



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Schutzbautenmanagement- system im Kanton Zürich

Handbuch Bestandesaufnahme | Teil D - INSPEKTION
11. Juni 2021



Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Kommentar	Status
0.1	28.05.2021	Erstellt	Entwurf
0.2	11.06.2021	Entwurf für Ausschreibung	Entwurf

Impressum

Datei 04-SBMS ZH Handbuch Bestandesaufnahme Teil D INSPEKTION
20210611.docx
Autor: Maja Rapp / Roland Stalder
Projekt Kanton Zürich, Schutzbautenmanagementsystem
Geschäft Handbuch Bestandesaufnahme
Projektverfasser: Maja Rapp
Erstellungsdatum: 11.06.2021
Status: Entwurf für Ausschreibung



Inhalt

1. Einleitung	5
2. Konzept	6
2.1. Begriff	6
2.2. Methode und Ziele	7
2.3. Zustandsklassen	7
2.4. Kategorisierung der Schadensbilder	9
3. Vorgehen Inspektion	10
3.1. Allgemeines	10
3.2. Zustandserfassung und -bewertung	10
3.2.1. Beispiele für die Erfassung von Feststellungen in Abhängigkeit der Zustandsklasse	11
3.3. Anforderungen an Dokumentation	16
4. Praxishinweise für die Inspektion	17
4.1. Verschwemmung bei Sohlensicherungen	17
4.2. Risse in SBW Beton	17
4.3. Bewuchs/Durchwurzelung	19
4.4. Schadensbild Seitliche Einbindung bei Längsverbau	20
4.5. Vermorschung bei SBW Holz	21

Anhang

Anhang 1: Übersicht der Schadensbilder Wasser	22
Anhang 2: Faktenblätter Schadensbilder	23



Hinweise

- **Zustandsklasse «zerstört»** **8**
- **WebGIS: Unterschied «speichern» vs. «abschliessen»** **13**
- **Nur eindeutig identifizierbare Schadensbilder erfassen und bewerten** **14**
- **Tipps für die Abgrenzung ähnlicher Schadensbilder** **14**
- **Indizien statt quantitativer Kriterien** **15**
- **Aufgepasst bei Werksanfang und -ende** **15**



1. Einleitung

Der Teil D des Handbuchs Bestandesaufnahme befasst sich mit der Inspektion der Schutzbauten. Er dient als Gebrauchsanweisung für die Zustandserhebung und –bewertung der Schutzbauten.

Teil D zeigt die Methodik und das Vorgehen für die Inspektion im Rahmen der Bestandesaufnahme, inklusive zahlreichen Hinweisen und Tipps.

Dieses Handbuch hat nicht den Anspruch, jedes Detail rund um die Inspektion im Rahmen der Bestandesaufnahme SBMS ZH zu beantworten. Viele zusätzliche konkrete Tipps und Hinweise finden sich insbesondere in den Faktenblättern Schadensbilder. Zudem werden die mandatierten Büros zu Beginn der Feldkampagne durch den Auftraggeber begleitet, so dass viele Details eins zu eins geübt werden können.

Im Handbuch wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

2. Konzept

2.1. Begriff

Das SBMS ZH orientiert sich bezüglich Inspektion an der Definition und Nomenklatur der Norm SIA 469 [6]. Eine Inspektion ist eine visuelle und einfache Erfassung des Bauwerkszustandes sowie dessen Bewertung. Die Inspektion ist eine Tätigkeit im Rahmen der Überwachung. Hauptinspektionen sind geplante, ordentliche und regelmässige Inspektionen über das gesamte Schutzbautensystem.

Die Zustandserfassung und –bewertung im Rahmen der Bestandesaufnahme entspricht somit der ersten Hauptinspektion gemäss SIA, wird aber im SBMS ZH der Einfachheit halber als Inspektion bezeichnet.

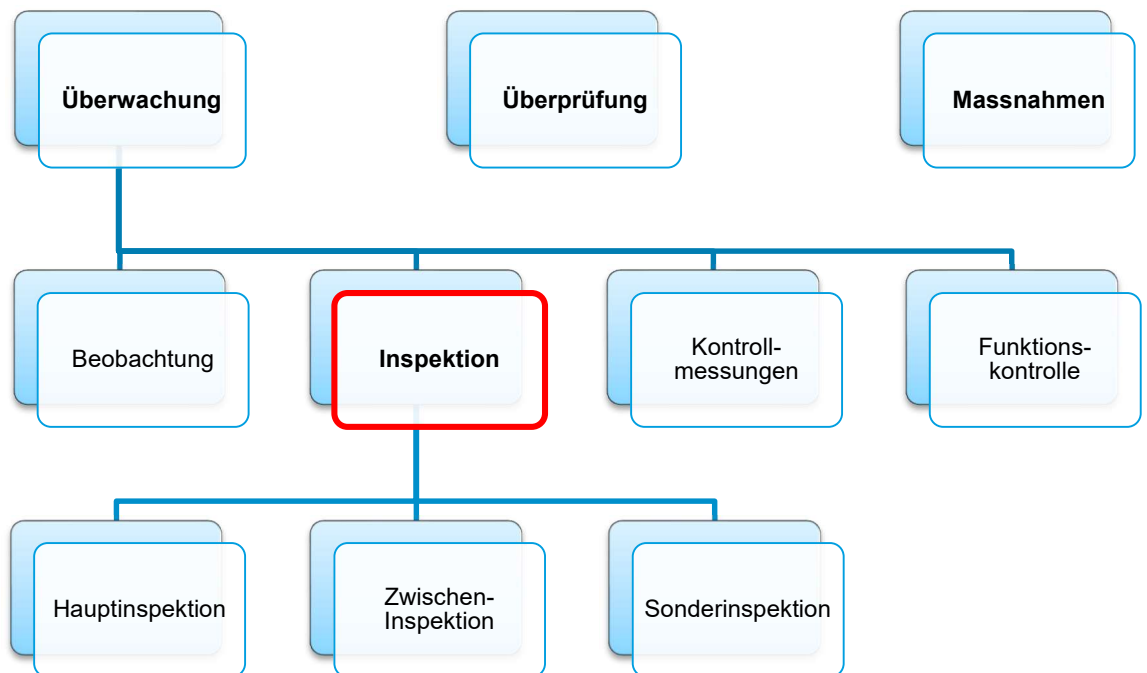


Fig. 1: Nomenklatur Inspektion gemäss SIA 469 [6].

Zentrales Resultat der Zustandsbewertung ist die Beurteilung der Zuverlässigkeit des SBW. Diese wird nach Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit differenziert [4].

2.2. Methode und Ziele

Im Zuge der Zustandserfassung werden die Mängel und Schäden erhoben, welche das Schutzbauwerk beeinträchtigen. Die zahlreichen potenziellen Mängel und Schäden sind zu sogenannten Schadensbildern kategorisiert (Anhänge 1 und 2).

Bei der Zustandsbewertung werden die erhobenen Schadensbilder einer Zustandsklasse zugeordnet.

Mit dieser Methode werden folgende Ziele verfolgt:

- Die Inspektion ist einfach, rasch umzusetzen und liefert eine Übersicht zum Zustand der Schutzbauten.
- Dank objektivierter Kriterien für die Zustandserfassung und –bewertung führt die Inspektion auch bei verschiedenen Anwendern zu möglichst gleichwertigen Resultaten.
- Die Inspektion ermöglicht es gefährdete SBW zu identifizieren.
- Die Inspektion beschäftigt sich nicht mit dem Systemzustand, liefert aber die Grundlagen für dessen Bewertung.
- Die Inspektion beschäftigt sich nicht mit möglichen Massnahmen, liefert aber die Grundlagen für deren risikobasierte Planung.

2.3. Zustandsklassen

Im SBMS ZH erfolgt die Zustandsbewertung in vier Zustandsklassen:

- **«gut»:** Es gibt keine Anzeichen von Mängeln oder Schäden. Die Zuverlässigkeit des SBW ist vollständig erfüllt.
- **«mangelhaft»:** Es sind Mängel erkennbar, jedoch keine Schäden. Damit ist die Zuverlässigkeit hinsichtlich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit vollständig erfüllt, jedoch hinsichtlich Dauerhaftigkeit eingeschränkt.
- **«schadhaft»:** Es sind Schäden erkennbar. Damit ist die Zuverlässigkeit im Gegensatz zur Zustandsklasse „mangelhaft“ hinsichtlich Tragsicherheit und/oder Gebrauchstauglichkeit eingeschränkt.
- **«alarmierend»:** Es sind massive Schäden erkennbar. Die Zuverlässigkeit ist in deutlichem Masse vermindert.

Für den Fall, dass eine Zustandsbewertung nicht möglich ist, weil das SBW beispielsweise nicht erreichbar ist oder nur noch «Überreste» vorhanden sind, gibt es drei weitere Zustandsklassen:

- **«nicht überprüfbar (vermutlich schlecht)»:** Eine Zustandsbewertung ist nicht möglich, es gibt jedoch Hinweise auf Mängel und/oder Schäden.
- **«nicht überprüfbar (vermutlich gut)»:** Eine Zustandsbewertung ist nicht möglich, es gibt jedoch keine Hinweise auf Mängel und/oder Schäden.
- **«zerstört»:** Von einem SBW sind nur noch wenige Überreste erkennbar.

Zustandsklasse «zerstört»

Im SBMS ZH werden alle Schutzbauten unabhängig von Alter und Zustand erhoben. Daher kann es sein, dass von einem SBW nur noch wenige Überreste erkennbar sind (1). Diese Schutzbauten sind natürlich nicht mehr wirksam. Sie sollen aber trotzdem und mit minimalem Aufwand erhoben werden, damit ihre Bedeutung für das Gesamtsystem beurteilt werden kann.



Falls bei Linienelementen ein kurzer Abschnitt vorliegt, bei welchem auch bereichsweise intakte Fragmente vorkommen, kommt das 5-Meter-Kriterium zur Anwendung: ist das intakte Fragment deutlich über 5 m lang, so ist es als separates SBW abzusetzen. Ist das Fragment etwa 5 m lang oder kürzer, kann es als «zerstört» taxiert werden.

Bei Punktelelementen (z.B. Sperren) soll die Zustandsklasse «zerstört» zurückhaltend und nur dann zur Anwendung gelangen, wenn nur noch Überreste der seitlichen oder unteren Einbindung vorhanden sind.

Für Schutzbauten mit der Bewertung «zerstört» wird ein Bauwerksfoto gemacht. Feststellungen und Schadensfotos werden nicht gemacht.

Die Zuordnung zu den Zustandsklassen erfolgt primär durch die visuelle Erfassung der Schadensbilder und deren Bewertung. Dazu sind für jedes Schadensbild verschiedene Phänomene pro Zustandklasse beschrieben (Anhänge 1 und 2).

Als zusätzlicher Aspekt kann das erwartete Verhalten unter Belastung beigezogen werden. Als Referenz kann ein häufiges Ereignis (kräftiges Gewitter bis Ereignis in der Grössenordnung 30-jährlich) sowie ein seltenes Ereignis (in der Grössenordnung 100-jährlich ⇒ entspricht in vielen Fällen der Bemessung des SBW) beigezogen werden:

- Gute und mangelhafte SBW können sowohl ein häufiges als auch ein seltenes Ereignis schadlos abführen.
- Schadhafte SBW können ein häufiges Ereignis schadlos abführen, drohen bei seltenen Ereignissen jedoch zu versagen.
- Alarmierende SBW drohen bereits bei häufigen Ereignissen zu versagen.

Wichtig: Diese Kategorisierung hat lediglich den Charakter einer Faustformel. Der Werkansprecher soll im Feld versuchen, sich die beiden Ereignisse auf der Basis der Hochwasserabflusswerte gemäss Gefahrenkarte als Grössenordnungen vorzustellen.

Für eine vereinfachte Kommunikation zwischen Werkansprecher und Erfasser werden für die einzelnen Zustandsklassen Codes verwendet (Tab. 1):



Code	Zustands- klasse	Beschrieb	Häufiges Ereignis	Seltenes Ereignis
ZK1	Gut	keine sichtbaren Anzeichen von Mängel, Zuverlässigkeit vollständig erfüllt	☑	☑
ZK2	Mangelhaft	Mängel erkennbar, Zuverlässigkeit hinsichtlich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit erfüllt	☑	☑
ZK3	Schadhaft	Schäden erkennbar, Zuverlässigkeit eingeschränkt	☑	☒
ZK4	Alarmierend	Massive Schäden erkennbar, Zuverlässigkeit deutlich vermindert	☒	☒
ZK91	Nicht überprüfbar (vermutlich schlecht)	Eine Zustandsbewertung ist nicht möglich, es gibt jedoch Hinweise auf Mängel und/oder Schäden.	?	?
ZK92	Nicht überprüfbar (vermutlich gut)	Eine Zustandsbewertung ist nicht möglich, es gibt jedoch keine Hinweise auf Mängel und/oder Schäden.	?	?
ZK99	Zerstört	Von einem SBW nur noch wenige Überreste erkennbar	☒	☒

Tab. 1: Zustandsklassen Inspektion SBMS ZH

2.4. Kategorisierung der Schadensbilder

Die potenziellen Mängel und Schäden werden nach Ursache und Wirkung in insgesamt 17 Schadensbilder kategorisiert. Davon sind einige allgemeingültig, andere werksarten- oder materialspezifisch. Eine Zusammenstellung der massgebenden Schadensbilder wird in laminierter Form abgegeben.



3. Vorgehen Inspektion

3.1. Allgemeines

Die Inspektion erfolgt für jedes SBW nach Erfassung der Bauwerkseigenschaften. Es gibt wenige Ausnahmen von Werksarten, die erhoben, jedoch nicht inspiziert werden:

- Andere Werksart (linear und punktuell)

3.2. Zustandserfassung und -bewertung

Das zu inspizierende SBW wird auf seinen Zustand hin überprüft. Sind Mängel oder Schäden feststellbar, werden diese einem Schadensbild zugeordnet und bewertet. Je nach Zustandsklasse resultieren unterschiedliche Aufgaben:

Feststellung:

- Bei ZK2 muss nur ein massgebliches Schadensbild als Feststellung abgesetzt werden, auch wenn mehrere Schadensbilder ZK2 identifiziert wurden.
«Massgeblich» bedeutet in diesem Kontext, dass jenes Schadensbild gewählt wird, welches für die Zuverlässigkeit voraussichtlich limitierend ist.
- Bei ZK2 muss keine Feststellung abgesetzt werden, wenn zusätzlich ein Schadensbild mit ZK3 oder ZK4 identifiziert wurde.
- Bei ZK3 und ZK4 muss für jedes Schadensbild eine Feststellung abgesetzt werden.

Schadensfoto:

- Bei ZK3 und ZK4 gehört zu jeder Feststellung ein Schadensfoto.

Code	Zustandsklasse	Feststellung	Schadensfoto
ZK1	Gut	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ZK2	Mangelhaft	Für das massgebliche Schadensbild	<input checked="" type="checkbox"/>
ZK3	Schadhaft	Für jedes Schadensbild	Für jede Feststellung
ZK4	Alarmierend	Für jedes Schadensbild	Für jede Feststellung
ZK91	Nicht überprüfbar (vermutlich schlecht)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ZK92	Nicht überprüfbar (vermutlich gut)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ZK99	Zerstört	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tab. 2: Erfassung von Feststellungen und Schadensfotos in Abhängigkeit der Zustandsklasse.

Bei linearen SBW werden die Schadensbilder nicht verortet, jedoch wird für jedes Schadensbild das Attribut «Häufigkeit» bewertet:

- Einmalig: Schadensbild einmal in der angegebenen Zustandsklasse identifiziert.
- Vereinzelt: Schadensbild nur wenige Male entdeckt
- Wiederholt: Schadensbild tritt mehrere Male auf
- Durchgehend: Schadensbild zieht sich ohne Unterbruch über das ganze SBW

3.2.1. Beispiele für die Erfassung von Feststellungen in Abhängigkeit der Zustandsklasse

Die folgenden Beispiele illustrieren die Inspektion von drei linearen SBW.

Beispiel 1



- ① SB «Seitliche Einbindung», ZK3 schadhaft
 - Feststellung absetzen, Häufigkeit «einmalig»
 - Schadensfoto machen
 - Speichern
- ② SB «Einbindung Bauwerkssohle», ZK4 alarmierend
 - Feststellung absetzen, Häufigkeit «einmalig»
 - Schadensfoto machen

- Speichern
- ③ SB «Bewuchs/Durchwurzelung», ZK2 mangelhaft
 - Keine Feststellung, da bereits SBW mit ZK3 oder ZK4 vorhanden
 - Kein Schadensfoto
- ④ Resultat am Endpunkt von SBW1: ZK4 alarmierend Einbindung Bauwerkssohle
 - Abschliessen

Beispiel 2



- ① SB «Seitliche Einbindung», ZK2 mangelhaft
 - SB und ZK merken, noch keine Feststellung absetzen
 - Kein Schadensfoto
- ② SB «Einbindung Bauwerkssohle», ZK2, mangelhaft
 - SB und ZK merken, da diese SB als massgeblicher eingestuft wird
 - Kein Schadensfoto
- ③ Resultat am Endpunkt von SBW2: ZK2 mangelhaft Einbindung Bauwerkssohle
 - Da ZK2 die höchste Zustandsklasse des SBW darstellt, wird beim Endpunkt eine entsprechende Feststellung abgesetzt (ohne Schadensfoto - bei ZK2 wird deshalb bis zum Endpunkt zugewartet, da nur dann eine entsprechende Feststellung abgesetzt werden muss, wenn keine ZK3 oder ZK4 auftritt).
 - Abschliessen

Beispiel 3



- ① SB «Einbindung Bauwerkssohle», ZK3 schadhaft
 - Feststellung absetzen, Häufigkeit «einmalig»
 - Schadensfoto machen
 - Speichern
- ② SB «Einbindung Bauwerkssohle», ZK3 schadhaft
 - Häufigkeit anpassen auf «vereinzelt»
 - Kein zusätzliches Schadensfoto (im Einzelfall kann das Schadensfoto ersetzt werden, falls das SB deutlich besser erkennbar ist)
 - Speichern
- ③ SB «Einbindung Bauwerkssohle», ZK4 alarmierend
 - ZK in Feststellung auf alarmierend erhöhen, Häufigkeit auf «einmalig» reduzieren
 - Schadensfoto machen und dasjenige mit ZK3 ersetzen
 - Speichern
- ④ SB «Seitliche Einbindung», ZK2 mangelhaft
 - Keine Feststellung, da bereits ZK4 vorhanden
- ⑤ Resultat am Endpunkt von SBW3: ZK4 alarmierend Einbindung Bauwerkssohle
 - Abschliessen

💡 **WebGIS: Unterschied «speichern» vs. «abschliessen»**

Die eingegebenen Informationen einer Inspektion können im WebGIS gespeichert werden. Im gespeicherten Zustand können alle Informationen beliebig geändert/gelöscht werden.

Zum Abschluss muss eine Inspektion nicht nur gespeichert, sondern auch abgeschlossen werden. Nach dem Abschliessen ist eine Änderung des Schadensbildes und der Zustandsklasse nicht mehr möglich.

Nur eindeutig identifizierbare Schadensbilder erfassen und bewerten

Grundsätzlich sollen nur diejenigen Schadensbilder erfasst und bewertet werden, welche vor Ort eindeutig identifizierbar sind. Das Bild zeigt einen Längsverbau Stein mit deutlichen Anzeichen von Setzungen (1), die als schadhaft zu bewerten sind. Der linke Bildbereich legt die Vermutung nahe, dass die Ursache für die Setzung in einer Unterkolkung liegt. Die Unterkolkung könnte auch die Einbindung der Bauwerkssohle beeinträchtigen. Da diese jedoch aktuell nicht eindeutig sichtbar ist, wird die Einbindung der Bauwerkssohle nicht bewertet.



Tipps für die Abgrenzung ähnlicher Schadensbilder

Bisweilen ist es knifflig, die beobachteten Beeinträchtigungen eindeutig einem Schadensbild zuzuordnen. Hier hilft es meist die Ursachen für die Beeinträchtigungen zu ermitteln. Das häufigste Beispiel hierzu ist die Unterscheidung der drei Schadensbilder Einbindung Bauwerkssohle, Erosion/Abrasion/Abtrag sowie Verwitterung/Abplatzung/Korrosion/Vermorschung. Insbesondere bei Längsverbau Stein können die drei Schadensbilder kombiniert auftreten. Ein Blick auf die Ursachen führt aber Unterschiede zutage, die zur eindeutigen Abgrenzung führen.

Einbindung Bauwerkssohle beschreibt die Freilegung des Fundaments (Auskolkung). Fallen aufgrund Schwerkraft Steine heraus, werden diese unter dem Schadensbild Verwitterung/Abplatzung/Korrosion/Vermorschung bewertet.

Bei *Erosion/Abrasion/Abtrag* liegt die Ursache in einem mechanischen Verschleiss durch Schleppspannung. Wasser und/oder Geschiebe haben Steine mitgerissen.

Bei *Verwitterung/Abplatzung/Korrosion/Vermorschung* fallen die Steine aufgrund der Schwerkraft heraus: entweder infolge stark verwitterter oder fehlender Mörtelfugen oder wegen der Freilegung des Fundaments (Auskolkung).

Indizien statt quantitativer Kriterien

Leider können für die Abgrenzung der Zustandsklassen in den meisten Fällen keine harten quantitativen Kriterien definiert werden. Vielmehr geht es darum, verschiedene Indizien zu sammeln und in die Bewertung einfließen zu lassen. Diese Indizien können quantitativer oder qualitativer Art sein. Nicht nur das Schadensbild an sich, auch Einschätzungen zum ursächlichen Prozess, zum Verhalten unter Belastung, zur räumlichen sowie zur zeitlichen Entwicklung können wertvolle Hinweise liefern.



Das Bild zeigt einen Längsverbau Stein mit dem Schadensbild Bewuchs/Durchwurzelung. Wäre alleine der Durchmesser als quantitatives Kriterium massgebend, würde dieser Strauch (1) ($\varnothing > 30 \text{ cm}$) einen schadhaften Zustand (ZK3) implizieren. Da der Strauch jedoch auf der Mauer liegt, hinter dieser wurzelt, keinerlei Schäden durch Wurzeldruck sichtbar sind und auch Auflast sowie Hebelwirkung kein offensichtliches Problem darstellen, darf hier die Zustandsklasse mangelhaft (ZK2) gewählt werden.

In den Faktenblättern Schadensbilder (Anhang 2) sind neben den Bewertungskriterien pro Zustandsklasse auch weitere zu berücksichtigende Faktoren und Hinweise beschrieben.

Aufgepasst bei Werksanfang und -ende

Bei Linienelementen sollte bei Werksanfang und -ende immer überprüft werden, ob das ursprüngliche Werk vollständig vorhanden ist oder ob ein Teil abgetragen wurde. Wäre ein Bereich abgetragen, hätte dies die Zustandsklasse alarmierend (ZK4) zur Folge. Das Bild zeigt eine Pflasterung mit Stein, wobei das untere Ende abgetragen wurde (1) (Schadensbild Erosion/Abrasion/Abtrag).





3.3. Anforderungen an Dokumentation

Die Dokumentation der Inspektion erfolgt weitestgehend direkt im Feld:

- Sämtliche relevanten Informationen zum Zustand der Schutzbauten werden direkt ins Feldtablet eingegeben.
- Schadensfotos werden von der Kamera in komprimierter Form per Bluetooth an das Feldtablet übertragen und direkt in der Applikation mit der entsprechenden Feststellung verknüpft.
- Die Fotos müssen pro Feldtag in einem Ordner in Originalgrösse digital abgelegt werden. Benennung Ordner: [Auftragseinheit_Nummer yyyymmdd], Beispiel: 21_3 20220124. Die Fotos selber dürfen nicht umbenannt werden.
- Besondere Bemerkungen zur Inspektion sollen nur sehr zurückhaltend in den Bemerkungsfeldern eingetragen werden.
- Offene Fragen, Unsicherheiten und Rückmeldungen, die nicht einem Bauwerk zugeordnet werden können, sind separat auf den Feldplänen zu notieren.

4. Praxishinweise für die Inspektion

4.1. Verschwemmung bei Sohlensicherungen

Bei Gewässern mit geringer Fliessgeschwindigkeit kann es vorkommen, dass Sohlensicherungen (z. B. Pflästerungen) durch Geschwemmsel zentimeterdick zugedeckt und dadurch kaum zu inspizieren sind. Vorgehen:

- SBW erheben.
- Da eine Zustandsbewertung nicht möglich ist, eine der beiden Zustandsklassen ZK91 oder ZK92 verwenden (keine Feststellung, kein Schadensfoto).

4.2. Risse in SBW Beton

Bei SBW Beton werden Risse je nach ihrer Lage unterschiedlich toleriert. Es werden dazu drei Risstypen unterschieden:

- Unplanmässige Risse innerhalb eines Bauteils oder Bauwerks (Fig. 2).
- Unplanmässige Risse entlang von Arbeitsfugen. Arbeitsfugen entstehen infolge mangelnder Verzahnung bei materiabedingten Diskontinuitäten (z.B. Betonier-Etappen, Übergang zwischen Ortsbeton und Fertigteil) (Fig. 3).
- Planmässige Fugen (Dilatationsfugen). Dilatationsfugen sind Dehnungsfugen mit der Absicht, Schwinden und Quellen aufgrund von Temperatur oder Feuchtigkeit zuzulassen und damit Spannungsrissen vorzubeugen. Die Kraftübertragung sollte dabei mit der Bewehrung sichergestellt sein (Fig. 4).

Die nachfolgenden drei Figuren zeigen die Entscheidungshilfen für die Bewertung der drei Riss-Typen.

Fall 1: Unplanmässige Risse innerhalb Bauteil / Bauwerk

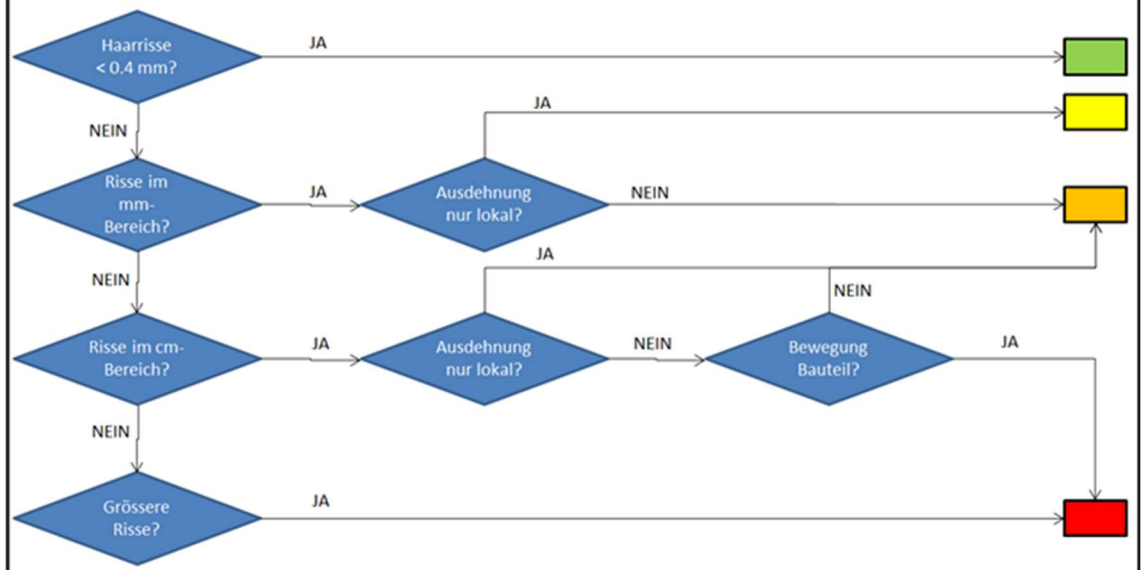


Fig. 2: Entscheidungshilfe bei unplanmässigen Rissen innerhalb Bauteil/Bauwerk.

Fall 2: Unplanmässige Risse entlang Arbeitsfuge

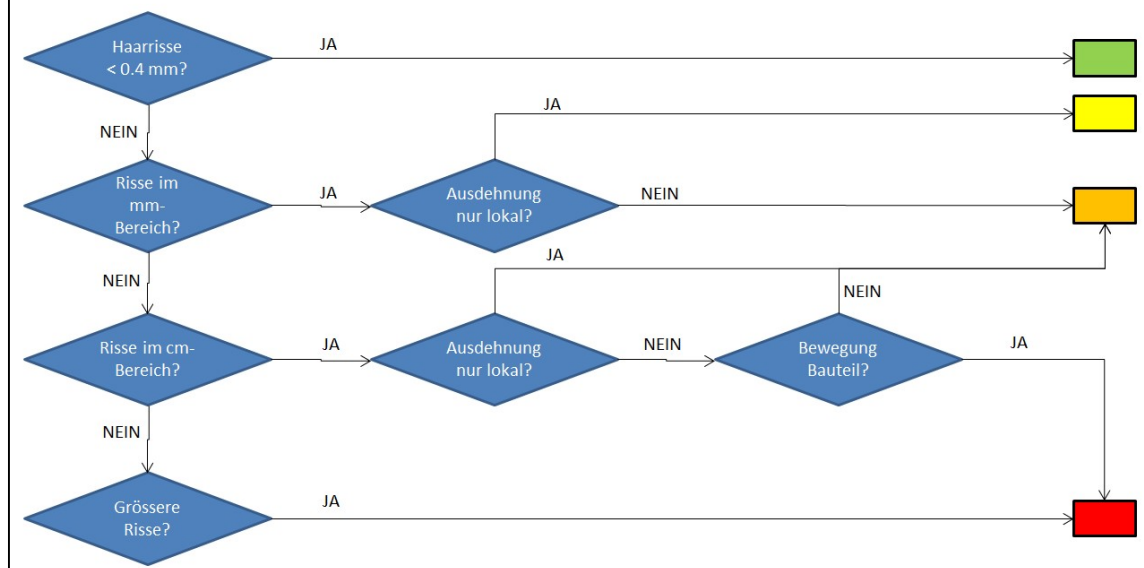


Fig. 3: Entscheidungshilfe bei unplanmässigen Rissen entlang von Arbeitsfugen.

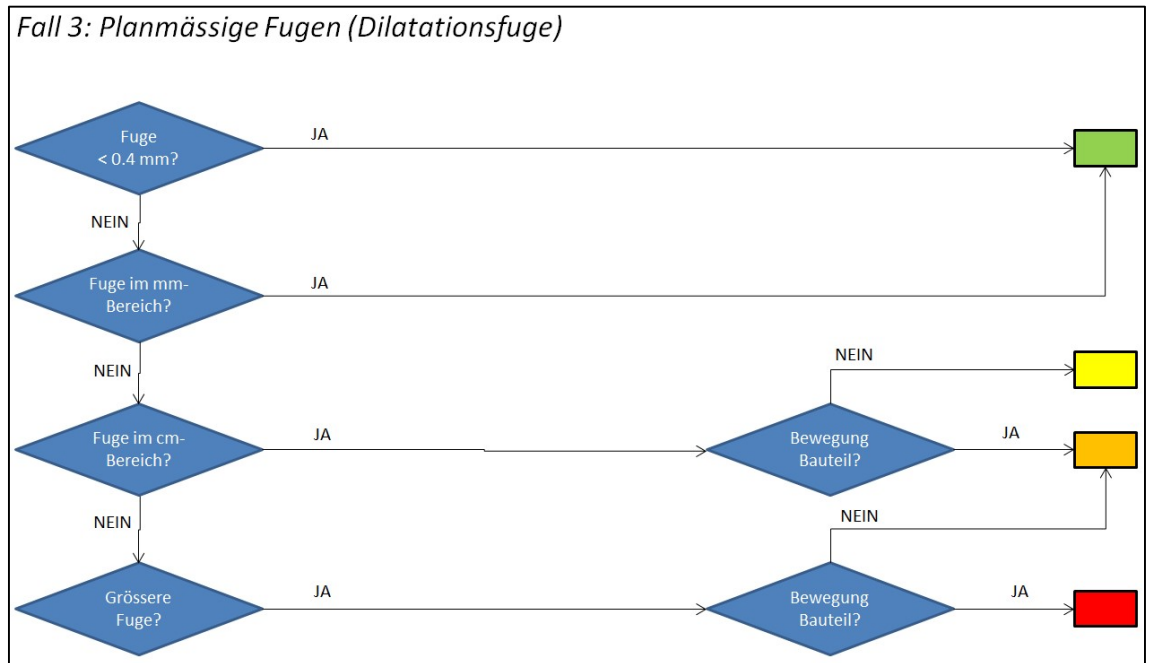


Fig. 4: Entscheidungshilfe bei planmässigen Fugen (Dilatationsfugen).

4.3. Bewuchs/Durchwurzlung

Bezüglich des Schadensbildes Bewuchs/Durchwurzlung gibt es drei Beeinträchtigungen zu unterscheiden:

- Durchwurzlung und Dickenwachstum: Wurzeln wachsen zwischen die Bauteile und Körner oder dringen in bereits vorhandene Beeinträchtigungen (z.B. Risse) ein. Durch Wurzeldruck und sekundäres Dickenwachstum werden Fugen und Risse aufgeweitet.
- Bergseitiger Wurzeldruck: Wurzeln drücken von der Bergseite her auf das Bauwerk. Damit werden oft ganze Bauteile destabilisiert (z.B. Kippen bei Längsverbau).
- Auflast und Hebelwirkung: Grosse Sträucher und Bäume beeinträchtigen das Bauwerk aufgrund ihres Gewichts oder bei starkem Wind infolge Bewegung.

Für die Zustandsbewertung ist aber nicht nur die Identifikation der massgeblichen Beeinträchtigung ausschlaggebend, auch die folgenden Aspekte müssen beachtet werden:

- Vorbelastung SBW (z.B. Korngrösse, Risse, Abplatzungen und andere Beeinträchtigungen).
- Lage des Bewuchses im SBW.
- Material SBW: zunehmende Toleranz gegenüber Bewuchs:
Beton ⇒ Stein ⇒ Holz ⇒ Erde

Aus diesen Überlegungen lassen sich ein paar Praxistipps formulieren:

- Lage Bewuchs: das grösste Potenzial entwickeln Sträucher und Bäume i.d.R., wenn sie innerhalb des SBW wachsen (z.B. beim Längsverbau aus der wasserseitigen Bauwerksfront). Hier weisen Durchmesser > 12 cm auf schadhafte Wurzeldruck hin. Hingegen können Sträucher und Bäume auf und hinter Bauwerkskronen beachtliche Durchmesser erreichen, ohne jedoch schadhafte Wurzeldruck auszuüben.
- Identifikation bergseitiger Wurzeldruck: dieser ist meist nur in Kombination mit Sekundärschäden (Verformung, Kippen, Riss) erkennbar.
- Auflast und Hebelwirkung: ist in der Regel auf und hinter Bauwerkskronen relevant und sollte insbesondere bei grösseren Durchmessern ohne erkennbaren schadhafte Wurzeldruck in Betracht gezogen werden.
- Beim Material Stein sollte die Korngrösse mitberücksichtigt werden. Bei der Korngrösse „Steine“ können bereits Wurzeln im cm-Bereich schadhafte Wurzeldruck ausüben. Bei der Korngrösse „Block“ sind dieselben Wurzeldimensionen in der Regel nur als mangelhaft einzustufen.
- Sekundärschäden: Das Schadensbild Bewuchs/Durchwurzelung beschreibt die unmittelbare Beeinträchtigung durch Bewuchs. Die daraus folgenden Sekundärschäden (Verformung, Kippen, Riss) sind mit den jeweiligen Schadensbildern zu beschreiben.

4.4. Schadensbild Seitliche Einbindung bei Längsverbau

Das Schadensbild Seitliche Einbindung wurde ursprünglich für punktuelle Sohlensicherungen, Bühnen und Rückhaltebauwerke formuliert. Der Verlust der seitlichen Einbindung aufgrund fehlenden Widerstands in den Flanken kann auch infolge Hinterspülung bei Längsverbau auftreten. Diese Hinterspülung hat drei mögliche Mechanismen:

- Hinterspülung durch freigelegten Bauwerksanfang oder -ende (Stirn), Bildung von Erosionslöchern von der Bauwerksbasis her.
- Hinterspülung durch Überlast über die Bauwerkskrone, landseitiger Abtrag des Hanges von der Bauwerkskrone her.
- Auswaschen der Filterschicht von der Bauwerksfront her (bei Längsverbau Stein und Holz).

Praxishinweise für die Zustandsklassen:

- Mangelhaft (ZK2) bei Bauwerksanfang und -ende (Stirn) des Längsverbaus: diese sind freigelegt und bieten eine entsprechende Angriffsfläche, sind jedoch NICHT landseitig hinterspült.
- Mangelhaft (ZK2) entlang des Bauwerks: es gibt nur einzelne landseitige Erosionslöcher oder kleinere Bereiche mit Hangabtrag.
- Mangelhaft (ZK2) bei Bauwerksfront: die Filterschicht ist nur geringfügig ausgewaschen.
- Schadhaf (ZK3) bei Bauwerksanfang und -ende (Stirn) des Längsverbaus: diese sind freigelegt UND landseitig hinterspült.

- Schadhaft (ZK3) entlang des Bauwerks: es gibt mehrere landseitige Erosionslöcher oder Bereiche mit Hangabtrag, die auf einen Abschnitt mit deutlicher Reduktion der seitlichen Einbindung hinweisen.
- Schadhaft (ZK3) bei Bauwerksfront: die Filterschicht ist deutlich ausgewaschen.
- Alarmierend (ZK4): das Bauwerk ist grösstenteils landseitig freigestellt und droht zu kippen.

Wichtige Abgrenzung: erfolgt die Beeinträchtigung von der wasserseitigen Bauwerksfront her, wird sie je nach Ursache einem der folgenden Schadensbilder zugeordnet:

- Einbindung Bauwerksohle: Ursache liegt in der wasserseitigen Freilegung des Fundaments (Auskolkung, Beeinträchtigung in der Umgebung des Bauwerks).
- Seitliche Einbindung: Die landseitige Filterschicht wird ausgewaschen, das Bauwerk selber bleibt intakt (Beeinträchtigung in der Umgebung des Bauwerks).
- Erosion/Abrasion/Abtrag: Ursache liegt in einem mechanischen Verschleiss durch Schleppspannung (Beeinträchtigung am Bauwerk selber).
- Verwitterung/Abplatzung: Steine fallen aufgrund Schwerkraft heraus (Beeinträchtigung am Bauwerk selber)

4.5. Vermorschung bei SBW Holz

Ergänzend zu den Erläuterungen im Faktenblatt Verwitterung/Vermorschung zwei Praxistipps:

- Vermorschung: Die Lage der Vermorschung im Bauwerk ist nicht relevant. Massgeblich für die Zustandsklasse ist immer das Bauteil mit der stärksten Vermorschung, auch wenn dieses nicht unmittelbar beansprucht wird. Ein gutes Beispiel dazu sind Holzsperrern: Am stärksten vermorscht und damit massgeblich sind oft die obersten Rundhölzer der Sperrernflügel.
- Pilze: Pilz-Fruchtkörper sind ein zuverlässiges Indiz für schadhafte oder alarmierende Vermorschung, müssen aber für diese beiden Zustandsklassen nicht zwingend vorhanden sein (kann auch jahreszeitlich bedingt sein).



Anhang 1: Übersicht der Schadensbilder Wasser



Anhang 2: Faktenblätter Schadensbilder

SCHADENSbilder INSPEKTION

BASISLISTE WASSER

			Werkart	Sperre / Schwelle	Rampe	Flächenhafte Sohlsensicherung	Bühne	Längsverbau	Lebendverbau	Eindolung	Damm	Hochwasserschutzmauer	Hochwasserrückhaltebauwerk	Rückhalte- / Leitdamm	Geschieberückhaltebauwerk	Schwemmholzrückhaltebauwerk	Eisrückhaltebauwerk	Entlastungsbauwerk	Umleit- / Entlastungsstollen	Entlastungsgerinne / -kanal	andere Werkart linear	andere Werkart punktuell
Nummer	Schadensbild	Ursache																				
11	Einbindung Bauwerksohle	Abtrag von Sohlenmaterial führt zu Verlust der Einbindung. Mechanismen: a) lokale Kolkbildung b) Sohlenabsenkung		x	x	x	x	x	x	x			x		x	x				x		
12	Seitliche Einbindung	Verlust der seitlichen Einbindung durch Abtrag des Hanges. Mechanismen: a) Ausbreitung des Kolks b) Abfluss über Flügel c) instabiler Hang d) Oberflächenwasser Hang Landseitiger Verlust der seitlichen Einbindung bei linearen SBW		x		x	x	x	x	x			x		x	x						
13	Unterströmung	Bei Querbauwerken. Mechanismen: a) Auskolkung b) hydr. Grundbruch (z.B. Sickerströmung)		x	x	x	x		x				x		x	x	x					
14	Umgehung des Bauwerks	Bergseitige Verlandung od. Verklausung führt zu Verlagerung der Bachachse um das Bauwerk herum.		x	x	x	x	x	x				x		x	x	x			x		
15	Unplanmässige Hangbewegung	Durch Bewegung der seitlichen Hänge kommt es zu Schäden am Tragwerk (Riss, Verformung, Abplatzung, Bruch).		x			x		x				x		x	x	x			x		
16	Erosion / Abrasion / Abtrag	Oberflächliche bis schwere Abträge von Bauteilen oder des Tragwerks durch mechanische Beanspruchung.		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x					
17	Bauwerksbewegung (als Ganzes)	Starrkörperbewegung (Setzen, Gleiten, Kippen als Ganzes) infolge Untergrundbewegungen oder Belastungen.		x			x	x		x		x	x		x		x					
18	Sicherheits-einrichtungen	Fehlerhafte Sicherheitseinrichtungen, wo diese obligatorisch sind (fehlende oder beeinträchtigte Sicherheitseinrichtungen).						x		x		x	x		x			x	x			
19	Verwitterung / Abplatzung / Korrosion / Vermorschung	Verwitterung oder Abplatzung infolge freier Bewitterung (Beton, Stein inkl. Fugen). Sauerstoffkorrosion bei Bauteilen aus Metall inkl. Seile. Physikalische Verwitterung und biogene Vermorschung bei Holz.		x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x		
20	Verformung / Riss / Setzung / Bruch	Überbeanspruchung durch verschiedene Einwirkungen und Beanspruchungen; Zwangsbeanspruchung aus Temperaturverformung oder Verformung im Untergrund.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
21	Bewuchs / Durchwurzlung	Bewuchs, meist an vorausgehend beeinträchtigten Bereichen, führt zu Beeinträchtigung durch Wurzeldruck und zusätzlicher Beanspruchung des Bauwerks.		x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
22	Durchfeuchtung / Durchströmung	Beanspruchung des Bauwerks durch bergseitigen Wasserdruck (Beton, Stein). Durchströmung führt infolge innerer Erosion zu einer Ausschwemmung des Füllmaterials (Holz). Durchströmung entlang von Schwachstellen oder durchlässigen Schichten infolge innerer Erosion führt zu Destabilisierung (Erde).		x			x	x			x	x	x	x	x		x	x				
23	Ausrüstungsteile (Verbindungselemente, Anker, Schäkel, Seilklemme, Abdeckung)	Fehlerhafte Ausrüstungsteile (Metall), die tragende Teile verbinden, fixieren oder abdecken.		x								x	x		x	x	x	x				
24	Oberflächenerosion	Materialabtrag durch erosive oder abrasive Prozesse (Erde).									x			x								
25	Aushöhlung durch Tiere	Beeinträchtigung durch Tierhöhlen (Erde).									x			x								
26	Fehlende Speicherkapazität im Retentionsraum (Räumung)	Fehlende Speicherkapazität infolge ausgebliebener Räumung.													x							
27	Abstand / Ausgestaltung vor Engnis	Unterschiedliche Gebrauchstauglichkeit je nach Ausgestaltung des Rechens und Abstand bis zum nachfolgenden Engnis.														x						
Anzahl				12	6	7	11	10	8	8	6	7	13	6	14	11	10	6	4	6	0	0

SCHADENSBILD 11: EINBINDUNG BAUWERKSOHLE

Beeinträchtigungen

Dieses Schadensbild tritt bei fast allen Werksarten auf. Es ist charakterisiert durch den Verlust der unteren Einbindung des SBW. Dadurch verliert das SBW den geotechnischen Widerstand in der Sohle (meist Lockermaterial).

Phänomene:

- Untere Einbindung des SBW ist reduziert.
- Unterkante des Fundaments liegt teilweise oder vollständig frei.
- Sekundäre Beeinträchtigungen durch Rissbildung und Bauwerksbewegung sind zu erwarten oder bereits eingetreten (20 *Verformung/Riss/Setzung/Bruch*). Bei Material Stein können diese herausfallen (19 *Verwitterung/Abplatzung/Korrosion/Vermorschung*).

Dieses Schadensbild beeinträchtigt die Tragfähigkeit.

Ursachen

Es gibt zwei unterschiedliche Mechanismen, die zum Abtrag des Sohlenmaterials führen:

- Kolkbildung: der Kolk unter dem Absturz breitet sich zu weit aus und gefährdet die Standsicherheit des SBW.
- Sohlenabsenkung: es tritt eine generelle Sohlenabsenkung durch Tiefenerosion ein (Gefälle, Geschiebefracht, Geschiebehaushalt).

Zustandsklassen

Einwandfrei (1)	Mangelhaft (2)	Schadhaft (3)	Alarmierend (4)
Keine oder unbedeutende Kolkbildung, oder keine Sohlenabsenkung im Bereich des Fundaments. Die untere Einbindung ist vollständig eingebettet.	Grosse Kolkbildung, jedoch keine Unterkolkung, oder geringfügige Sohlenabsenkung im Bereich des SBW. Die untere Einbindung liegt zwar teilweise frei, ist aber intakt (nicht unterspült).	Grosse Kolkbildung mit Unterkolkung, oder deutliche Sohlenabsenkung im Bereich des SBW. Die Unterkante des Fundaments liegt frei und ist teilweise unterspült.	Massive Kolkbildung mit Unterkolkung, oder massive Sohlenabsenkung im Bereich des SBW. Die Unterkante des Fundaments liegt frei und ist grösstenteils unterspült.

Relevante Werksarten

<input checked="" type="checkbox"/> Sperre/Schwelle	<input checked="" type="checkbox"/> Lebendverbau	<input type="checkbox"/> Rückhalte-/Leitdamm	<input type="checkbox"/> Umleit-/Entlastungsstollen
<input checked="" type="checkbox"/> Rampe	<input checked="" type="checkbox"/> Eindolung	<input checked="" type="checkbox"/> Geschieberückhaltebauwerk	<input checked="" type="checkbox"/> Entlastungsgerinne/-kanal
<input checked="" type="checkbox"/> Flächenhafte Sohlensicherung	<input type="checkbox"/> Damm	<input checked="" type="checkbox"/> Schwemmholzurückhaltebauwerk	<input type="checkbox"/> Andere Werksart linear
<input checked="" type="checkbox"/> Bühne	<input type="checkbox"/> Hochwasserschutzmauer	<input type="checkbox"/> Eistrückhaltebauwerk	<input type="checkbox"/> Andere Werksart punktuell
<input checked="" type="checkbox"/> Längsverbau	<input checked="" type="checkbox"/> Hochwasserrückhaltebauwerk	<input type="checkbox"/> Entlastungsbauwerk	

Zu berücksichtigende Faktoren

Prozess

- Vorhandener Kolkschutz?
- Sekundäre Beeinträchtigungen sichtbar?

Material

-

Weitere Hinweise

Faustregeln Sohlensicherung punktuell

- schadhaft: < ¼ des Fundaments ist unterspült.
- alarmierend: > ¼ des Fundaments ist unterspült.

Faustregeln Längsverbau

- schadhaft: < 3 m' des Fundaments ist unterspült.
- alarmierend: > 3 m' des Fundaments ist unterspült.

Abgrenzung zu anderen Schadensbildern

- 16 *Erosion/Abrasion/Abtrag*: die Ursache für die oberflächlichen Beeinträchtigungen liegt in einem mechanischen Verschleiss durch Schleppspannung. Also: Wasser und/oder Geschiebe haben Steine/Blöcke mitgerissen.
- 19 *Verwitterung/Abplatzung/Korrosion/Vermorschung*: Fehlende Steine/Blöcke aufgrund stark verwitterter Fugen (Schwerkraft).



Kurze Blockrampe mit grossem Kolk (bis auf Felsuntergrund). Die untere Einbindung ist jedoch intakt und nicht unterspült (keine Unterkolkung).



Holzsperrre mit grossem Kolk. Die untere Einbindung ist jedoch intakt und nicht unterspült (keine Unterkolkung).



Längsverbau Beton. Nach einer Sohlenabsenkung wurde die untere Einbindung lokal unterspült ①.



Holzsperrre mit Vorsperre. Die Vorsperre ist lokal unterspült ①.



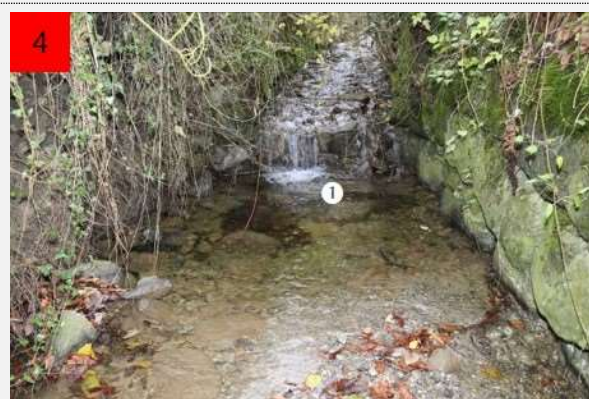
Längsverbau Stein mit lokaler Unterspülung ① und herausgefallenen Steinen aufgrund einer Sohlenabsenkung (②, wird als Schadensbild 19 Verwitterung/Abplatzung/... bewertet).



Holzschwelle, welche auf der ganzen Länge unterspült ist und frei liegt.



Längsverbau Stein mit Unterspülung. Deutlich sichtbar auch die sekundären Beeinträchtigungen 20 Verformung/Riss/Setzung/Bruch ① und 16 Erosion/Abrasion/Abtrag ②.



Pflasterung Stein. Die untersten Meter wurden vollständig abgetragen, die Unterkante des Fundaments liegt frei und ist unterspült ①.