



risikohochwasser
gemeinsam**handeln**

Deichverteidigung

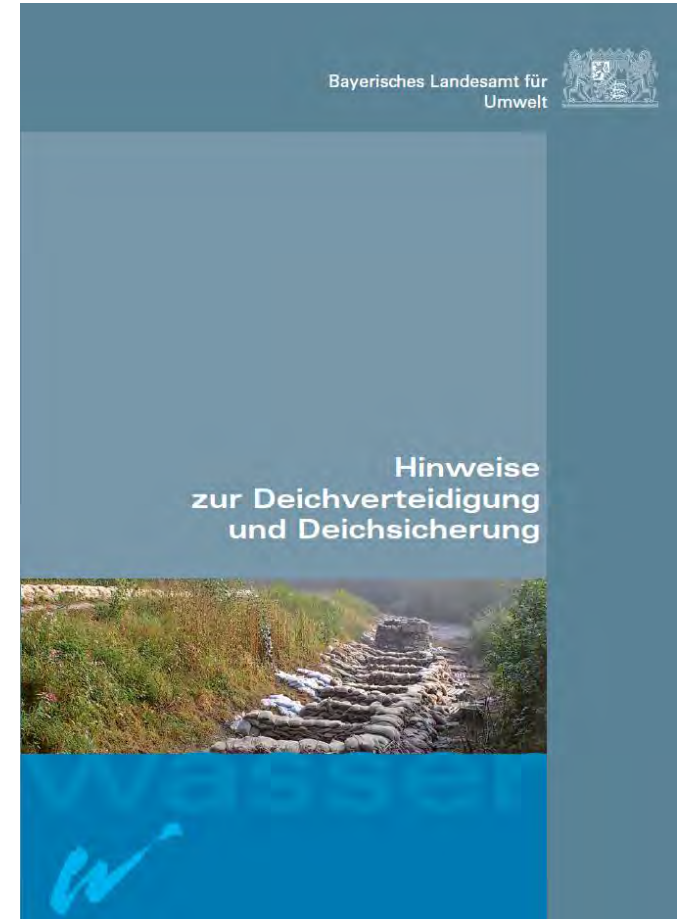


Grundlagen

**LfU-Leitfaden:
Hinweise zur Deichverteidigung
und Deichsicherung
2. Aktualisierte Auflage 2010**

**kostenloser download:
<http://www.bestellen.bayern.de>**

**Fachliche und rechtliche
Grundlagen**



Grundlagen

Schruhl / Paulus:
Einsatztaschenbuch Hochwasser
Notsicherung von Flussdeichen,
Stauhaltungsdämmen und kleinen Staudämmen
2013





Organisation Deichverteidigung - Rechtliche Grundlagen

■ Wassergesetze (BayWG /WHG) Art. 50 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) Art. 1 BayFwG

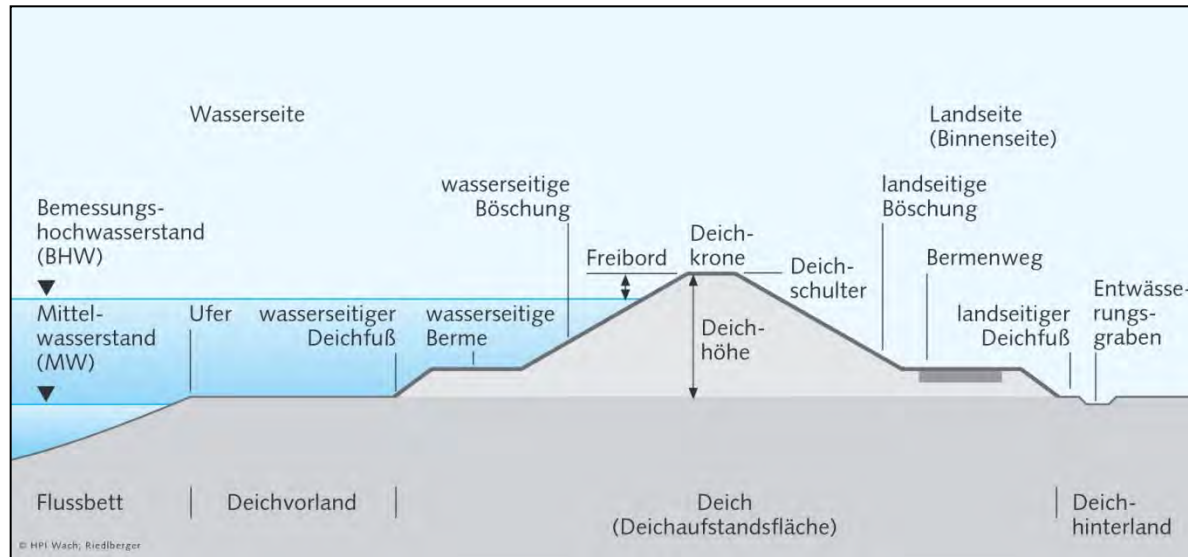
Gemeinden haben als Pflichtaufgabe im eigenen Wirkungskreis dafür zu sorgen, dass [...] ausreichende **technische Hilfe bei sonstigen Unglücksfällen oder Notständen** im öffentlichen Interesse geleistet wird (technischer Hilfsdienst).

■ Einzelregelungen im Planfeststellungsbescheid





Begriffsdefinition für Flussdeiche (DIN 19712)



Deichsicherheit

Standssicherheit
(Nachweise für definierte
Versagensformen)

Zustand

wichtig sind dabei

- Bautechnik, Material
- Verteidigungsweg
- Profilabmessung
- Binnenentwässerung
- Bauwerke, Gehölze

Deichbautechniken

Einheits-
deiche

Oberflächendichtungen
mineralisch technisch

Innen-
dichtungen





HW 2005 Isar (geöffneter Polderdeich bei Gaden)

Foto: LfU

Beispiel

Einheitsdeich

- Querschnitt durch einen geöffneten älteren Einheitsdeich

Probleme

- Altdeiche sind häufig aus sehr durchlässigen Material aufgebaut und erfüllen die heutigen Anforderungen an die Standsicherheit im allgemeinen nicht

Deichbautechniken



Sanierung der Isardeiche im Stadtgebiet Freising

Foto: Wasserwirtschaftsamt München

Beispiel

Oberflächendichtung

- Deichsanierung durch wasserseitige Vorschüttung einer mineralischen Dichtung

Vorteil

- Reduzierung der Durchsickerung
- standsichere Deichböschungen

Deichbautechniken



Innendichtungen
Iller bei Sonthofen
Donau bei Vohburg
Foto: LfU, WWA Kempten



Beispiel

Innendichtungen

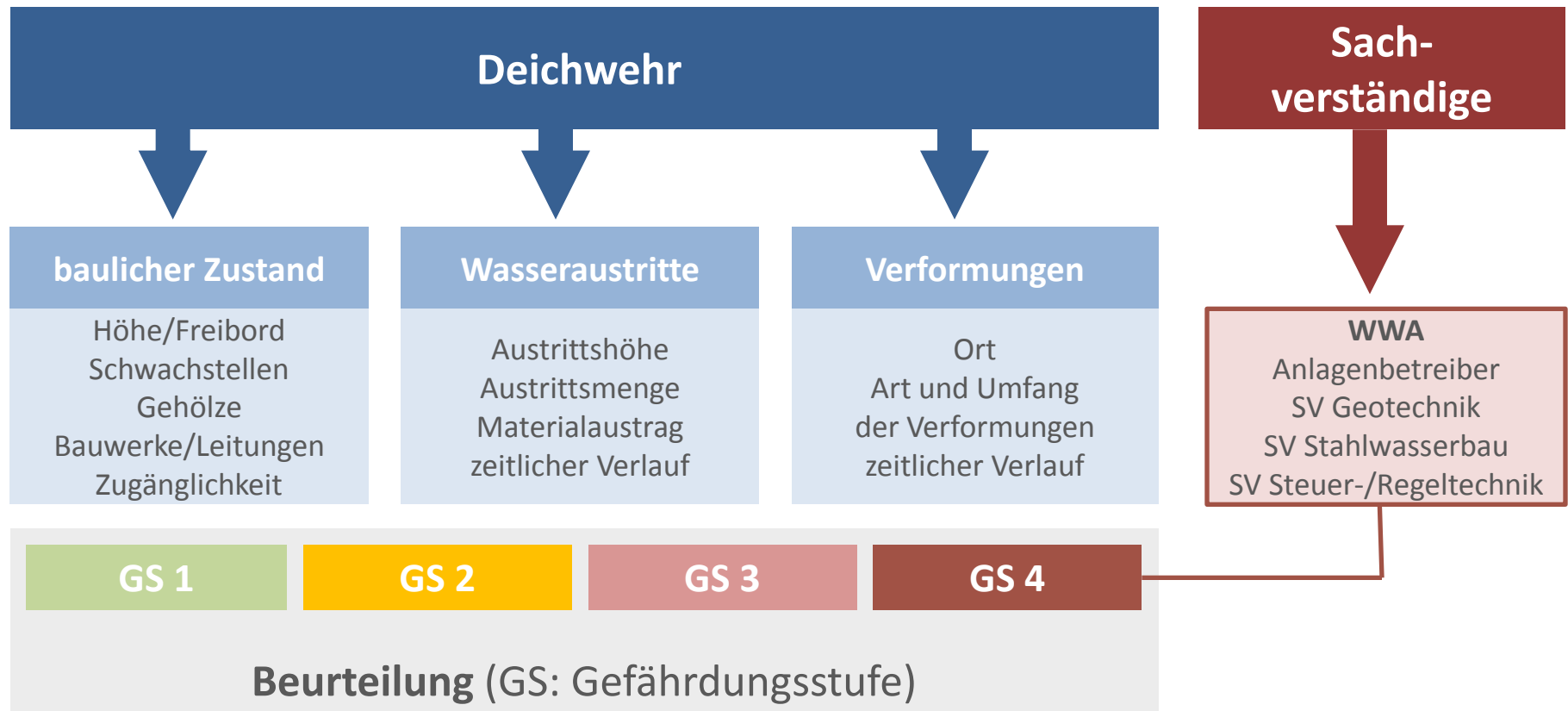
- Spundwand
- MIP/FMI-Verfahren
- Schmal-/Schlitzwand

Vorteil

- Deiche mit statisch wirksamen Innendichtungen erhöhen die Sicherheit bei Überströmung der Deichkrone



Beobachtungs- und Entscheidungskriterien





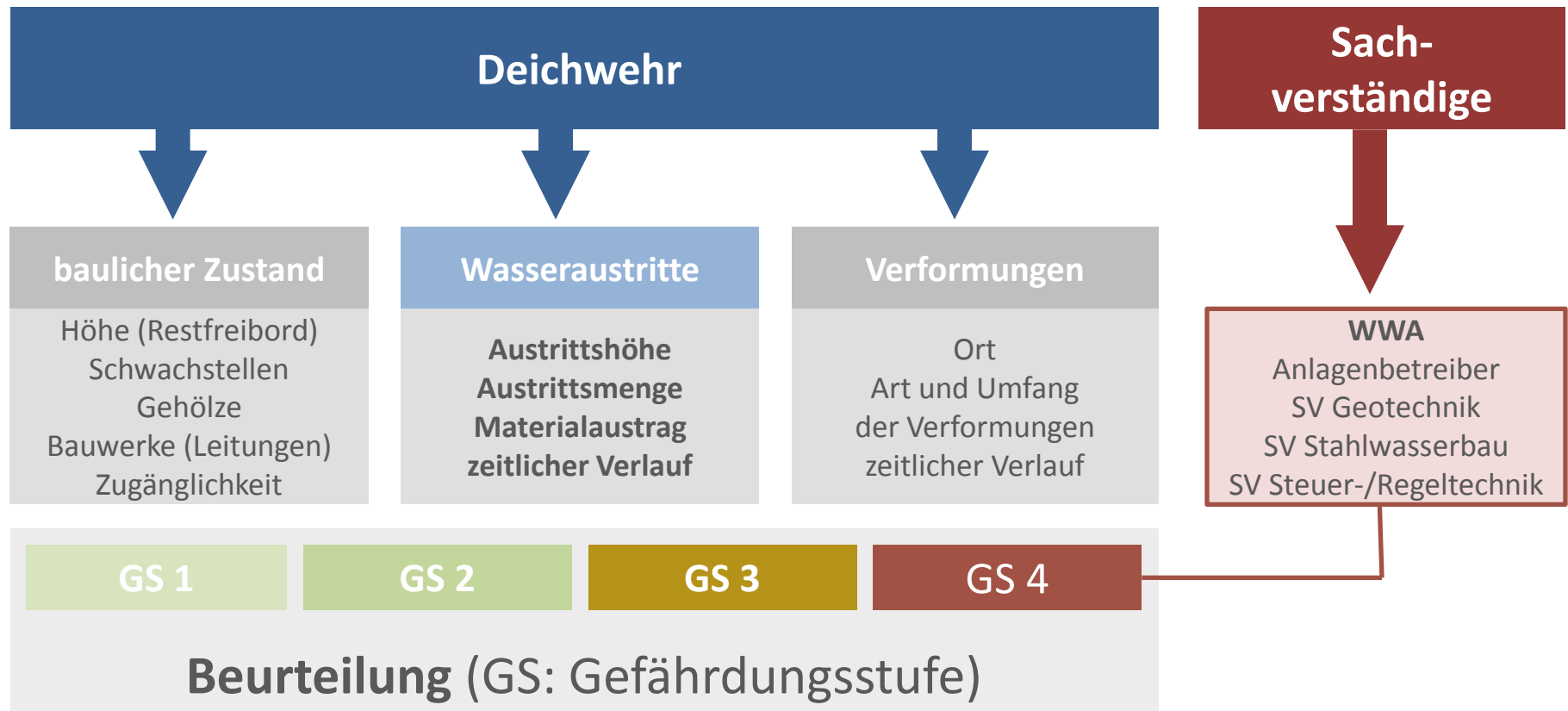
Gefährdungsstufen (GS)

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

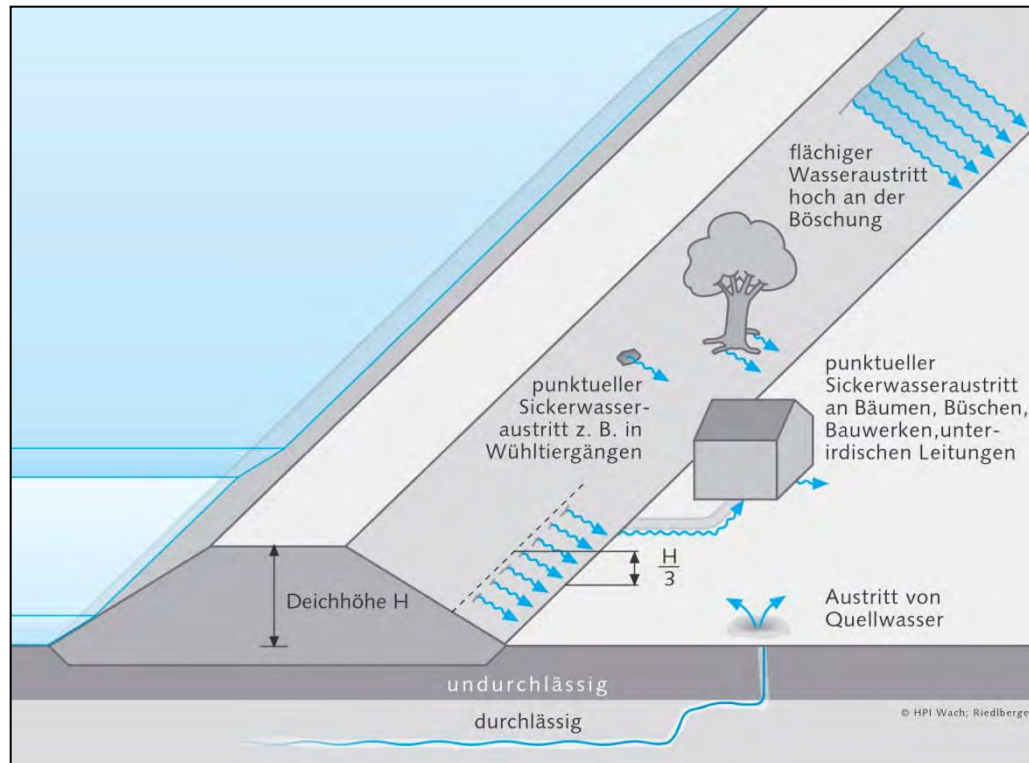




Drängewasseraustritte



Definitionen



Sickerwasser

- der Schwerkraft unterliegende Durchsickerung oberhalb der Sickerlinie

Sickerlinie

- obere Grenze des gesättigten Bodens („Null-Potentiallinie“)
- auf Böschungen austretendes Wasser (Kuverwasser)

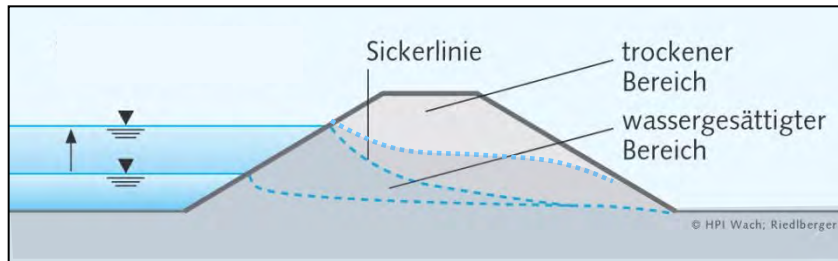
Drängewasser

- Deich u. Untergrund durchströmendes Wasser unterhalb der freien Sickerlinie

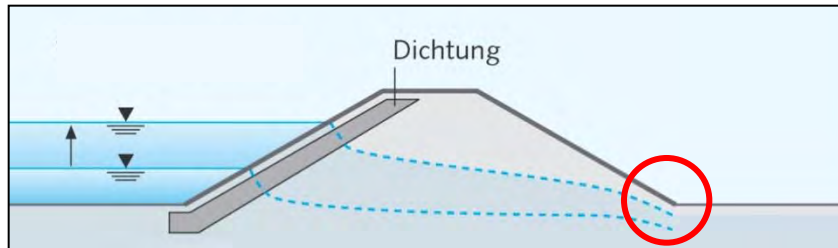
Quell-/Qualmwasser

- binnenseitig austretendes Drängewasser.
Qualmwasser → getrübt!!

Sickerlinienanstieg bei steigendem Wasserspiegel

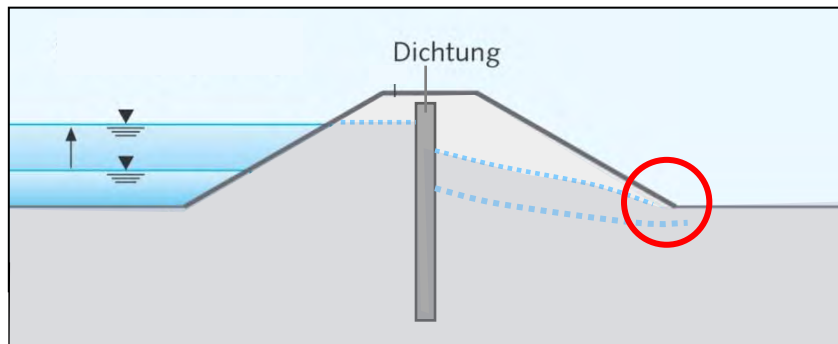


Einheitsdeich
hoch liegende
Sickerlinie



Dichtungen

abgesenkte
Sickerlinie
Austritt im
unkritischen
unteren
Böschungsdrittel



ungefährlich

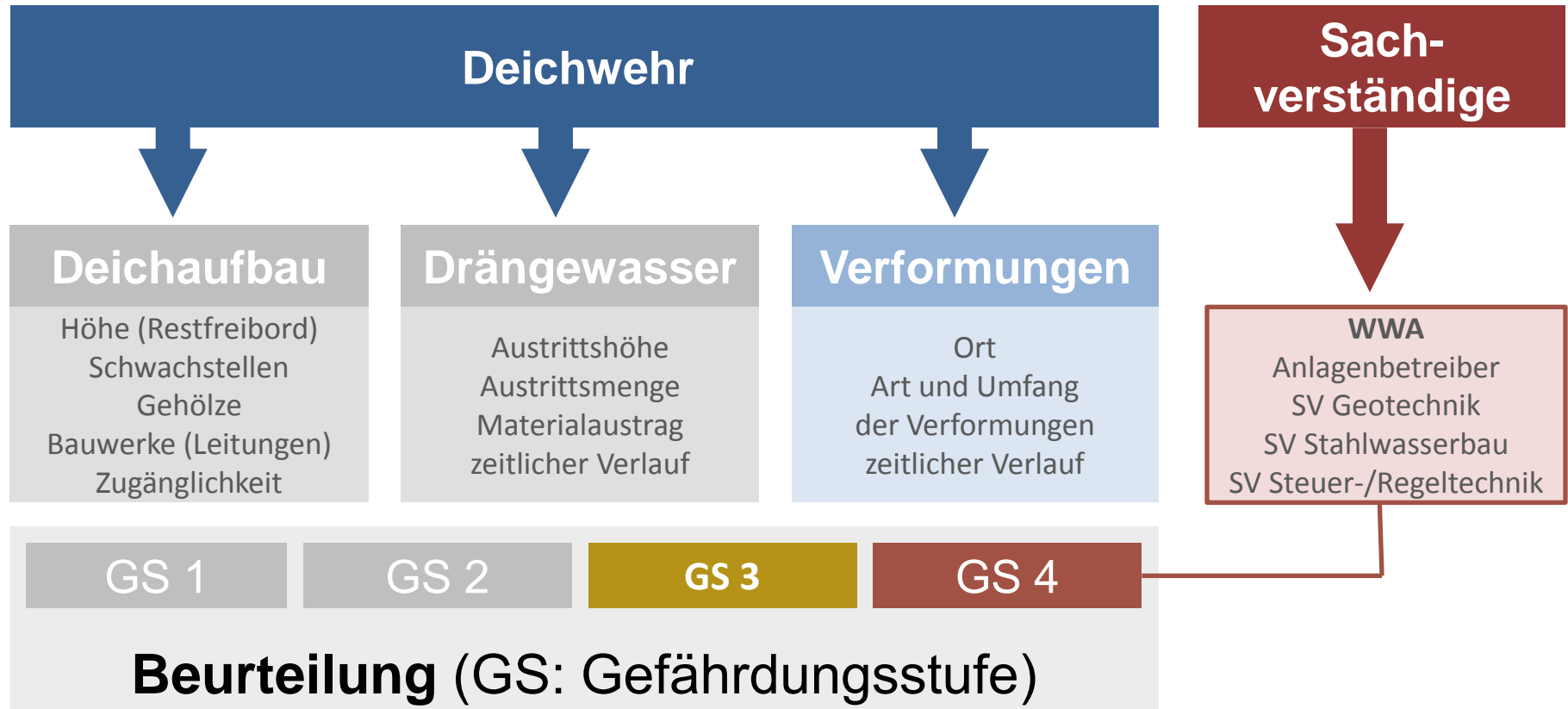
● geringe und klare
Sickerwasseraustritte
(auch flächig) im unteren
Böschungsdrittel bei
Stand sicheren Deichen

kritisch sind

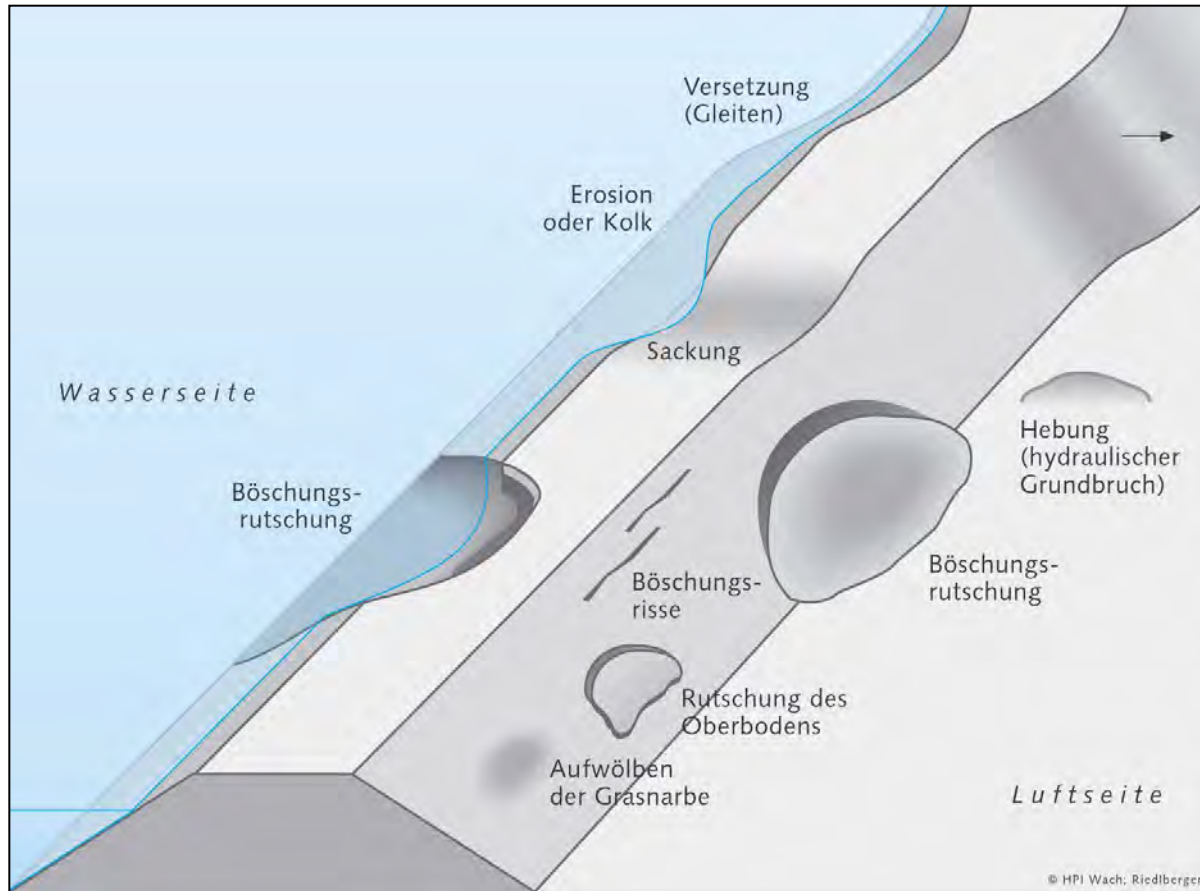
- steile Böschungen
- Materialaustrag
- lokale starke Austritte (Röhren)
- langer Einstau
- hohe Austrittsstellen



Verformungen



Verformungen



binnenseitige Böschung

- Böschungsrutschung
- Oberbodenrutschung
- Aufwölben
- Böschungsrisse
- Gleiten

Krone

- Setzungen

wasserseitige Böschung

- Böschungsrutschung
- Erosion oder Kolk
- Gleiten

Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit

● Gehölze: Windwurf, Kontakt-/Oberflächenenerosion



Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit

- Wühltiere: Erosionsröhren, Einbrüche („Biberkaverne“)

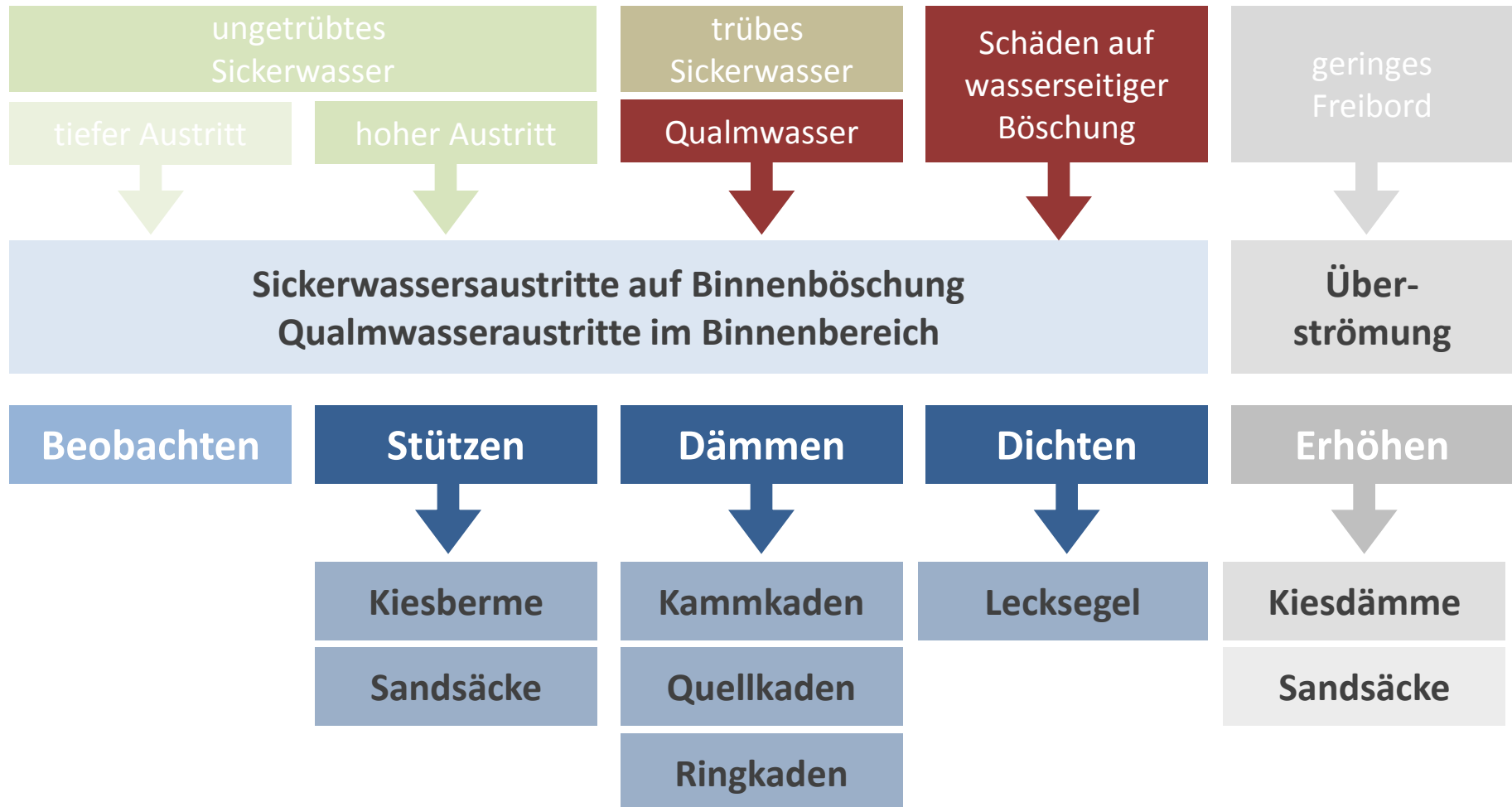


Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit

● Leitungen: Kontakterosion

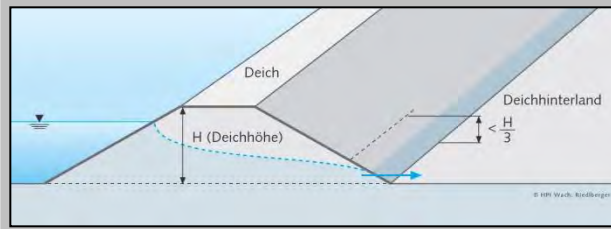


Maßnahmen bei Wasseraustritten

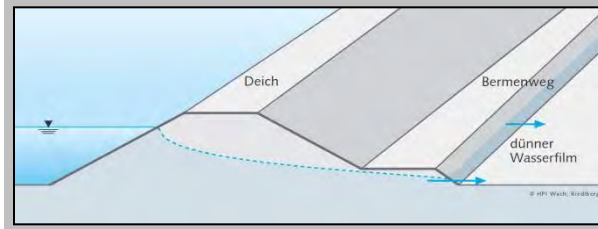


Beobachten

Austritt im unteren Böschungsdrittel



Austritt unterhalb Dränberme



In beiden Fällen ist eine Beobachtung ausreichend

Deiche ohne Dränberme
erfordern evtl. frühzeitige
eingeleitete
Deichverteidigung

Deiche mit Dränbermen
weisen i.A. aus-
reichende Sicherheiten
gegen Versagen auf

klares Sickerwasser
kritisch

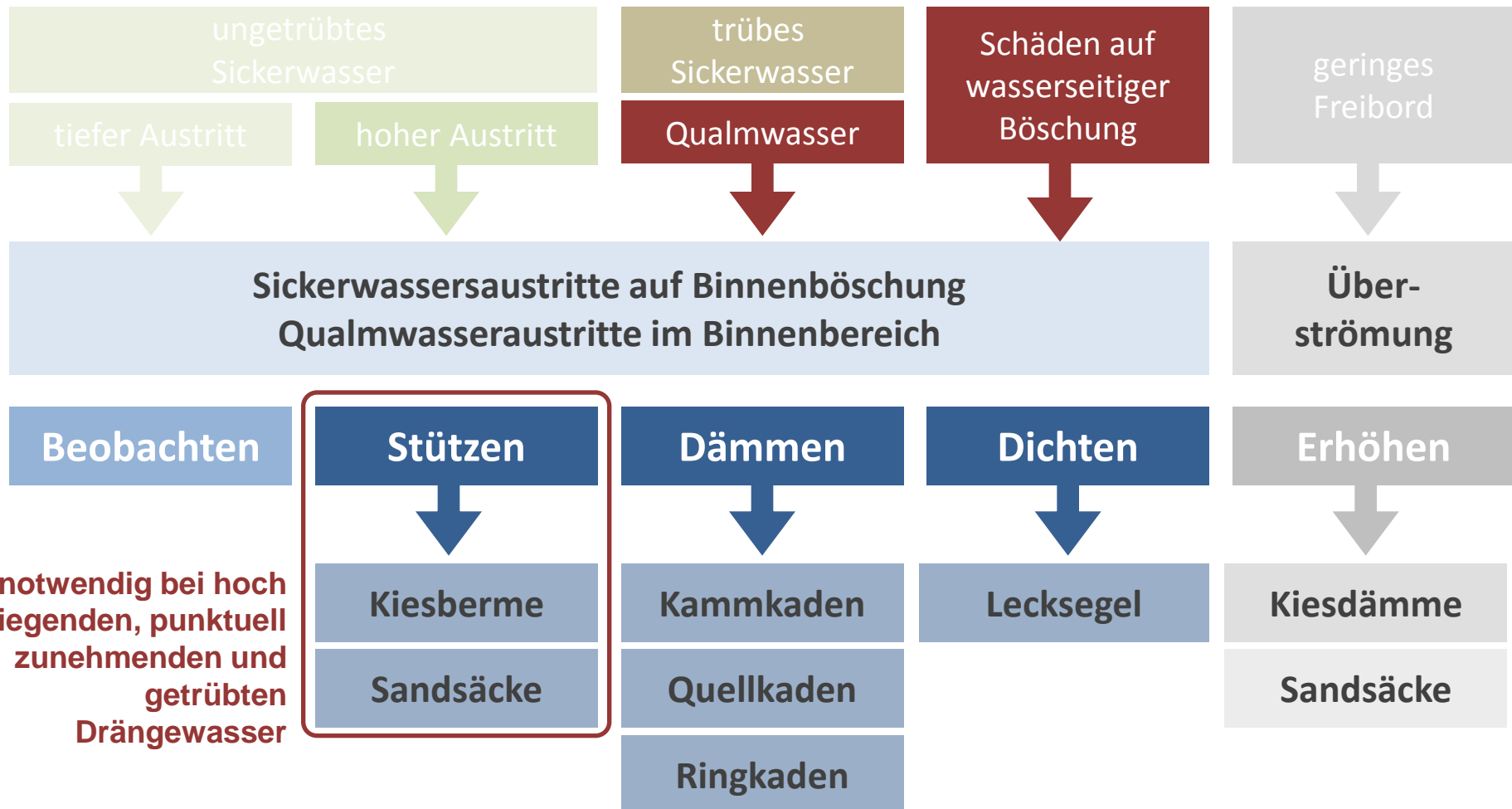
- stark zunehmende Wassermenge
- erwarteter kritischer Scheitel
- nicht standfeste steile Böschungen
- eingeschränkte Zugänglichkeit

Empfehlung

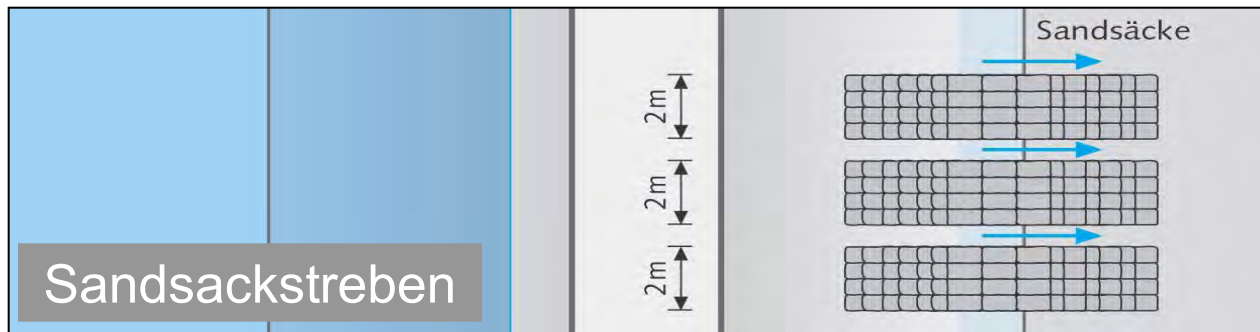
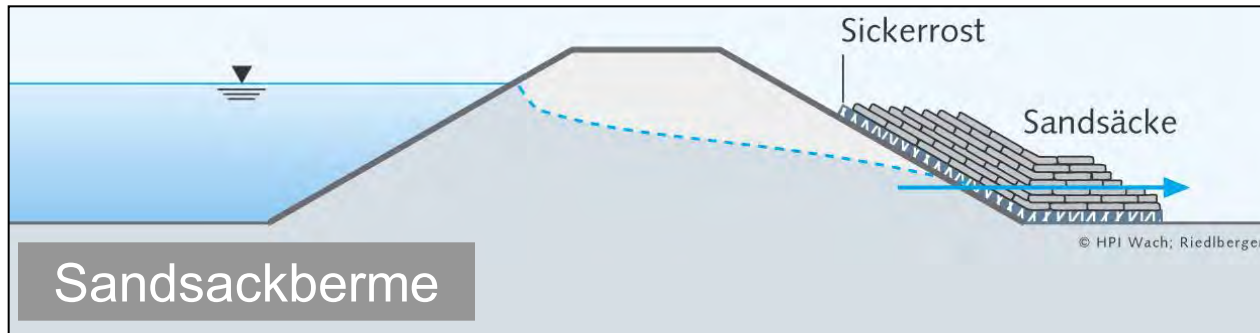
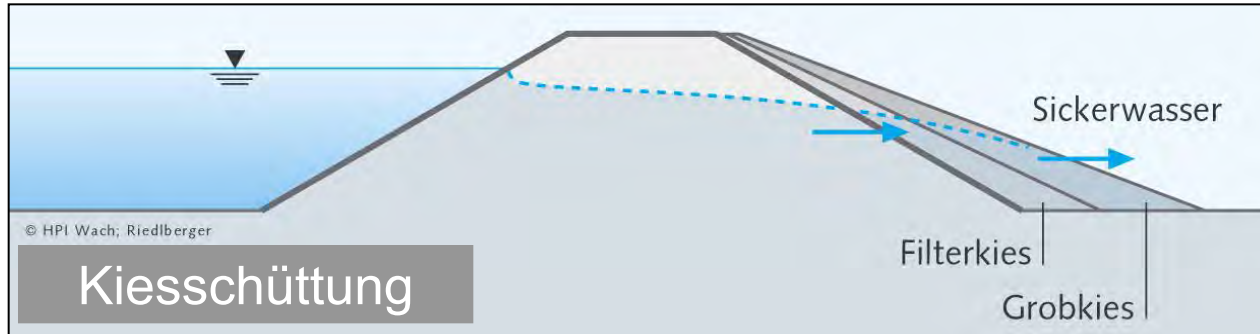
- im Zweifel frühzeitige Deichverteidigung einleiten



Maßnahmen bei Wasseraustritten



Stützen



klares Sickerwasser

Verteidigung

- Auflastdrän aus durchlässigen Kiesen (empfohlen)
- Auflastberme aus Sandsäcken (nur lokal geeignet, Drainage über Sickerrost sicherstellen)
- Sandsackstreben (auch größere Längen, dann aber personal- und materialintensiv)



Stützen: Bermen- und Keilschüttung



Materialverfügbarkeit !!



Stützen: Bermen- und Keilschüttung



... zu hohe Feinkornanteile!

Materialeignung:

- Filterstabilität,
- Umweltverträglichkeit

Stützen: Bermen- und Keilschüttung



**Schwerlastverkehr
muss gewährleistet sein !!**

Stützen: Sandsackberme



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

klares Sickerwasser

Sandsackberme

- Sandsackberme mit Sickerrost
- Verwendung geotextiler Filter i.d.R. nicht erforderlich

Problem

- Wirksamkeit der Dränage fraglich
- Material- und personalintensiv
- nur für kürzere Verbaulängen geeignet

Stützen: Stützstreben



klares Sickerwasser

Sandsackstreben

- Sandsackstreben gewährleisten die Ableitung des Sickerwassers in den Strebenkammern

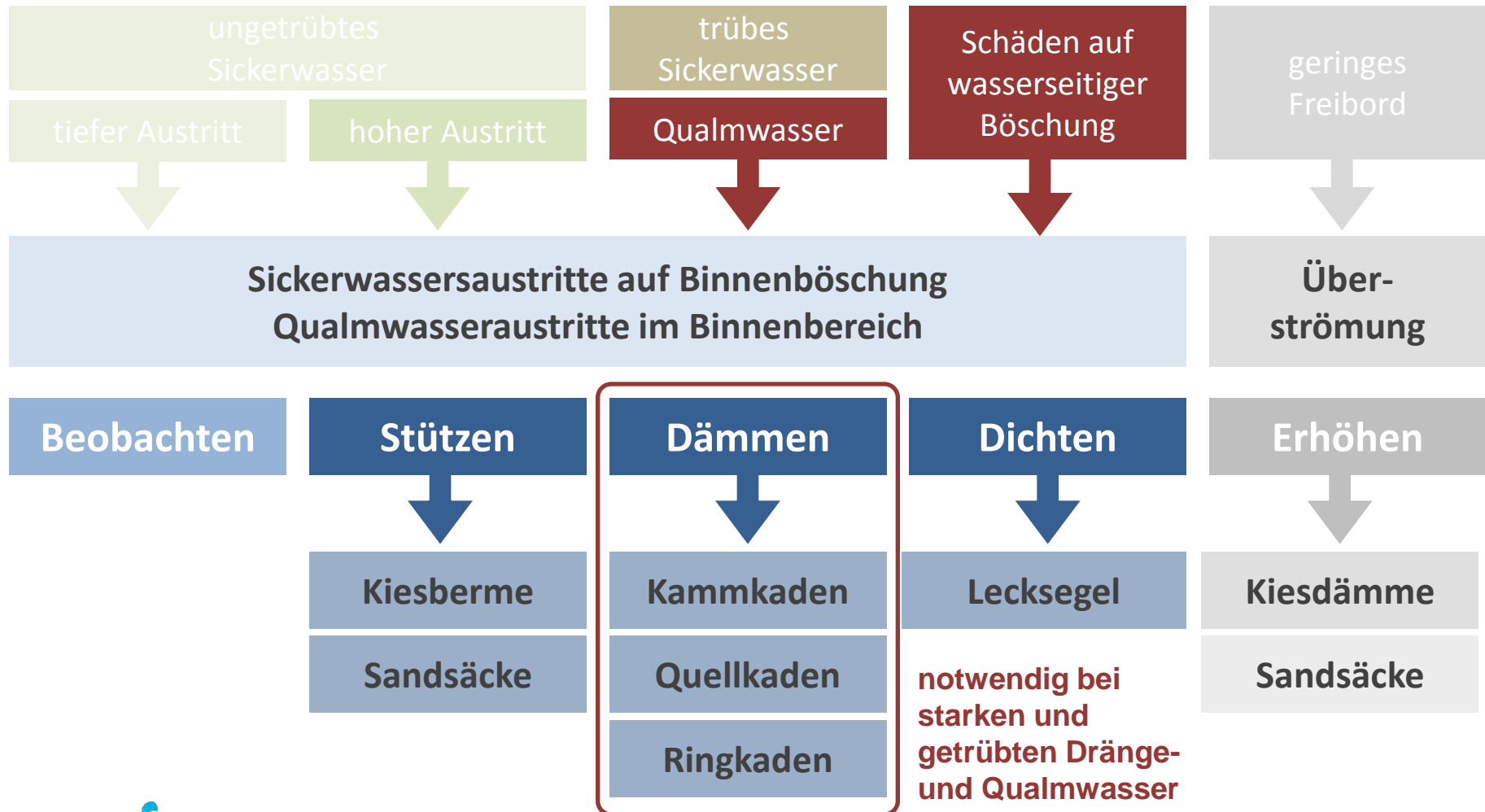
Problem

- sehr material- und personalintensiv

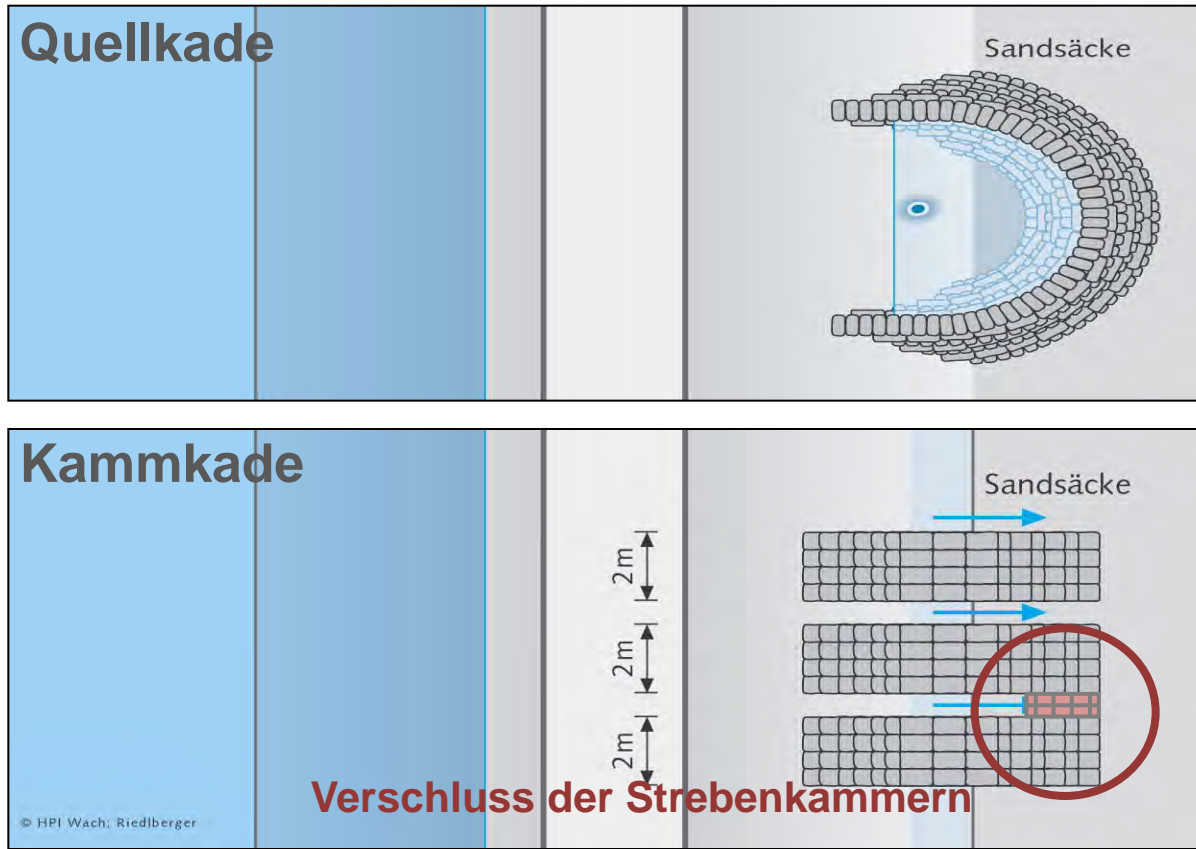
Vorteil

- bauliche Weiterentwicklung (Kammkaden → **Dämmen**)

Maßnahmen bei Wasseraustritten



Quell- und Kammkaden



Materialaustrag auf der Sickerfläche

Verteidigung

- Schüttung von Auflastdräns (eventuell mit geotextilen Filtern) → **Stützen**
- Quellkaden bei lokalen Austritten
- Kammkaden durch Abschluss der Kammern von Sandsackstreben (bei flächigen Austritten)



Quellkaden



Quellkaden



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

Quellkaden



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

Kammkaden



Materialaustrag
auf der Sickerfläche

Kammkade

● Kammkaden zur Stabilisierung der Binnenböschung durch Gegendruck auf die Sickerfläche

Anmerkung

● Foliendichtung ist bei Kamm- und Quellkaden nicht erforderlich

Kammkaden



Materialaustrag
auf der Sickerfläche

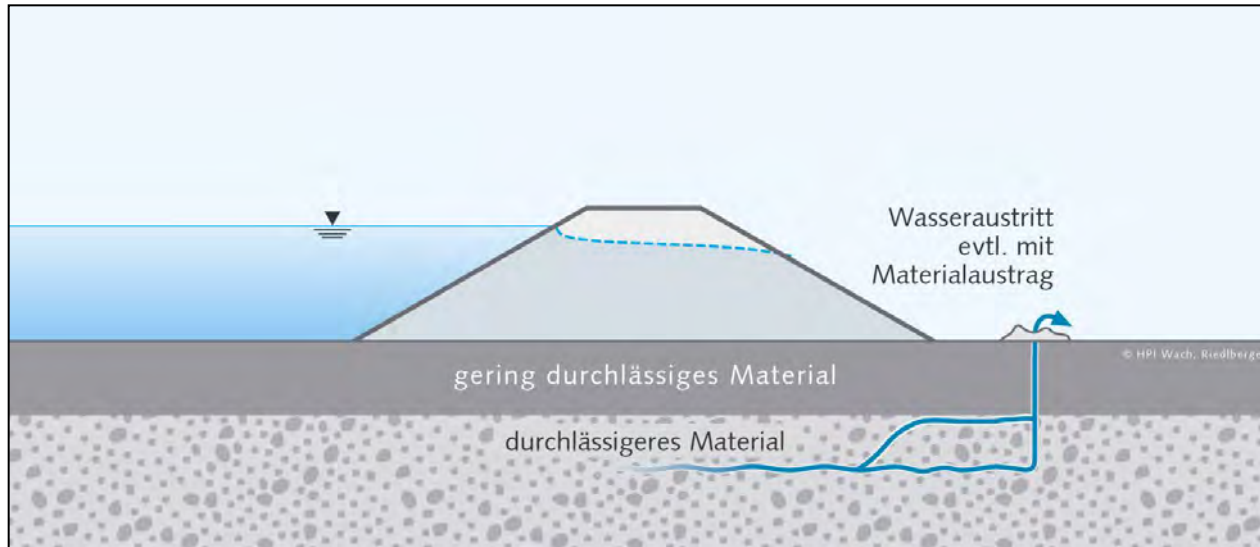
Kammkade

- Eingestaute Kammkade (Füllhöhe rund 1 m)

Problem

- sehr material- und personalintensiv
- Rückbau erforderlich (insbesondere bei Kunststoffsäcken)

Qualmwasseraustritte



rückschreitende Erosion

Erosionsröhren mit
lokalem Materialaustrag



Setzungen
lokale Überströmungen

Auftrieb/Durchströmung

Verflüssigung feinkörnig-
sandiger Böden



hydraulischer
Grundbruch

Qualmwasser

kritisch

- Austritte bis 30 m ab Deichfuß
- Materialaustrag
- feinkörnig-sandige Böden
- starke Zunahme der Wassermenge
- Störung der Deckschicht (Gräben, Mulden, Leitungstrassen)
- Schäden durch Vorereignissen





Qualmwasseraustritte



Qualmwasseraustritte



Qualmwasser

Beispiele

- Austritt unmittelbar am Deichfuß infolge Aufbruch einer geringmächtigen Deckschicht
- massiver Materialaustrag
- grobkörnig-kiesiger Böden
- starke Zunahme der Wassermenge

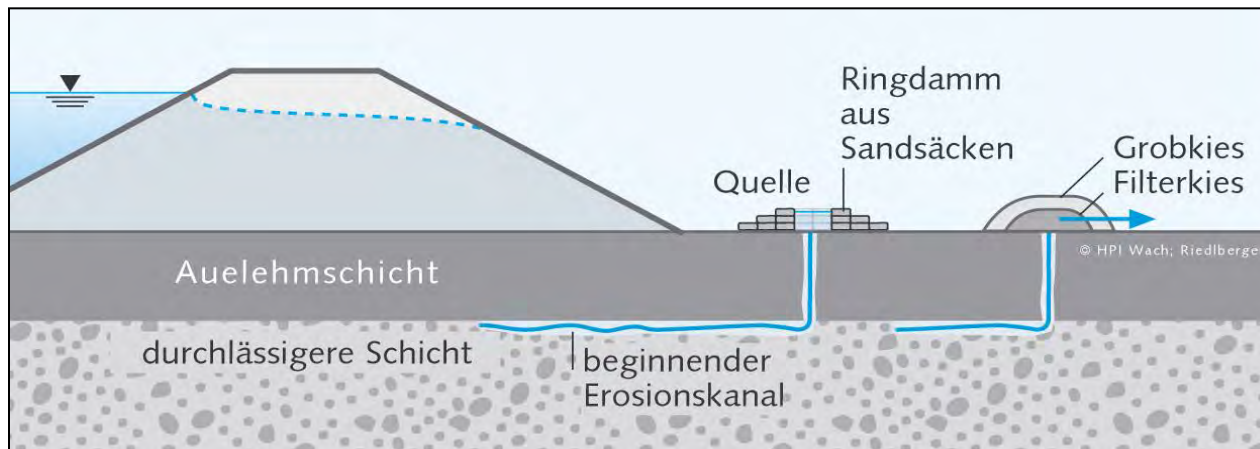


Qualmwasseraustritte



... signifikanter Materialtransport

Qualmwasseraustritte



Qualmwasser

Verteidigung

- Erzeugung eines Gegendruckes durch Ringkaden
- Reduzierung des Materialaustrag durch filterstabile Auflastschüttung (bei Feinteilen eventuell zusätzlich geotextile Filter verwenden)

Qualmwasseraustritte



Qualmwasser

Ringkade

- Aufbau bis Versiegen der Austritte
- Sandsackkade (Öffnung zum Quelltrichter)
- Alternativ: Schachtringe

Problem

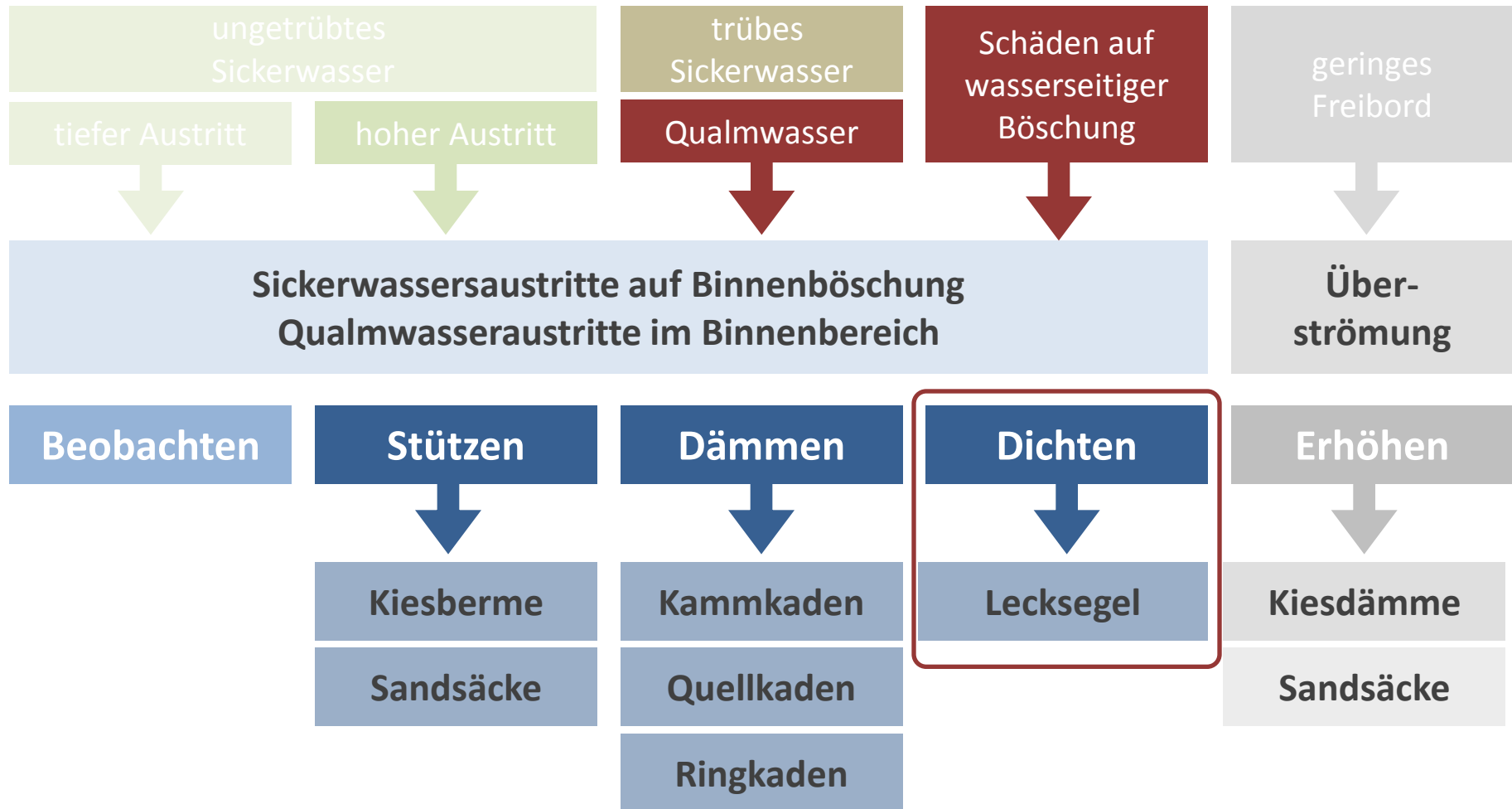
- Neubildung durch hoher hydraulischer Gradienten möglich

Alternative zum Sandsackverbau: Aufsatzrohre

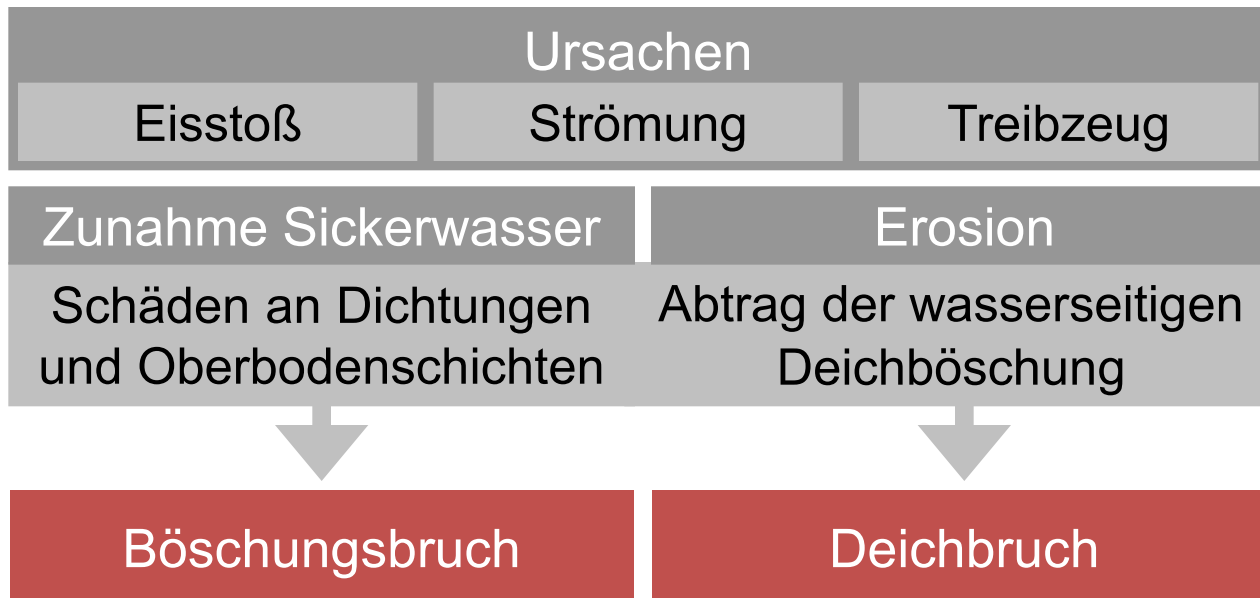
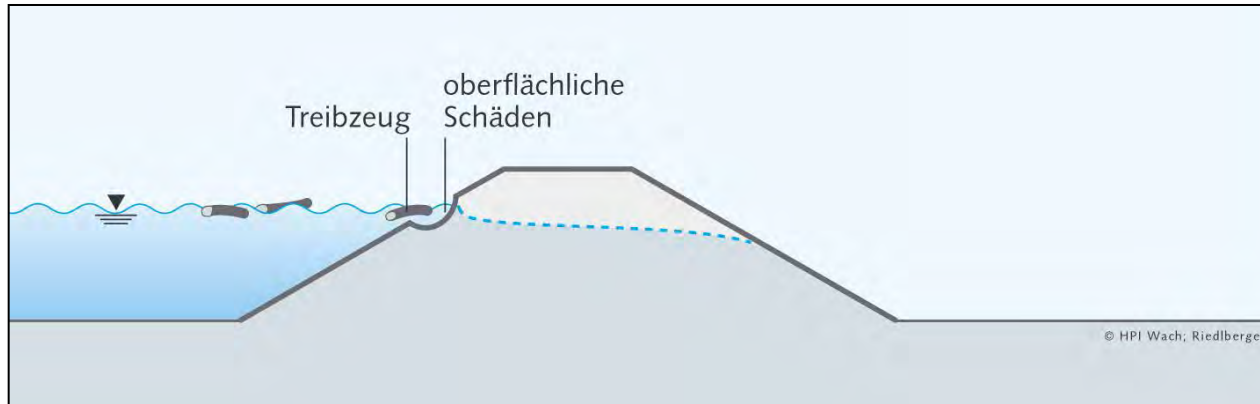




Maßnahmen bei Wasseraustritten



Dichten



Wasserseitige Böschungsschäden

kritisch

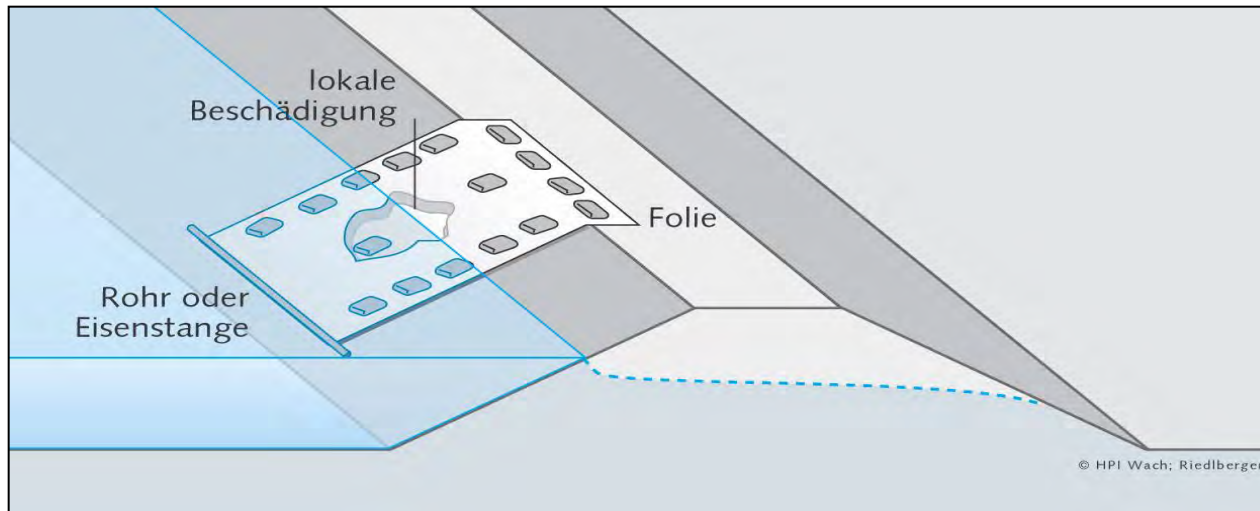
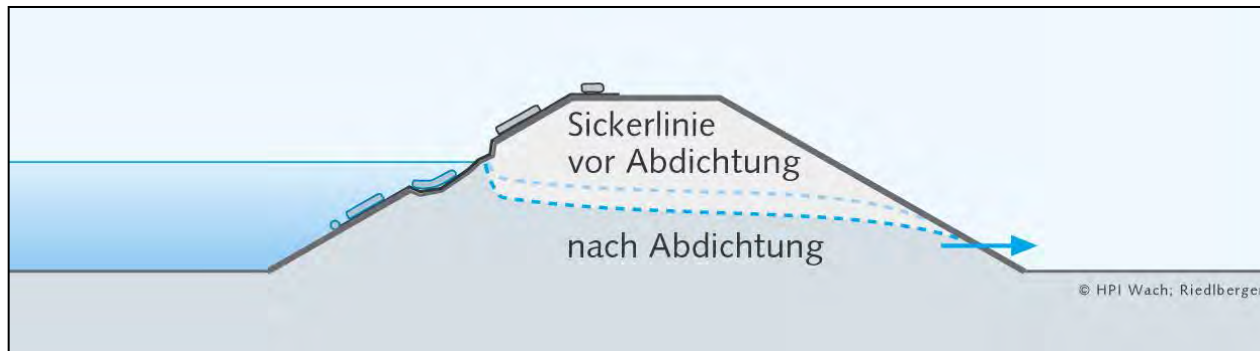
- dünnwandige Oberflächendichtungen
- Strömungsangriff
- Auskolkungen
- zusätzliche Gefahrenpunkte (Bäume, Leitungen)



Ursachen



Leckagesiegel



Wasserseitige Böschungsschäden

Verteidigung

- beschwerte Dichtungsfolie
- Fixierung mit Sandsäcken
- größere Schadensstellen mit Sandsäcken auswerfen (Folie anpressen)

Problem

- Schäden unterhalb Wasserspiegel



Leckagesegel

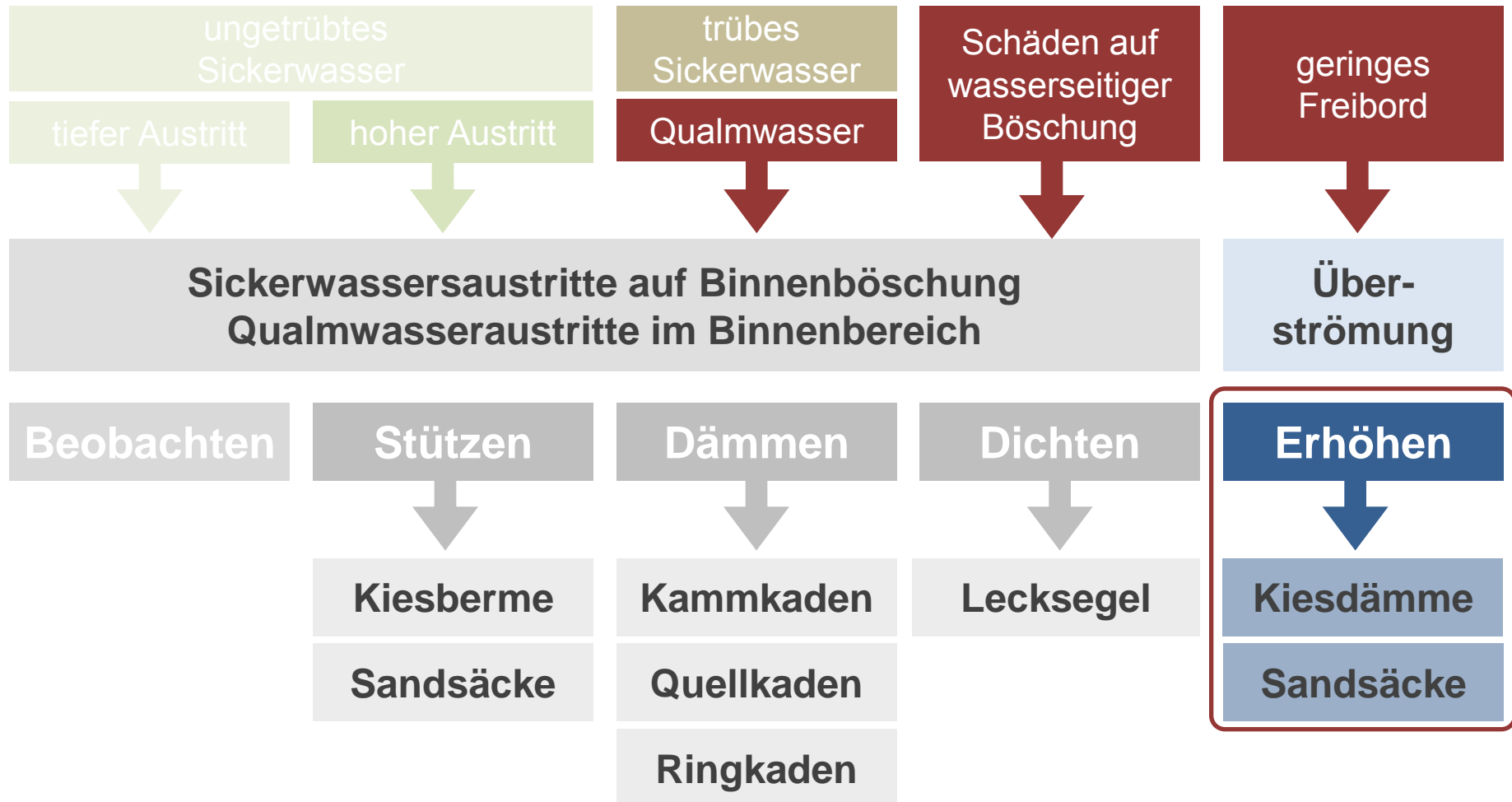


KDB-Dichtungen





Maßnahmen bei Überströmung





Versagen durch Kappenbruch

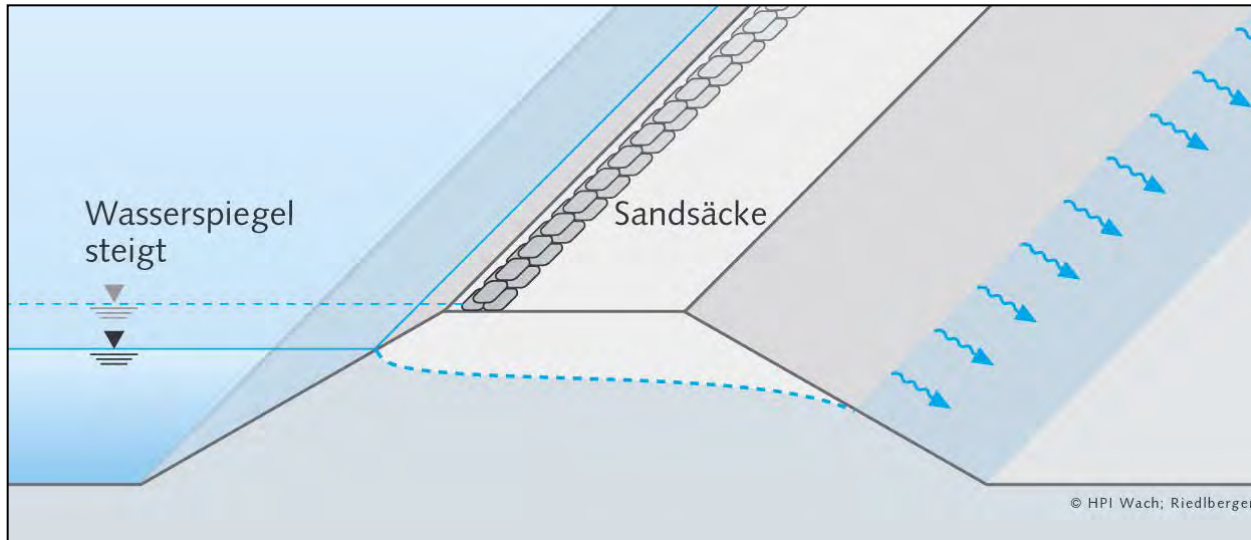




Versagen durch Böschungsfußkolk



Aufkadung



Überströmem

Materialien

- Sandsäcke
- foliengedichte Kiesschüttung (mit Sandsäcken fixiert)
- vorgefertigte Elemente (Ausnahme)

Grundsätzlich verschlechtert jede Deicherhöhung die Standsicherheit

Prüfen

Alternative

- Erosionsstabile Sicherungen geeigneter Überlaufstrecken

hydraulische
Belastung

höhere Einstau

statische
Belastung

Material, Einsatz



Aufkadung



Überströmen

Erhöhen

- Aufkadung mit Sandsäcken (mehrlagig, rund 0,4 m,
- Aufbau an der wasserseitigen Böschungskante

Aufkadung



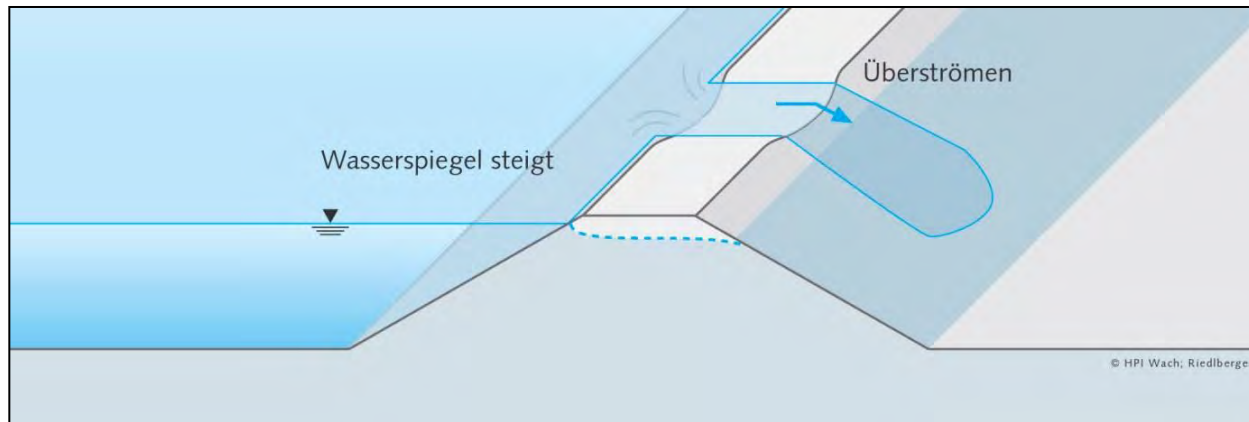
Überströmen

Überströmungs- sicherung

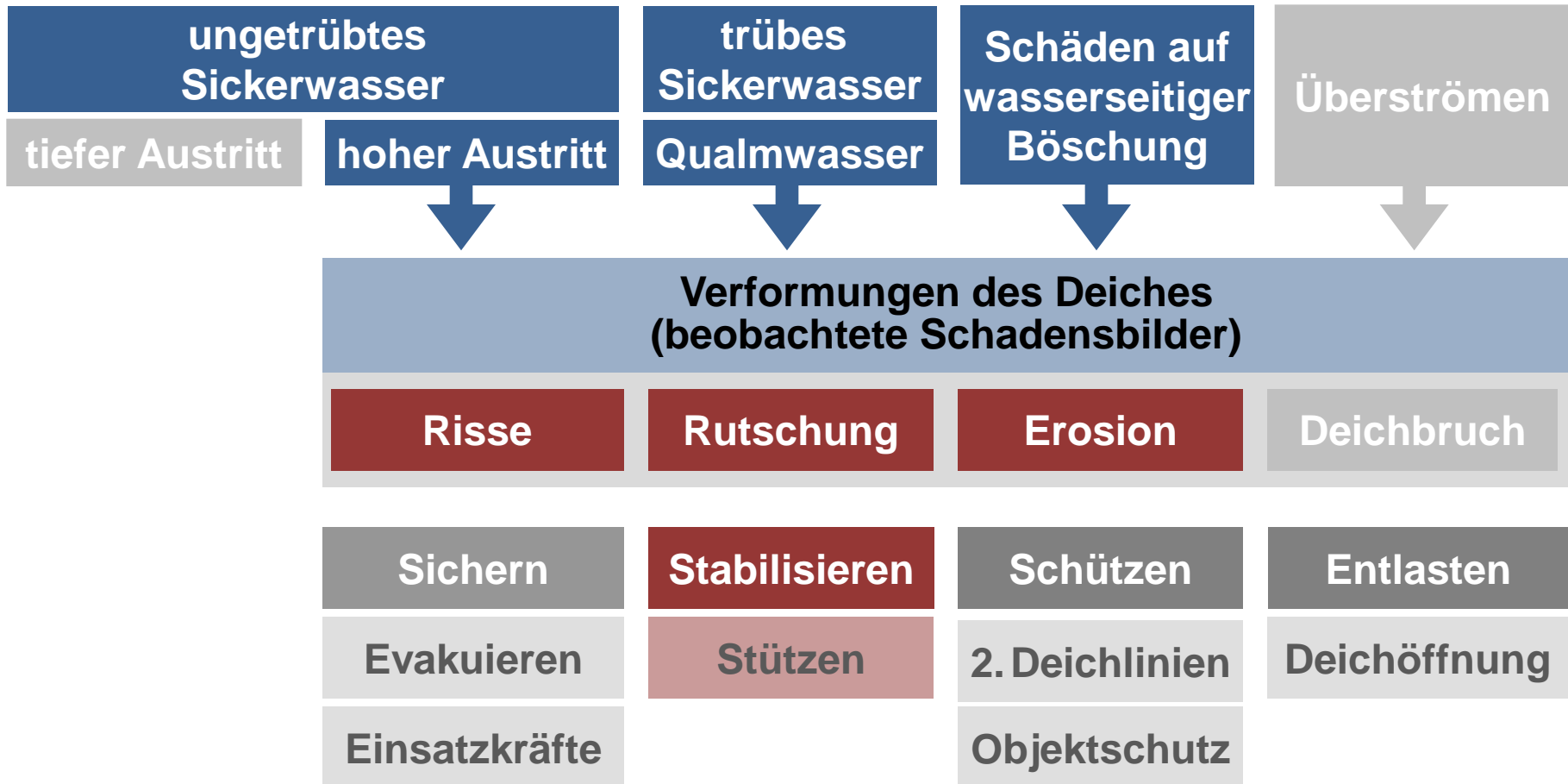
- Schutz des gesamten Profils kritisch belasteter Deiche durch breitflächig aufgebrachte Geotextilien
- Verlegerichtung senkrecht zur Deichlinie, Überlappung der Bahnen in Fließrichtung
- Fixierung mit Sandsäcken



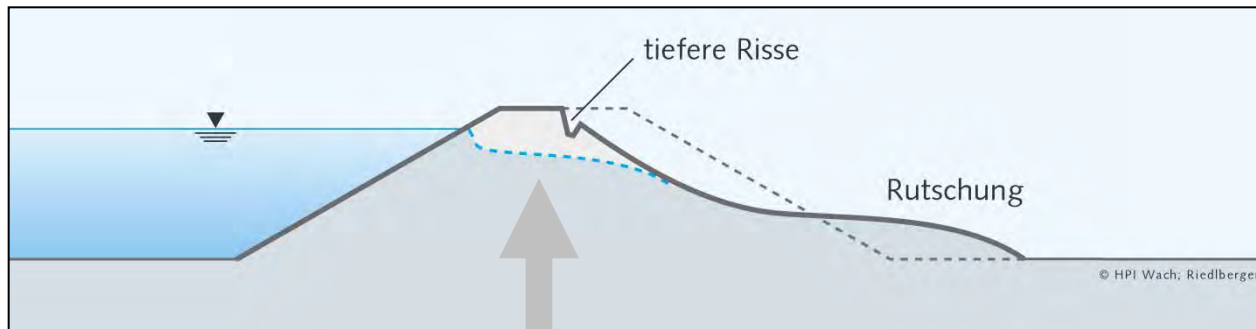
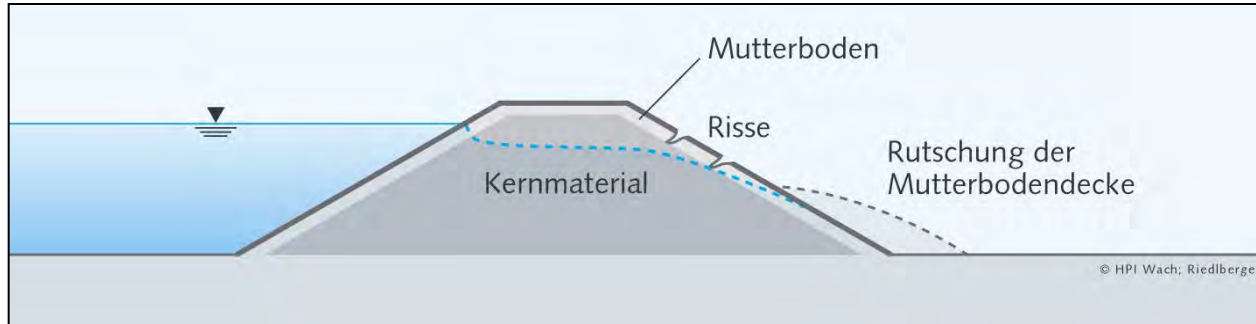
Ausgleich von Schwachstellen



Maßnahmen bei Verformungen



Böschungsbruchformen



Böschungsbrüche führen zu einer Verkürzung des Sickerweges

Zunahme
Sickerwasser

rückschreitende
Erosion

Deichbruch

binnenseitiges Böschungsversagen

Ursachen

- Durchströmung (Böschungsbruch)
- Erosion infolge Überströmen
- Untergrundversagen am Deichfuß (hydraulischer Grundbruch)
- örtliche Probleme (Leitungen, Bäume)
- Ankündigung durch Rissbildung





Böschungsbruchformen



Initialrisse



Böschungsbruchformen



Lokaler Böschungsbruch

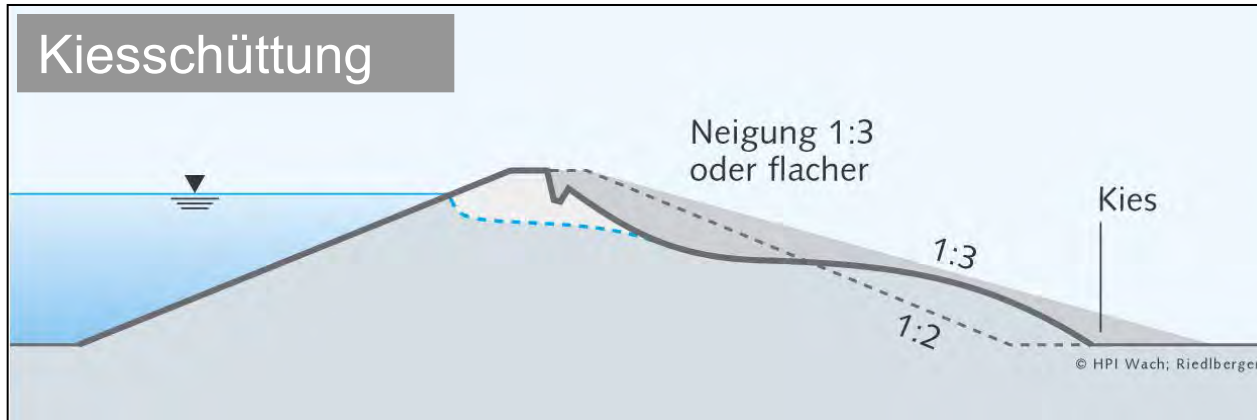


Globaler Böschungsbruch

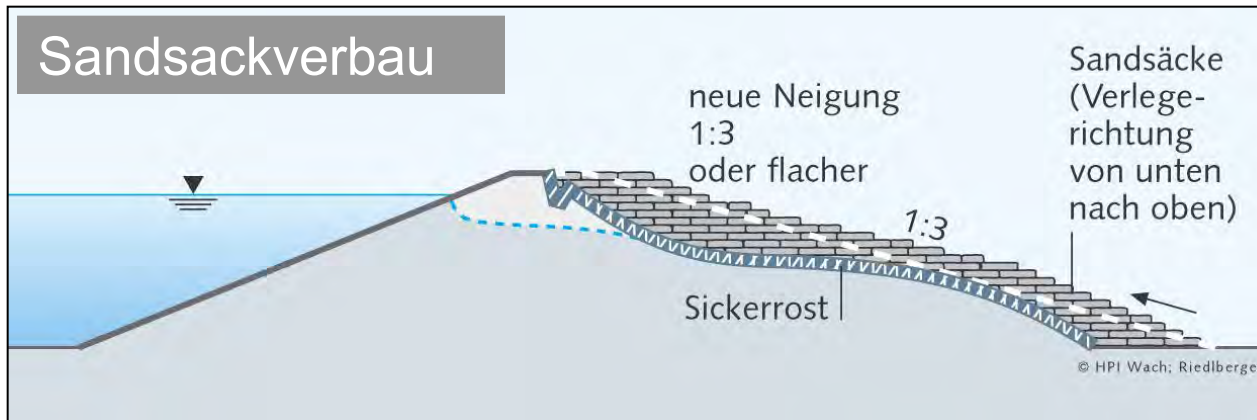


Verbau von Binnenböschungen

Kiesschüttung



Sandsackverbau



binnenseitiges Böschungsversagen

Stabilisieren

- massive Stützung der Böschung

Grundsätze

- Wiederherstellung des Deichprofiles
- Aufbau einer Binnenberme vor der Sicherung der Deichkrone
- Entwässerung (nach Möglichkeit) nicht behindern

Auflastschüttung



binnenseitiges
Böschungsversagen

Stabilisieren

- Sicherung von Böschungsbrüchen im Bereich des Deichfuß
- Kiesschüttung bis in den Bereich der Deichkrone

Problem

- Materialverfügbarkeit und Materialeignung
- Schwerlastverkehr



Auflastschüttung



Sandsackverbau



binnenseitiges
Böschungsversagen

Stabilisieren

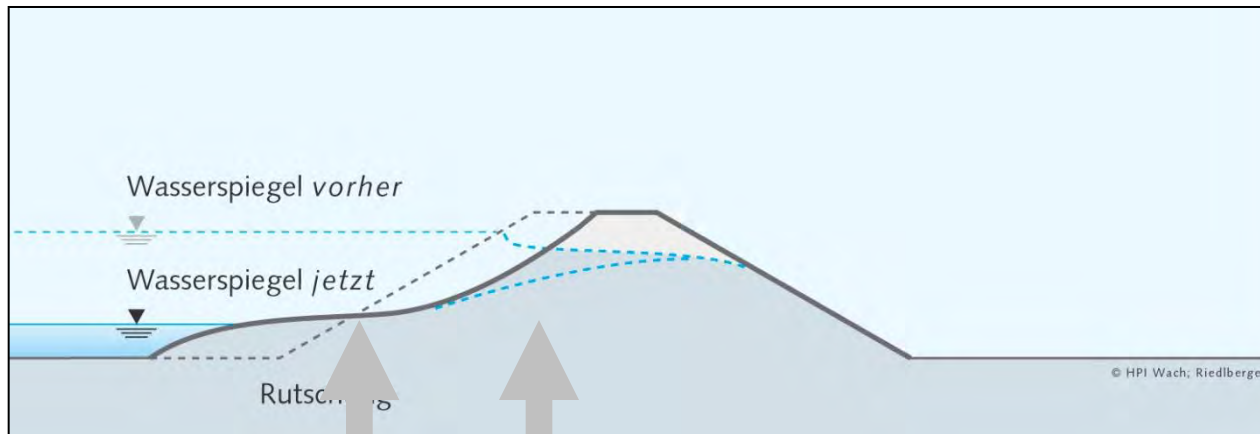
- Sicherung stellenweise bis zur Deichkrone reichender Böschungsbrüche
- Sandsackverbau ohne Sickerwasserdrainage (hierzu ist eine massive Berme zur Stützung des unter Auftrieb stehenden Deiches erforderlich)

Sandsackverbau: Aufbau eines Dränfilters





wasserseitiger Böschungsbruch



Strömungs-
angriff

Schwächung des
Deichquerschnittes

Erosion der
wasserseitigen
Böschung

Zunahme der
Durchsickerung

binnenseitiges
Böschungs-
versagen

Deichbruch trotz fallender Welle

wasserseitiges Böschungsversagen

Ursachen

- schnell fallender Wasserspiegel
- Binnendruck auf Böschung durch nachlaufende Sickerlinie

kritisch

- Oberflächen-
dichtung
- Wiederanstieg
(z.B. zweite Welle)



wasserseitiger Böschungsbruch



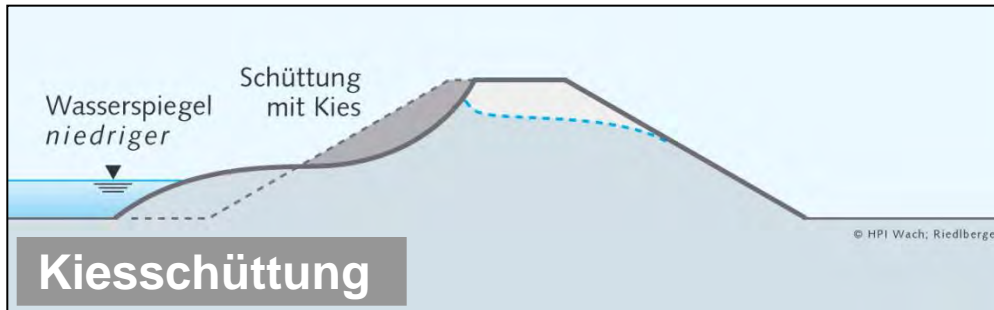
wasserseitiges
Böschungsversagen

schnell fallender
Wasserspiegel

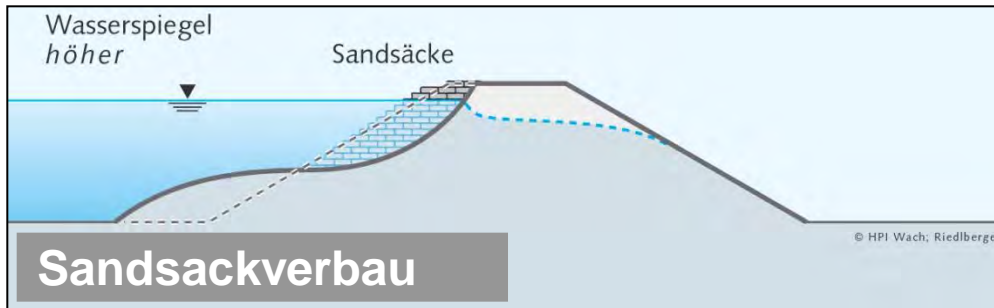
● Beispiel für ein
schnelles Absenken
einer Stauhaltung

wasserseitiger Böschungsbruch

Einbau
nur über
Wasser

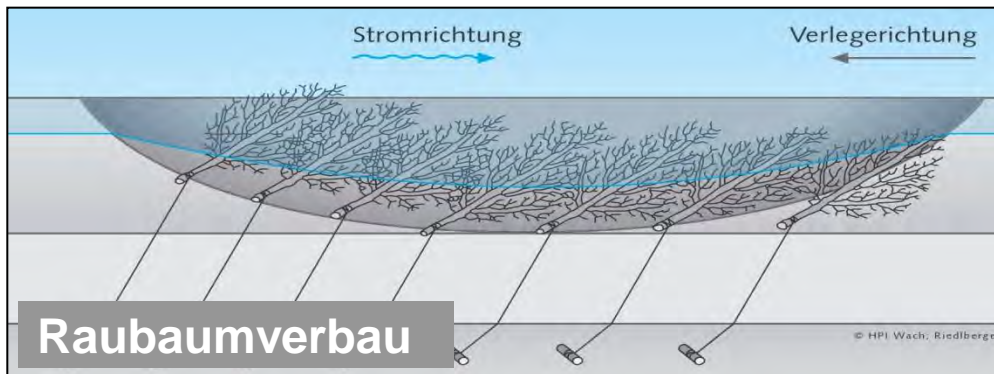


Einwurf
unter
Wasser
möglich



alternativ

Erosios
schutz
mit Rau-
bäumen



binnenseitiges
Böschungsversagen

Stabilisieren

- massive Stützung der Böschung
- Wiederherstellung des Deichquerschnitt

Grundsätze

- binnenseitiger Verbau vordringlich (Ersatzquerschnitt)
- wasserseitiger Verbau schwierig, Rutschung kann beschleunigt werden



Betriebseinrichtungen: Binnenentwässerungsanlagen





Betriebseinrichtungen: Verschlüsse





Fragen ??

