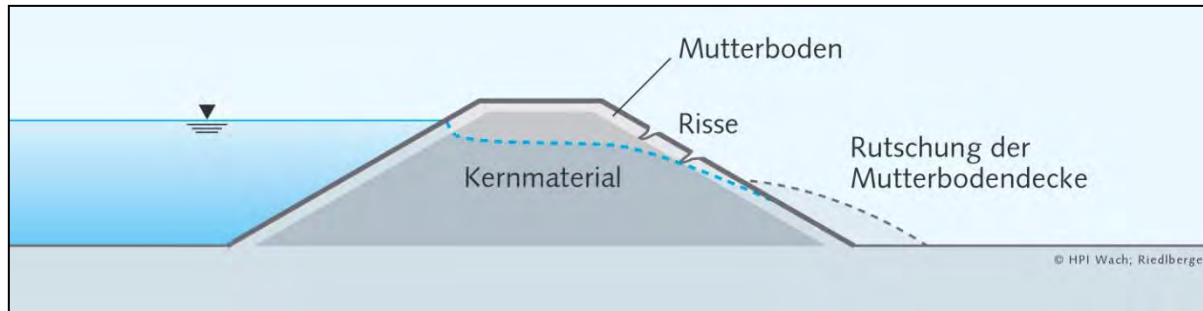
Resiliente Bauweisen



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



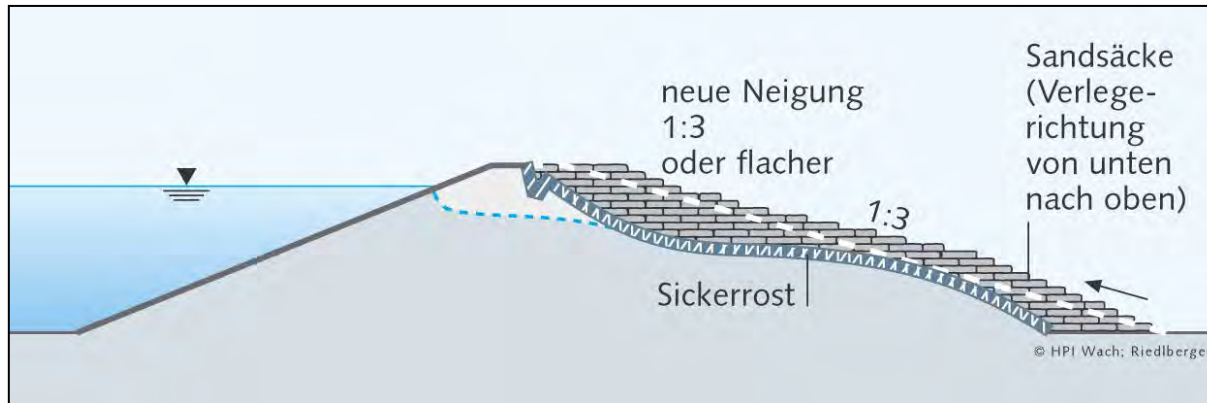
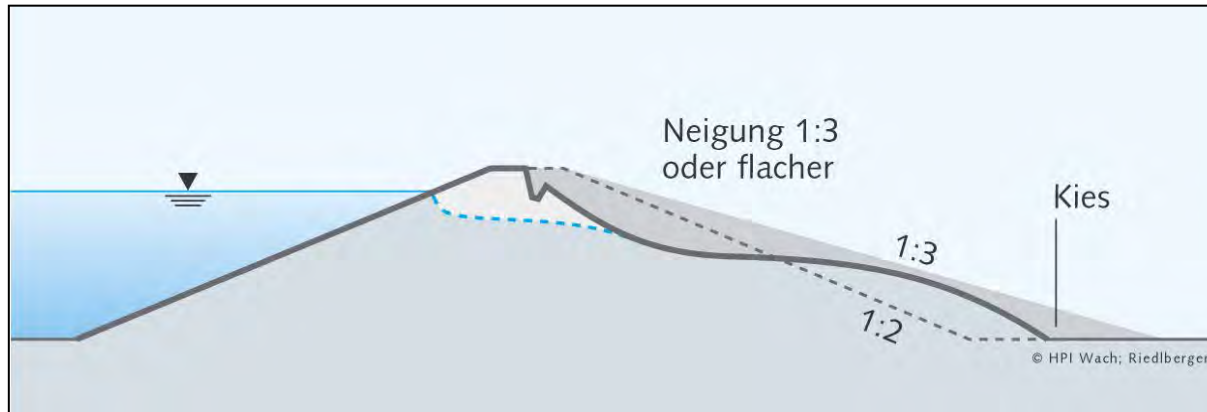
Technik

Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: **global**

Verbau von Binnenböschungen



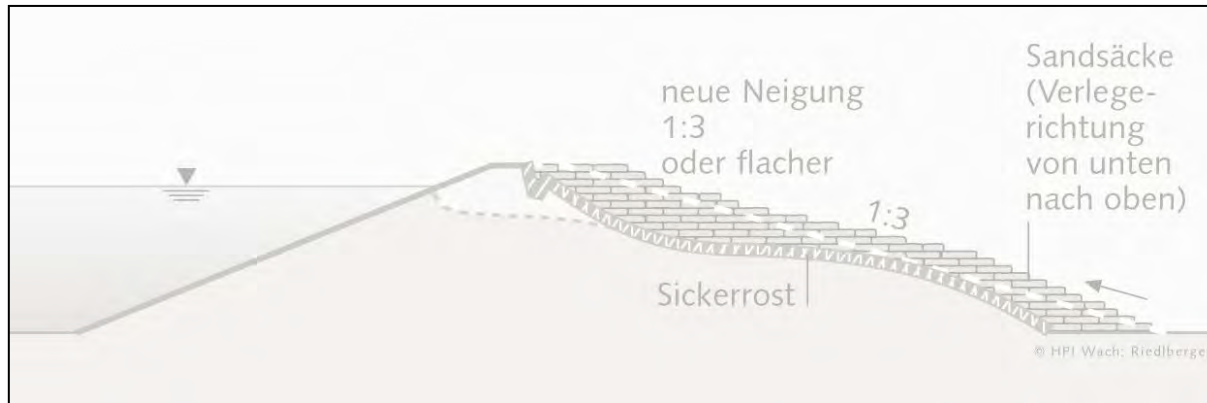
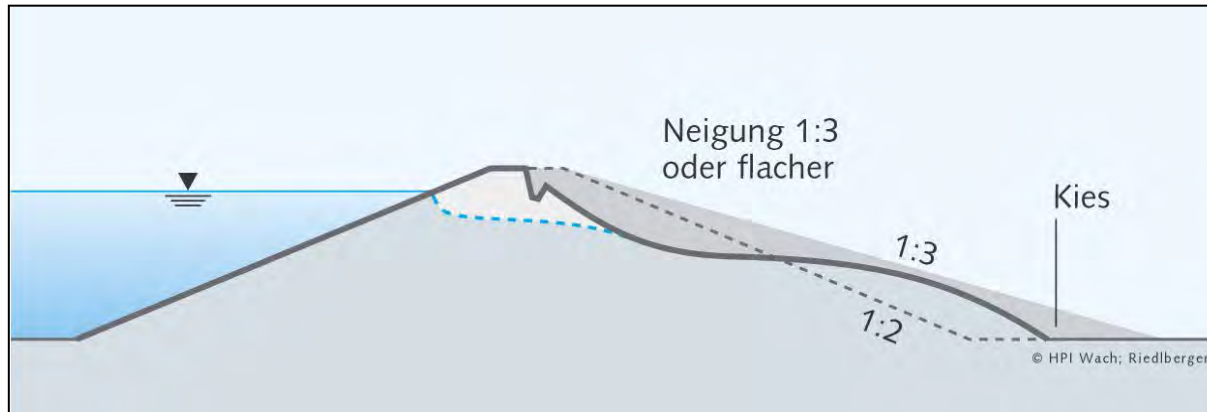
Technik

Stützverbau : Kies

Stützverbau: Sandsäcke

Probleme

Verbau von Binnenböschungen



Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

Probleme

Materialverfügbarkeit

Materialeignung (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

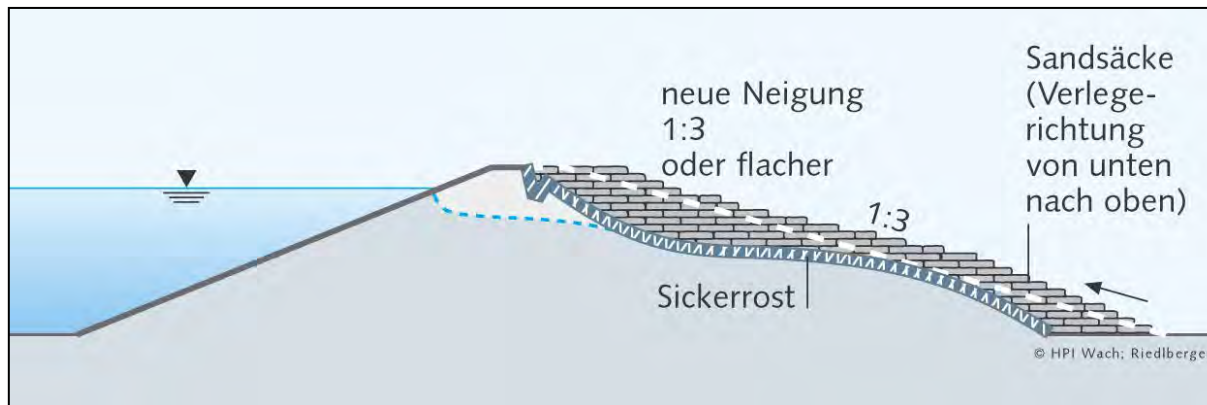
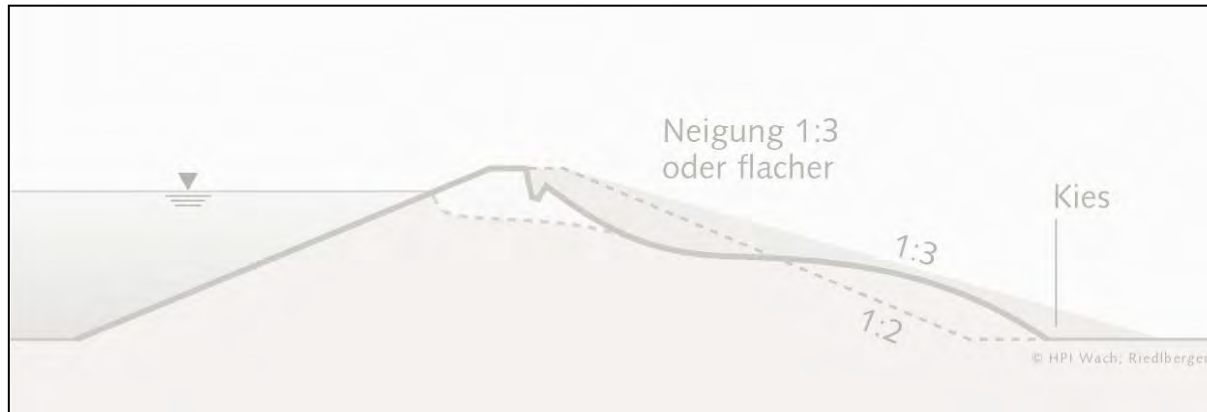
Materialverfügbarkeit

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

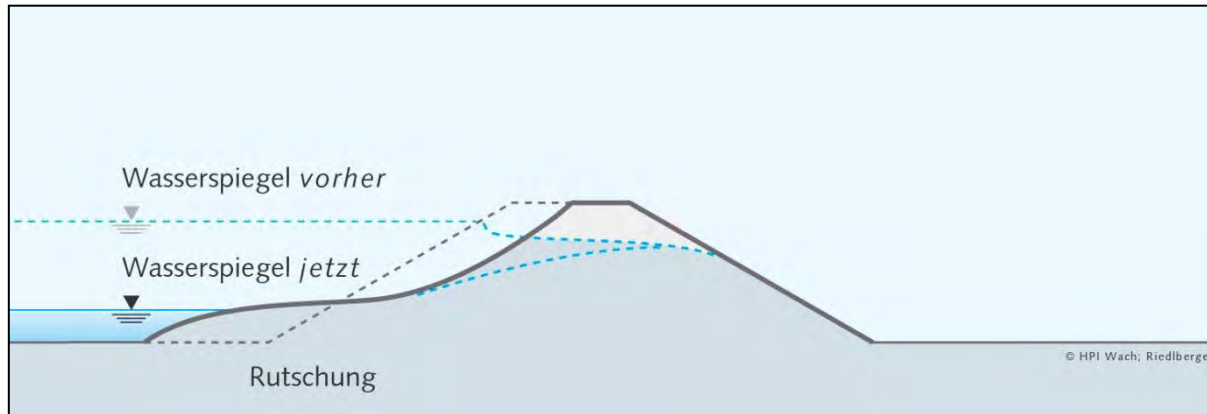
Stützverbau: Sandsäcke

Probleme

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



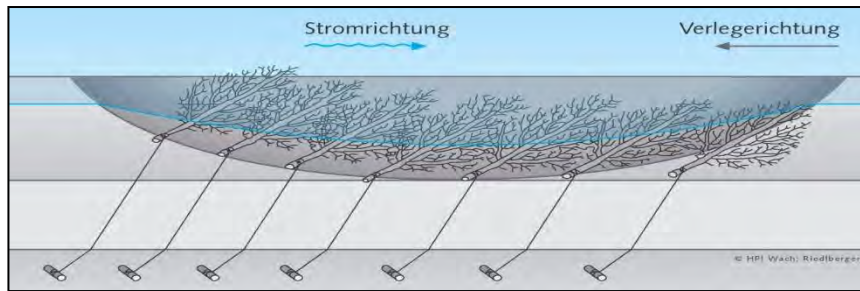
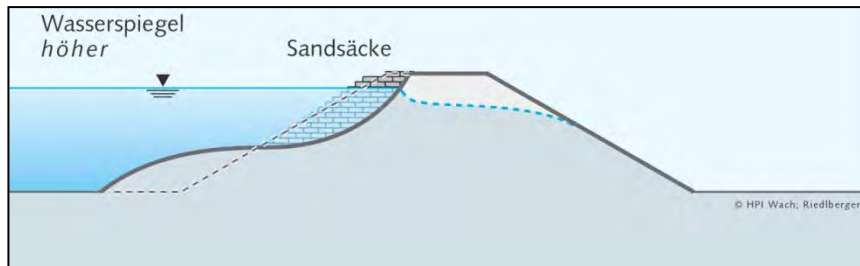
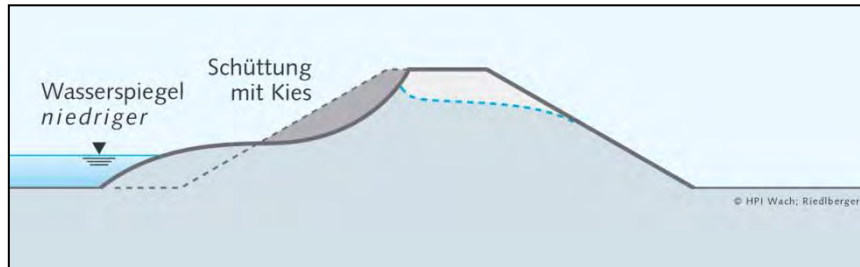
Technik

Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen

Probleme

Kritisch bei
**mehrschkeitigen
Hochwasserwellen** oder
prognostizierten
Folgeereignissen

wasserseitiger Böschungsbruch



Technik

Einwurf von Kies und/oder
Sandsäcken

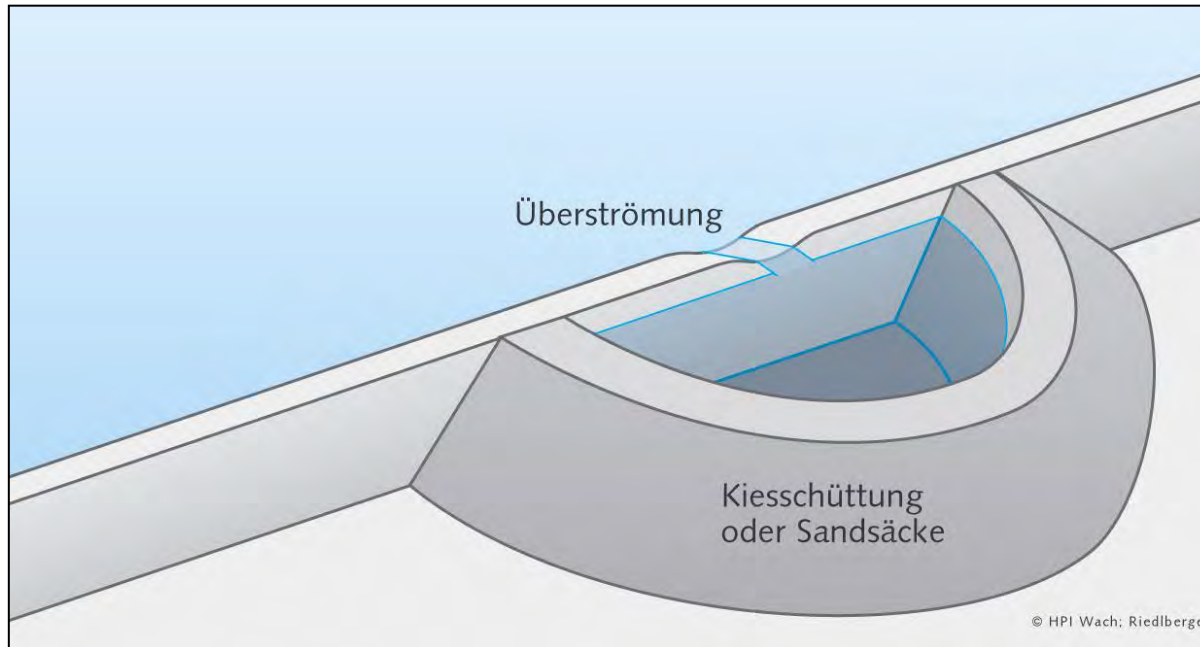
Einsatz von Raubäumen

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

