BAW
Bundesanstalt für Wasserbau

Kompetenz für die Wasserstraßen

BAWMerkblatt

Schadensbewertung an Verkehrswasserbauwerken der Inspektionskategorie A (MSV-A)

Ausgabe 2023

BAW
Bundesanstalt für Wasserbau

Kompetenz für die Wasserstraßen

BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien
Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53
76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0
Fax: 0721 9726-4540

info@baw.de
www.baw.de

Copyright: Creative Commons BY-ND 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/
Soweit nicht anders angegeben, liegen alle Bildrechte bei der BAW.

Karlsruhe · März 2023 · ISSN 2192-5380

Inhaltsverzeichnis Seite

1	Einleitung	1
1.1	Änderungen zur letzten Version	2
2	Allgemeines	3
2.1	Bewertungsgrundsätze	3
2.2	Definitionen der Schadensklassen	4
2.3	Definition der Prüf-, Teil- und Zustandsnote	5
2.4	Gutachterliche Bewertung	6
3	Massivbau	7
3.1	Oberflächenschäden Beton und Stahlbeton	7
3.1.1	Oberfläche systematisch abgetragen	7
3.1.2	Oberfläche geschädigt	12
3.1.3	Oberfläche offen	19
3.1.4	Oberfläche mit Feuchtigkeitsaustritt	23
3.1.5	Netzrisse	25
3.1.6	Sonstige Oberflächenschäden	28
3.2	Oberflächenschäden Mauerwerk	30
3.2.1	Schäden an Mörtelfugen	30
3.2.2	Schäden an Mauerwerkssteinen	34
3.2.3	Schäden am Gesamtmauerwerk	36
3.2.4	Oberfläche mit Feuchtigkeitsaustritt	42
3.3	Risse im Massivbau	45
3.3.1	Einzelrisse im Stahlbeton	45
3.3.2	Einzelrisse im unbewehrten Beton	49
3.3.3	Risse im Mauerwerk	51
3.4	Schäden an der Bewehrung	54
3.4.1	Bewehrung korrodiert	54
3.4.2	Bewehrung gerissen	58
3.5	Verformungen	60
4	Kunststoff und Elastomer	65
4.1	Schäden an Raumfugen und Dehnungsfugen	65
4.1.1	Schäden an Dehnungsfugenbändern	65
4.1.2	Schäden an Fugenabschlussbänder, an Fugenfüllplatten, an Kompressionsdichtungen	67
4.2	Schäden an Schlauchmembranen	68
4.2.1	Oberflächenveränderungen der Membranen	68
4.2.2	Risse in Membranen	69
4.2.3	Schäden an Fügestellen von Membranen	69
4.3	Schäden an elastischen Dichtungen im Stahl(wasser)bau	70
4.3.1	Oberflächenveränderungen der elastischen Dichtungen	70
4.3.2	Risse in elastischen Dichtungen	71
4.3.3	Verformungen von elastischen Dichtungen	72
5	Stahl(wasser)bau	73
5.1	Korrosion	74
5.1.1	Mulden-/Narbenkorrosion	74
5.1.2	Flächige Korrosion	76

5.1.3	Spaltkorrosion	78
5.1.4	Kontaktkorrosion (Bimetallkorrosion)	79
5.1.5	Kantenabrostung an Profilen und Blechen	82
5.1.6	Mikrobiell beeinflusste Korrosion (engl. MIC)	86
5.2	Verformungen	89
5.3	Risse	91
5.4	Schäden an Verbindungsmitteln	92
5.4.1	Schäden an Schrauben und Nieten	92
5.4.2	Schäden an Schweißnähten	96
6	Holzbau	97
6.1	Insektenbefall	97
6.2	Pilzbefall	98
6.3	Oberflächenverwitterung	100
6.4	Oberfläche mit Feuchtigkeit	101
6.5	Oberflächenschäden	102
6.6	Risse	103
7	Deckwerksbau	105
7.1	Deckwerke mit Dichtungsfunktion	107
7.1.1	Deckwerke mit einer Deckschicht aus losen Wasserbausteinen	107
7.1.2	Deckwerke mit einer Deckschicht aus teilvergossenen Wasserbausteinen	110
7.1.3	Deckwerke mit einer Deckschicht aus vollvergossenen Wasserbausteinen	112
7.2	Deckwerke ohne Dichtungsfunktion	114
7.2.1	Deckwerke mit einer Deckschicht aus losen Wasserbausteinen	114
7.2.2	Deckwerke mit einer Deckschicht aus teilvergossenen Wasserbausteinen	117
7.2.3	Deckwerke mit einer Deckschicht aus vollvergossenen Wasserbausteinen	119
8	Korrosionsschutz	120
8.1	Passiver Korrosionsschutz mit Beschichtungssystem	122
8.1.1	Risse in der Beschichtung	122
8.1.2	Blasen in der Beschichtung	124
8.1.3	Abblätterung der Beschichtung	126
8.1.4	Rostgrad der Beschichtung	127
8.2	Aktiver Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden	128
8.3	Aktiver Korrosionsschutz mit Fremdstrom	130
9	Literaturverzeichnis	132

1 Einleitung

Das vorliegende Merkblatt dient der Unterstützung bei der Bewertung von Schäden an Verkehrswasserbauwerken der Inspektionskategorie A nach VV-WSV 2101 (Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2022). Ziel dieses Merkblattes ist es, Schäden innerhalb der WSV einheitlich zu erfassen und zu bewerten.

Es wurde schwerpunktmäßig von den Fachreferaten der Abteilung Bautechnik der Bundesanstalt für Wasserbau erstellt.

Vorrangig wurde dieses Merkblatt als Online-Hilfe für das Programmsystem WSVPruf entwickelt. Bei der Bearbeitung wurde aber darauf geachtet, den Aufbau so zu gestalten, dass auch ein gebundenes Nachschlagewerk möglich ist.

Da dieses Merkblatt einen Teilbereich bzw. Teilaktivität der bautechnischen Inspektion behandelt, wird ausschließlich der Begriff Bauwerk (anstelle des Begriffs Objekt) verwendet.

Das Merkblatt wurde wir folgt aufgebaut:

Im zweiten Kapitel werden die Bewertungsgrundsätze der Bauwerksprüfung und Bauwerkszwischenprüfung sowie die Definitionen der Schadensklassen, der Prüfnote und der Teil- und Zustandsnoten erläutert. Im Anschluss folgen die jeweiligen Fachkapitel.

Kapitel	Benennung
3	Massivbau
4	Kunststoff und Elastomer
5	Stahl(wasser)bau
6	Holzbau
7	Deckwerksbau
8	Korrosionsschutz

Die Fachkapitel gliedern sich nach Bauweisen/Baustoffen. Innerhalb der Fachkapitel finden sich verschiedene Schadensbegriffe, die in den einzelnen Kapiteln näher beschrieben werden. Am Ende eines jeden Kapitels wird die Vorgehensweise an einigen Beispielen aufgezeigt.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für eine fachgerechte Bewertung der Schäden. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder die richtige Anwendung im konkreten Einzelfall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Außerdem erhebt dieses Merkblatt nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Gegeben falls werden von der Bundesanstalt für Wasserbau Ergänzungen und Änderungen vorgenommen. Die Online-Hilfe wird automatisch im Programm aktualisiert. Die derzeit gültige Fassung des Merkblattes befindet sich auf der Internetseite der Bundesanstalt für Wasserbau unter Service & Wissen.

1.1 Änderungen zur letzten Version

Auf folgende Änderungen, Überarbeitungen bzw. Neuerungen wird hingewiesen:

Kapitel 1 „Einleitung“

Überarbeitung des Textes aufgrund der neuen VV-WSV 2101 und dem neuen BAWMerkblatt Schadensbewertung an Verkehrswasserbauwerken der Inspektionskategorie B (MSV-B) (Bundesanstalt für Wasserbau 2022).

Kapitel 2 „Allgemeines“

Die Definitionen verschiedener Begriffe (Schaden, Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit) wurden in die VV-WSV 2101 übernommen und werden in diesem Merkblatt gelöscht.

Das Kapitel „Art der Schadensklassifizierung“ wurde inhaltlich in das Kapitel „Definitionen der Schadensklassen“ integriert.

2.1 Bewertungsgrundsätze (Anpassungen an die neue Begrifflichkeit)

2.2 Definitionen der Schadensklassen (Verschmelzung der ehemaligen Kapitel Art der Schadensklassifizierung und Definition der Schadensklassen sowie Layoutanpassungen aufgrund MSV-B)

2.3 Definitionen der Prüf-, Teil- und Zustandsnoten (Layout- und redaktionelle Anpassungen aufgrund MSV-B)

2.4 Gutachterliche Bewertung (redaktionelle Anpassungen aufgrund MSV-B)

Kapitel 5 „Stahl(wasser)bau“

Integration eines neuen Kapitels.

5.1.6 Mikrobiell beeinflusste Korrosion (MIC)

Kapitel 8 „Korrosionsschutz“

Integration neuer Kapitel:

8.2 Aktiver Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden

8.3 Aktiver Korrosionsschutz mit Fremdstrom

Kapitel 9 „Literaturverzeichnis“

Überarbeitung des Literaturverzeichnisses aufgrund der neuen VV-WSV 2101 und dem neuen BAWMerkblatt Schadensbewertung an Verkehrswasserbauwerken der Inspektionskategorie B (MSV-B).

2 Allgemeines

2.1 Bewertungsgrundsätze

Folgende Grundsätze gelten bei der Bewertung von Schäden im Rahmen der Bauwerksprüfung und Bauwerkszwischenprüfung:

Bei der Bauwerksinspektion sollen nur Schäden erfasst und dokumentiert werden.

Die Schäden sollen im Hinblick auf die Tragfähigkeit und/oder die Gebrauchstauglichkeit bewertet werden.
Andere Begriffe wie Standsicherheit, Funktionssicherheit und Betriebsfähigkeit u. ä. sind damit mitberücksichtigt.

Ausschlaggebend für die Bewertung der Schäden ist der aktuelle Zustand zum Zeitpunkt der Bauwerksinspektion.
Sicher und genau kann im Rahmen der Bauwerksinspektion nur der aktuelle Zustand bewertet werden. Eine Prognose in die Zukunft ist nur insofern notwendig, dass ein Schaden ohne akuten Handlungsbedarf nicht innerhalb des Prüfintervalls einen Status erreicht, der sofortigen Handlungsbedarf erfordern würde. Weitere Anforderungen bestehen auch seitens der Verkehrssicherungspflicht nicht an die Bauwerksprüfung und Bauwerkszwischenprüfung.

Bewertet wird ein Schaden in Bezug auf das betroffene Bauteil, nicht in Bezug auf die Gesamtanlage und nicht in Bezug auf das Schadensausmaß.
Dieser Punkt stellt sicher, dass das Bewertungsobjekt einheitlich gewählt wird. Für die weiteren Definitionen und Festlegungen ist dies erforderlich. Bauteile können eine Steigeleiter und eine Absturzsicherung sein, ebenso ein Schütz, ein Stemmtorflügel und ein Kammerblock. Der Begriff "Bauteil" kann damit auch als kleinste Instandsetzungseinheit verstanden werden.

2.2 Definitionen der Schadensklassen

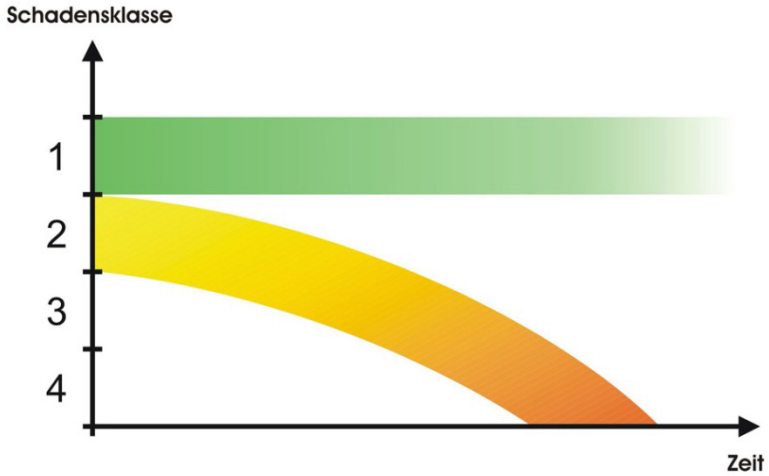
Die erfassten Schäden sind mit einer einteiligen Zahl einer Schadensklasse (SK) 1 - 4 zuzuordnen.

Schadensklasse 1 ist für die Schäden gedacht, die am Bauwerk gefunden werden, aber voraussichtlich keine Schadensentwicklung erfahren werden, bei dem sich der Zustand weiter verschlechtern wird. Klassische Beispiele sind Risse aus abfließender Hydratationswärme, Korrosion an Bewehrungsabstandshaltern oder kleinere Setzungen, die gemäß Messprogramm abgeschlossen sind.

Die Schadensklassen 2-4 beschreiben den Schadensentwicklungsprozess, der sich auf die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit des Bauteils auswirkt. Mit der Schadensklasse 2 beginnt dieser Prozess und er endet mit der Schadensklasse 4.

SK 1	Schaden, der aktuell die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit nicht beeinträchtigt und vermutlich auch zukünftig nicht beeinträchtigen wird. Dies können z. B. Schäden sein, die seit der Errichtung des Bauwerks vorhanden sind und sich seither nicht mehr verändert haben.
SK 2	Schaden, der aktuell die Tragfähigkeit und/oder die Gebrauchstauglichkeit nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt, aber mit vermuteter Entwicklung eine Beeinträchtigung darstellen wird. Eine weitere Beobachtung im Rahmen des vorgesehenen Prüfzyklus ist ausreichend.
SK 3	Schaden, der aktuell die Tragfähigkeit und/oder die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt; beide sind aber noch gegeben. Es ist zu prüfen, ob die weitere Beobachtung im Rahmen des vorgesehenen Prüfzyklus ausreichend ist oder ob eine Verkürzung des Intervalls erforderlich ist.
SK 4	Die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit des Bauteils sind nicht mehr gegeben. Schaden, der eine akute Gefährdung für die Menschen darstellt und/oder die Nutzung dieses Bauteils nicht mehr möglich macht. Während der Bauwerksprüfung sind sofortige Maßnahmen erforderlich, welche die Gefahr für Leib und Leben ausschließen bzw. abwenden.

Die nachfolgende Grafik soll den Zusammenhang zwischen Schadensprozess und Schadensklasse verdeutlichen.



2.3 Definition der Prüf-, Teil- und Zustandsnote

Aus den vergebenen Schadensklassen ermittelt das Programm WSVPruf mehrere Noten zwischen 1,0 und 4,0. Konkret handelt es sich dabei um eine Prüfnote sowie Teilnoten für Konstruktion, Stahlbau, Ausrüstung, Korrosionsschutz und Sonstiges, s. BAWMerkblatt Bauwerksinspektion (BAW 2020). Werden zwischen den Inspektionen Modifikationen an den Schäden vorgenommen, z. B. aufgrund von Instandsetzungen, wird aus der Prüfnote eine Zustandsnote. Die Notenskala von 1,0 bis 4,0 ist in vier Notenbereiche eingeteilt. Die ermittelten Noten werden einem der vier Notenbereiche zugeordnet, siehe folgende Tabelle. Die Bedeutung für das Objekt kann dem beschreibenden Text entnommen werden.

Prüf-, Teil- und Zustandsnote	Beschreibung
1,0 – 1,4	**sehr guter Zustand**
	Das Bauwerk weist keine Schäden auf, die eine Beeinträchtigung der Tragfähigkeit und/ oder Gebrauchstauglichkeit darstellen. Das vorgegebene Inspektionsintervall kann beibehalten werden.
1,5 – 2,4	**guter bis befriedigender Zustand**
	Das Bauwerk weist mindestens einen Schaden auf, der für ein Bauwerksteil eine geringfügige Beeinträchtigung der Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit darstellen kann. Das vorgegebene Inspektionsintervall kann beibehalten werden.
2,5 – 3,4	**ausreichender Zustand**
	Das Bauwerk weist mindestens einen Schaden auf, der für ein Bauwerksteil eine Beeinträchtigung der Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit darstellt, beides ist aber noch gegeben. Eine Auswirkung auf das gesamte Bauwerk ist möglich. Mittelfristig ist eine bauliche Maßnahme an einem Bauwerksteil/an dem Bauwerk zu erwarten. Eine Anpassung des Inspektionsintervalls ist gegebenenfalls erforderlich.
3,5 – 4,0	**nicht ausreichender bzw. ungenügender Zustand**
	Das Bauwerk weist mindestens einen Schaden auf, der für ein Bauwerksteil zu fehlender Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit führt. Eine Auswirkung auf das gesamte Bauwerk ist möglich. Wenn die Funktionsfähigkeit des Bauwerks erhalten bzw. wiederhergestellt werden soll, sind sofortige Maßnahmen einzuleiten. Eine Anpassung des Inspektionsintervalls ist gegebenenfalls erforderlich.

2.4 Gutachterliche Bewertung

Wenn das sachkundige Ingenieurpersonal den Schaden oder die Schadensursache sowie dessen Auswirkung unter Berücksichtigung von Bestandsstatiken, Bestandsplänen und anderen Unterlagen nicht umfassend beurteilen kann, sind das WSA und die GDWS darüber zu informieren.

Das WSA hat gegebenenfalls weitere Veranlassungen zu treffen, z. B. das Einholen einer gutachterlichen Bewertung des Schadens oder des Bauwerks bzw. Bauwerksteils. Diese gutachterliche Bewertung kann aus einer Stellungnahme eines fachkundigen Ingenieurs oder einem Gutachter mit materialtechnischen, experimentellen und/oder statischen Untersuchungen bestehen. Im Merkblatt sind bei den Ausführungen zu den Schäden sowie bei den Beispielschäden entsprechende Hinweise gegeben.

Zusätzlich sind Bauwerke mit einer Teilnote Konstruktion oder Stahlbau im ausreichenden oder nicht ausreichenden bzw. ungenügenden Notenbereich, die

- Schäden aufweisen, die die Tragfähigkeit und/ oder Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks signifikant beeinträchtigen und
- unter Umständen umfangreiche Instandsetzungen erforderlich machen,

einer ganzheitlichen gutachterlichen Bewertung zu unterziehen, falls das Inspektionspersonal den Zustand nicht umfassend beurteilen kann. Die gutachterliche Bewertung ist schriftlich zu dokumentieren.

3 Massivbau

3.1 Oberflächenschäden Beton und Stahlbeton

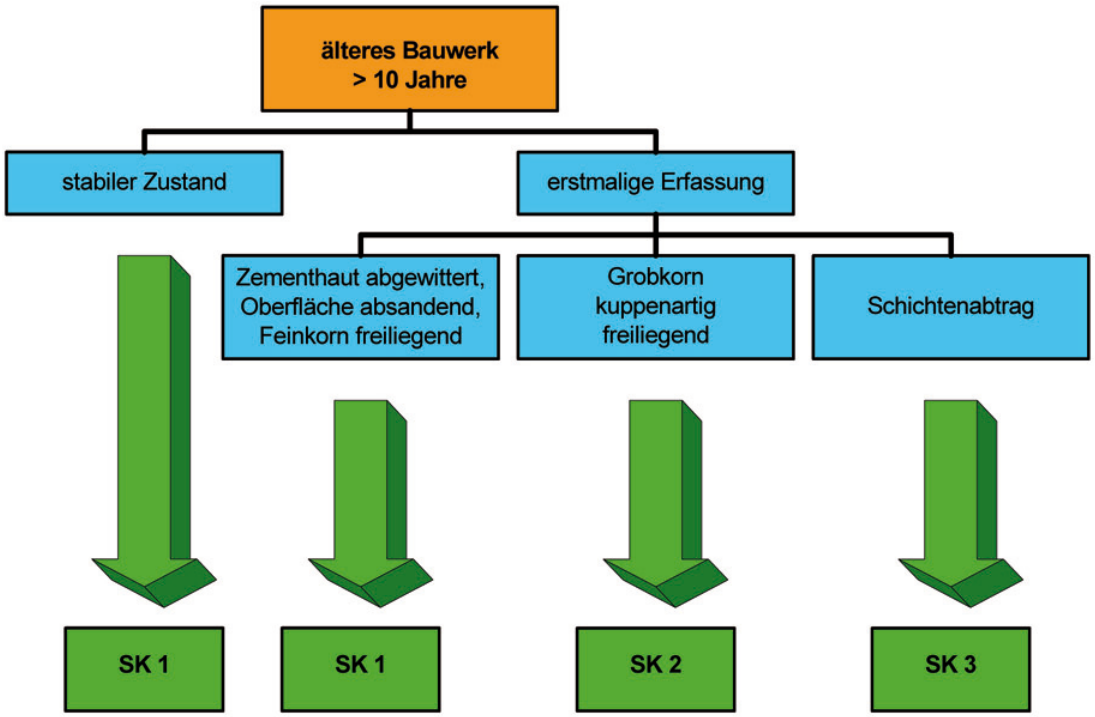
3.1.1 Oberfläche systematisch abgetragen

Mögliche Schadensursachen:

- Frost-(Tausalz)-Angriff bzw. Frostangriff in Verbindung mit Meerwasser (nachfolgend unter Frost-(Tausalz)-Angriff subsummiert)
- Abrasion (bei Geschiebebelastung)
- Betonkorrosion

Älteres Bauwerk > 10 Jahre

Die Abwitterung der Betonoberfläche ist eine normale Alterungserscheinung, wenn sie keine Auffälligkeiten aufweist. Bei der Unterscheidung stabiler Zustand oder erstmalige Erfassung sind folgende Grundsätze zu beachten:
Beim erstmaligen Auftreten des Schadens wird von einer Veränderung des stabilen Zustands ausgegangen (Pfad: erstmalige Erfassung). Handelt es sich um einen bekannten Schaden (z. B. durch vorangegangene Prüfung, Erfahrung des Prüfers oder des Anlagenverantwortlichen, …), dessen Ausprägung sich innerhalb eines bestimmten Zeitraums nicht verändert hat, so wird von einem stabilen Zustand ausgegangen.



Neueres Bauwerk < 10 Jahre

Bei langsam erhärtenden Betonen (z. B. bei CEM III: geringe Frühfestigkeit, Gefügedichte und Festigkeit nehmen mit dem Alter zu) sind eine abgewitterte Zementhaut, eine absandende Oberfläche und ein freiliegendes Feinkorngerüst im Regelfall der **SK 1** zuzuordnen.

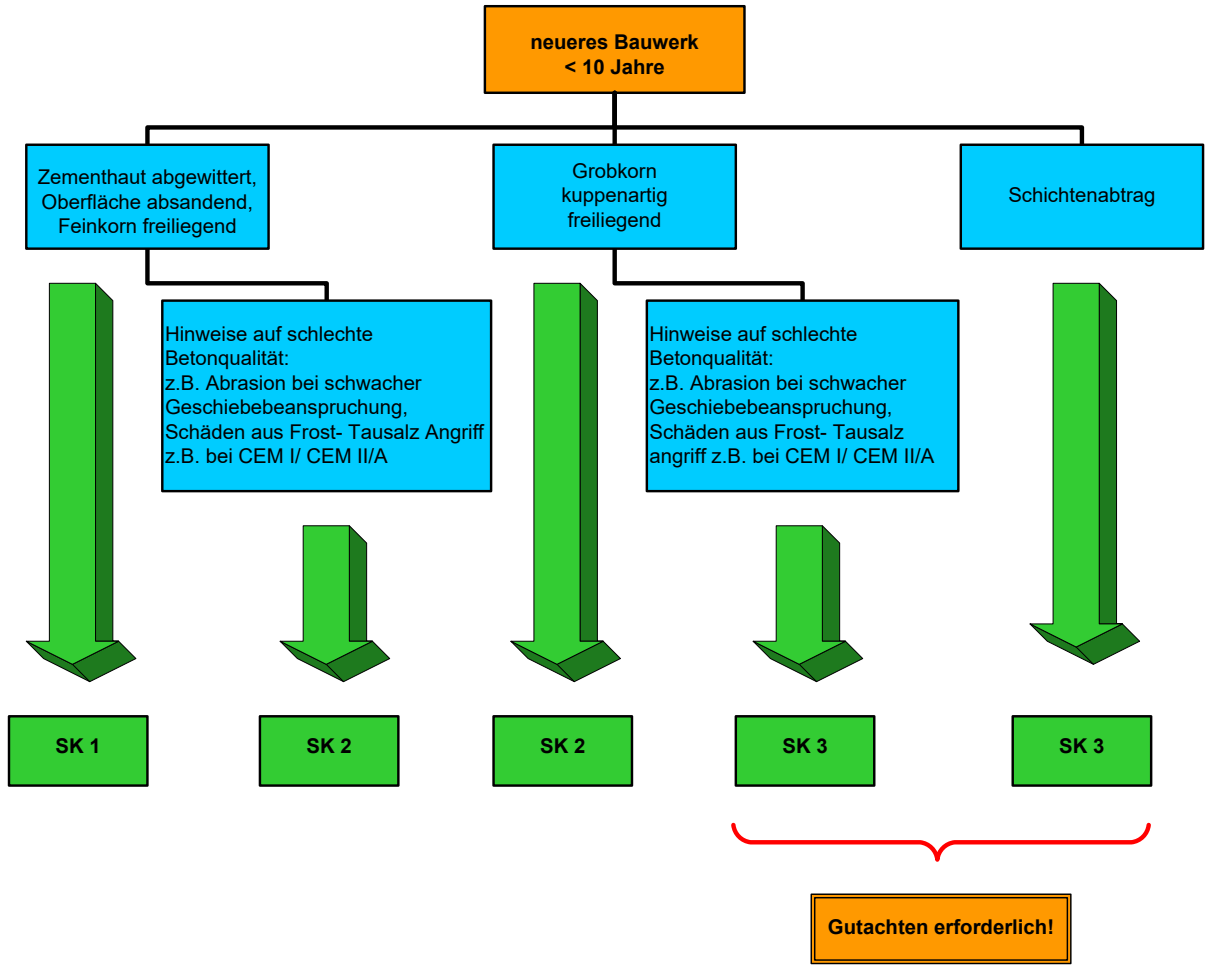
Ausnahmen davon sind:

- wenn bei Abrasion, insbesondere bei nur schwacher Geschiebebeanspruchung, ein entsprechendes Schadensbild auftritt und
- wenn Abwitterungen infolge Frost-(Tausalz)-Angriff bei normal bzw. schnell erhärtenden Betonen (z. B. mit CEM I oder CEM II/A: gute Frühfestigkeit, frühzeitig hohe Gefügedichte) auftreten.

Der Schaden ist dann entsprechend in **SK 2** einzustufen.

Bei freiliegendem Grobkorn erfolgt die Einstufung eine Schadensklasse höher, das heißt in der Regel in **SK 2**. Wenn das Schadensbild infolge Abrasion bei nur schwacher Geschiebebeanspruchung auftritt, ist entsprechend **SK 3** zu wählen. Das Gleiche gilt bei Abwitterung infolge Frost-(Tausalz)-Angriff bei normal und schnell erhärtenden Betonen (z. B. CEM I oder CEM II/A).

Erfolgt die Abwitterung in Form eines Schichtenabtrages ist unabhängig vom Alter des Bauwerks **SK 3** zu wählen.



Bei Schadensklasse 3 ist die Schadensursache durch eine gutachterliche Untersuchung zu bestimmen, da der Untersuchungsumfang der Bauwerksinspektion in der Regel nicht ausreicht, um eine fundierte Aussage zur Schadensentwicklung treffen zu können. Je nach Ergebnis kann dadurch gegebenenfalls eine bessere Schadensklasse festgelegt werden.

Beispiele:



Zementhaut abgewittert

Schadensursache:
Frost-(Tausalz)-Angriff

älteres Bauwerk: → **SK 1**

neueres Bauwerk:
keine Hinweise auf schlechte Betonqualität → **SK 1**

Schäden aus Frost-(Tausalz)-Angriff (CEM I) → **SK 2**



Feinkorn freiliegend

Schadensursache:
Frost-(Tausalz)-Angriff

älteres Bauwerk: → **SK 1**

neueres Bauwerk:
keine Hinweise auf schlechte Betonqualität → **SK 2**



Grobkorn kuppenartig freiliegend

Schadensursache:
Frost-(Tausalz)-Angriff

älteres Bauwerk:
erstmalige Erfassung → **SK 2**
stabiler Zustand → **SK 1**

neueres Bauwerk:
Schäden aus Frost-(Tausalz)-Angriff (CEM I) → **SK 3**

keine Hinweise auf schlechte Betonqualität → **SK 2**



Grobkorn kuppenartig freiliegend

Schadensursache:
Frost-(Tausalz)-Angriff

älteres Bauwerk:
erstmalige Erfassung → **SK 2**
stabiler Zustand → **SK 1**

neueres Bauwerk
CEM III: → **SK 2**
CEM I oder CEM II/A → **SK 3**
(ggf. Gutachten erforderlich)



Schichtenabtrag

Schadensursache:
Frost-(Tausalz)-Angriff

→ **SK 3**

Gutachten erforderlich



Feinkorn kuppenartig freiliegend

Schadensursache:
Abrasion

älteres Bauwerk: → **SK 1**

neueres Bauwerk:
schwache Geschiebebelastung → **SK 2**
starke Geschiebebelastung → **SK 1**



Grobkorn kuppenartig freiliegend

Schadensursache:
Abrasion

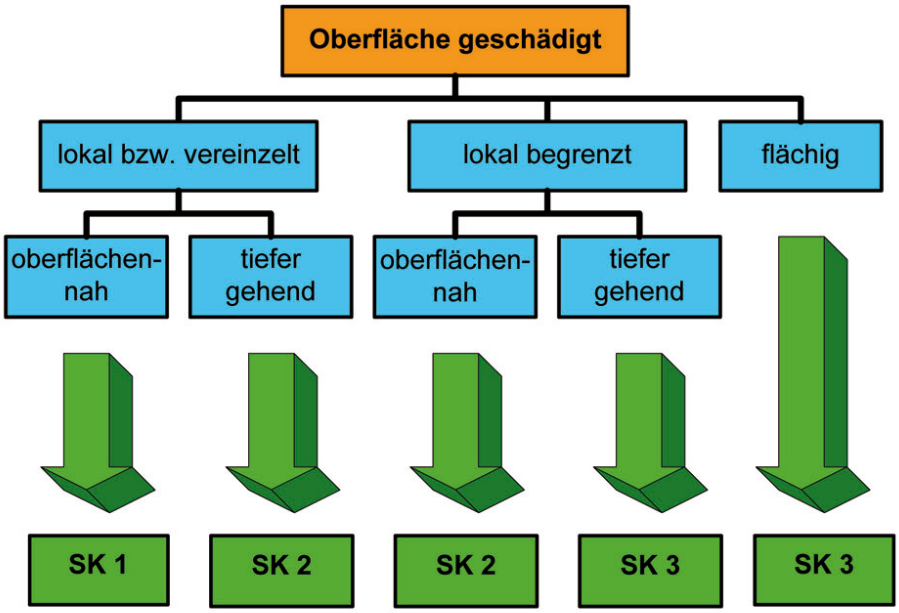
älteres Bauwerk: → **SK 2**

neueres Bauwerk:
schwache Geschiebebelastung → **SK 3**
starke Geschiebebelastung → **SK 2**

3.1.2 Oberfläche geschädigt

Mögliche Schadensursachen:

- Verschleiß, Abrasion
- Schiffsanfahrt
- Frost-(Tausalz)-Angriff
- Statische Überbeanspruchung
- Treibreaktionen (s. auch Kap. 3.1.5)
- Bewehrungskorrosion



Beispiele:



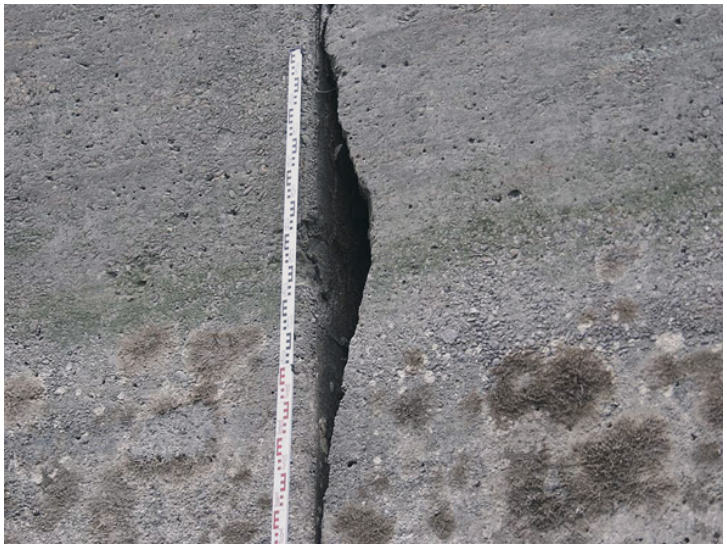
Kantenabbruch/abgearbeitet

Schadensursache:
Schiffsanfahrt

lokal begrenzt

oberflächennah

→ **SK 2**



Kantenabbruch an der Fuge

Schadensursache:
Schiffsanfahrt

lokal begrenzt

oberflächennah

→ **SK 2**



Kantenabbruch

Schadensursache:
Schiffsanfahrt

lokal begrenzt

tiefer gehend

→ **SK 3**

Achtung!
Handelt es sich hierbei um eine begehbare Fläche, muss aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht (Personenabsturz) die Schadensklasse **SK 4** gewählt werden!



Abplatzung

Schadensursache:
Frostangriff

flächig

mehrere Stellen

→ **SK 3**

Gutachten erforderlich



Abrasion

Schadensursache:
lokal starke Geschiebebelastung

tiefer gehend

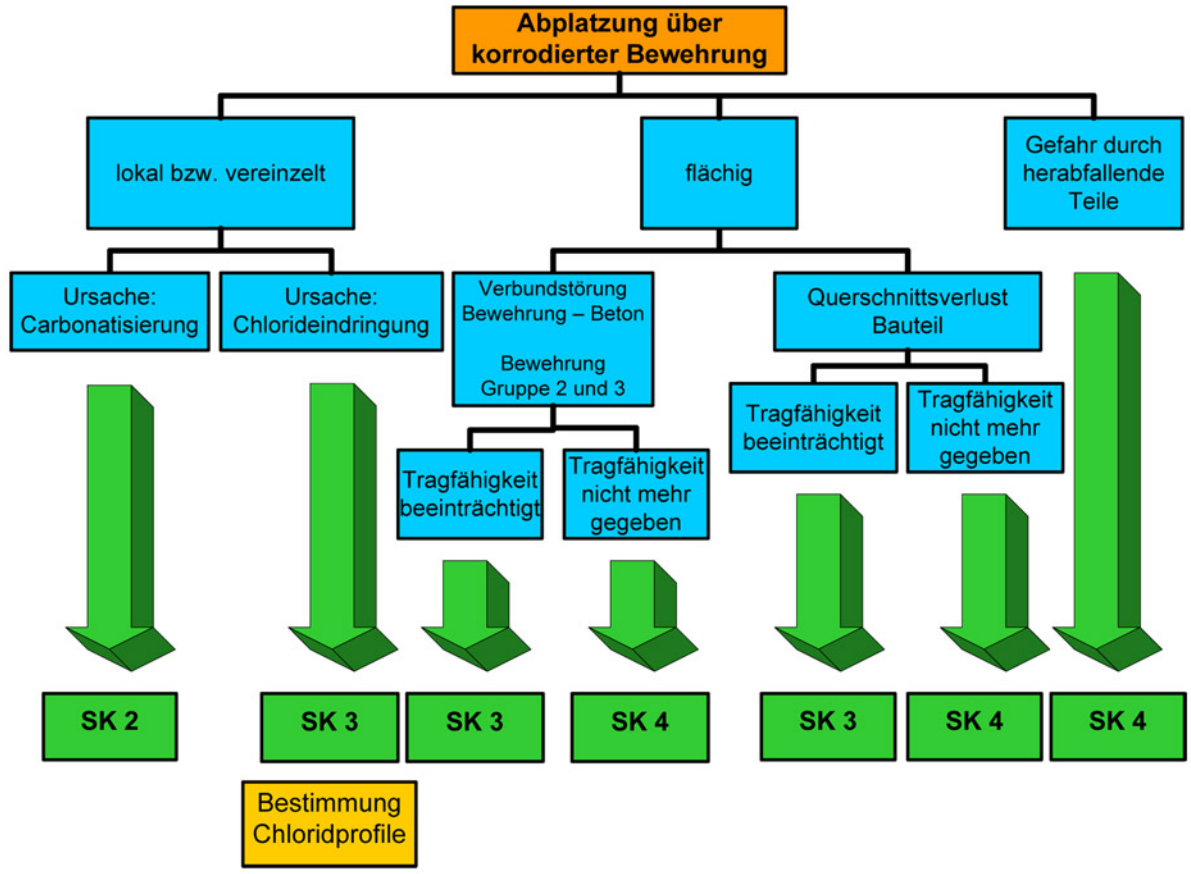
Bewehrung freigelegt

→ **SK 3**

Kapitel 3.4 Schäden an der Bewehrung beachten!

Abplatzung über korrodierter Bewehrung

Abplatzungen über korrodierter Bewehrung sind kritischer zu bewerten. Der auslösende Schadensprozess ist die Bewehrungskorrosion, die jedoch separat zu bewerten ist.



Beispiele:



Abplatzung über korrodierter Bewehrung

lokal bzw. vereinzelt

Ursache: Carbonatisierung

→ **SK 2**

Kapitel 3.4 Schäden an der Bewehrung beachten!



Abplatzung über korrodierter Bewehrung

lokal bzw. vereinzelt

Ursache: Chlorideindringung
(Kaje – Seewasser)

→ **SK 3**

Chloridprofile bestimmen!

Kapitel 3.4 Schäden an der Bewehrung beachten!



Abplatzung über korrodierter Bewehrung

flächig

Verbundstörung Bewehrung – Beton
Bewehrung Gruppe 2 und 3

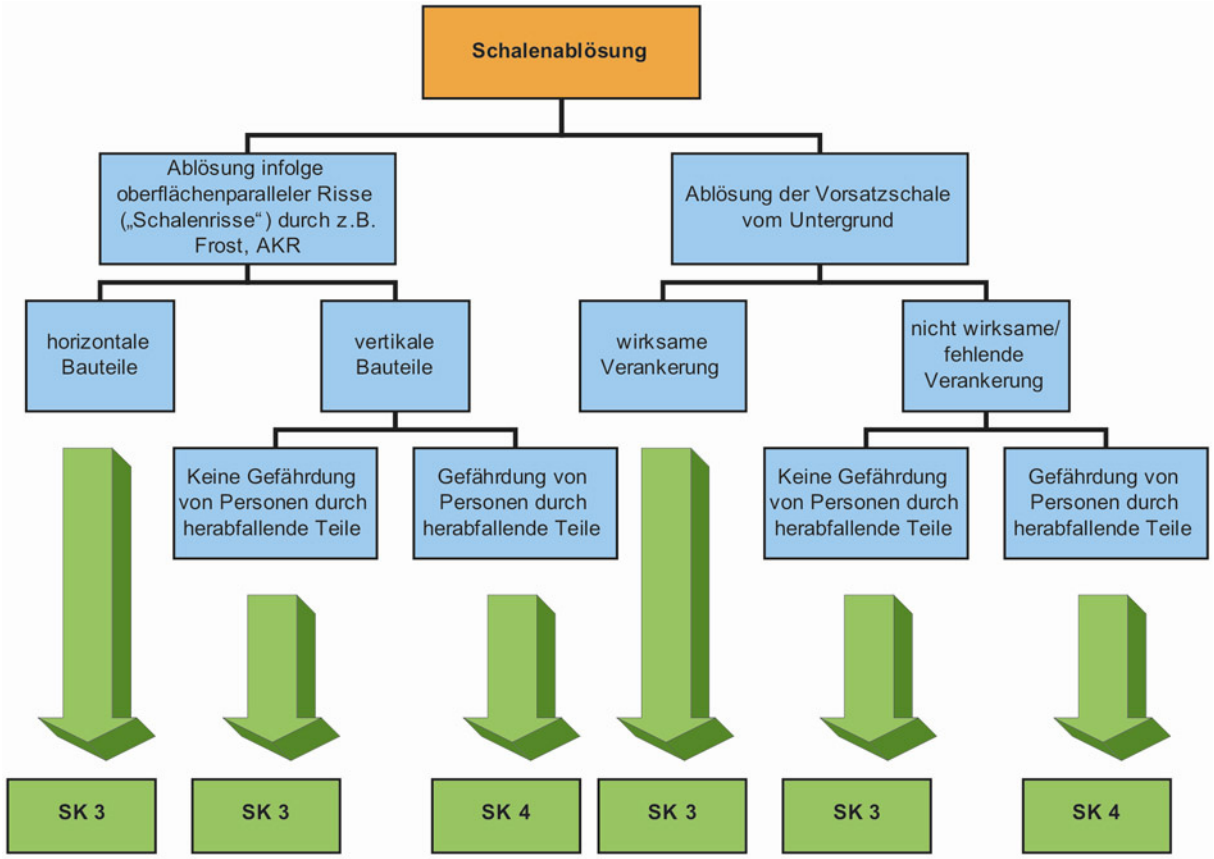
Tragfähigkeit nicht mehr gegeben

→ **SK 4**

Kapitel 3.4 Schäden an der Bewehrung beachten!

Schalenablösung

Eine Schalenablösung ist ein kritischer Schaden, denn es besteht kein Verbund und somit keine (ausreichende) Tragwirkung mehr.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Bereich sperren, lose Teile entfernen/abtragen, Sicherung durch z. B. Netze

Beispiele:



Schalenablösung

Schadensursache:
Frostangriff, verankerte Vorsatzschale

wirksame Verankerung → **SK 3**

nicht wirksame Verankerung,
Gefährdung von Personen durch herabfallende Teile → **SK 4**

Gutachten erforderlich!



Schalenablösung

Schadensursache:
Alkali-Kieselsäure-Reaktion

horizontales Bauteil

→ **SK 3**

Gutachten erforderlich!



Schalenablösung

vertikales Bauteil,
keine Gefährdung von Personen
durch herabfallende Teile

→ **SK 3**

Gutachten erforderlich!

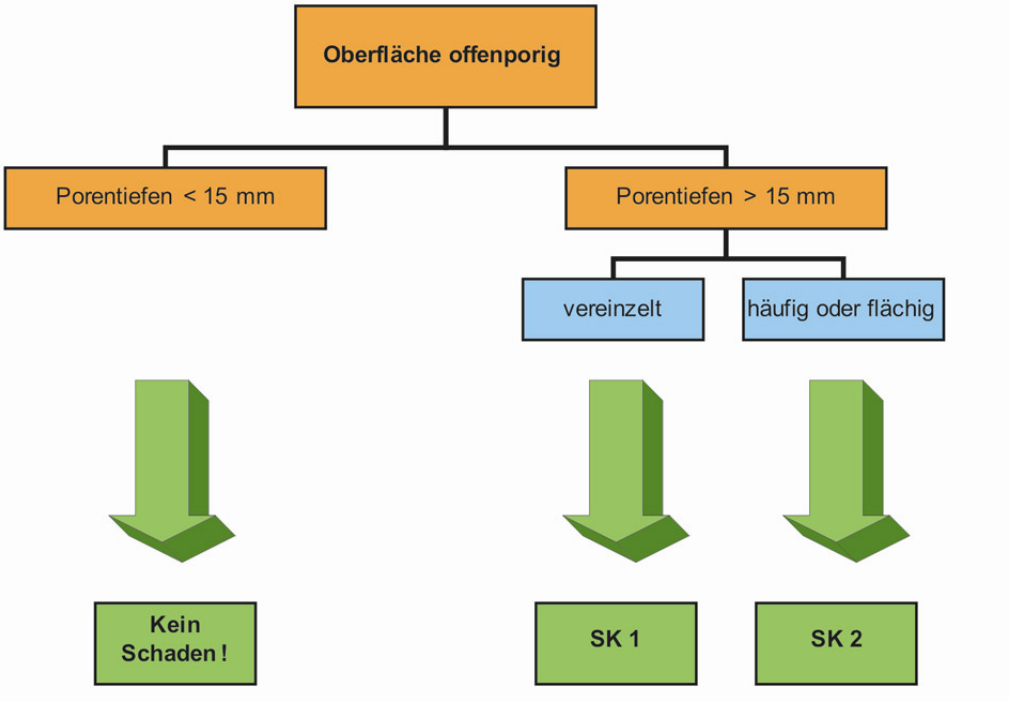
3.1.3 Oberfläche offen

Mögliche Schadensursachen:

- minderfeste Bereiche
- Verdichtungsmangel (z. B. Lunker)
- Einbaumangel
- Betonierfugen
- Rezepturfehler
- poröses Betongefüge

Oberfläche offenporig

Eine offenporige Stahlbeton- Oberfläche muss Porentiefen > 15 mm aufweisen, damit sie als schadhaft gilt. Tritt der Schaden vereinzelt auf, ist er **SK 1** zuzuordnen, bei häufigem oder flächigem Auftritt fällt der Schaden in **SK 2**.



Schadensursachen für eine offenporige Oberfläche können Verdichtungsmangel oder unsachgemäße Betonzusammensetzung sein.

Beispiel:



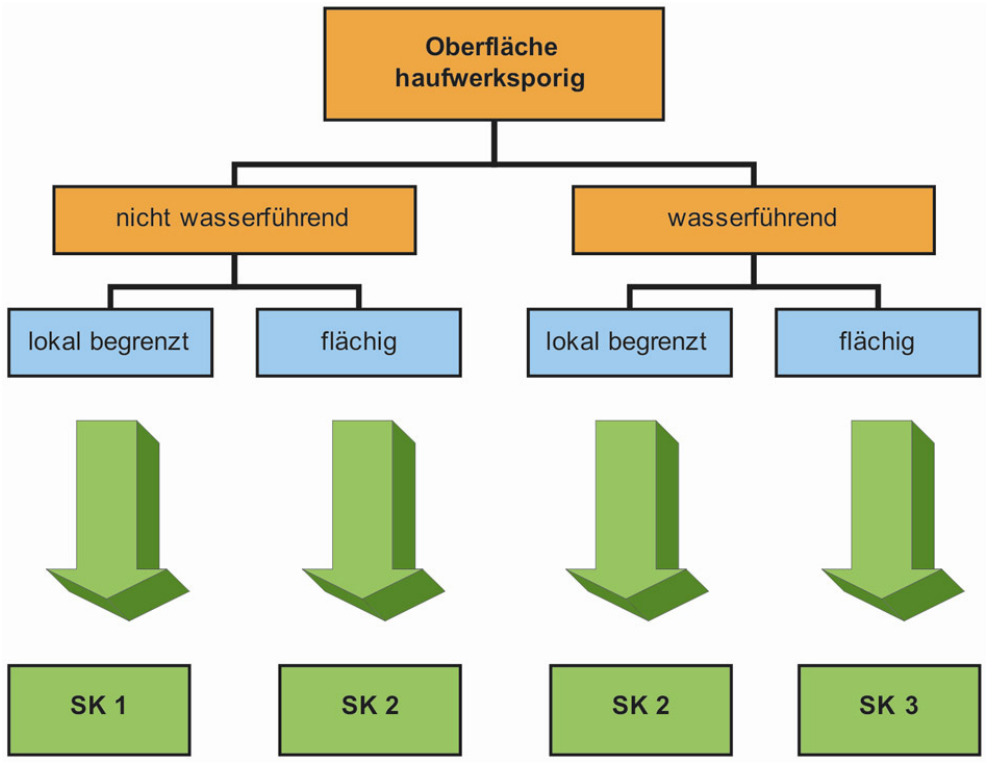
Oberfläche offenporig (Lunker)

Porentiefe > 15 mm

häufig und flächig

→ **SK 2**

Oberfläche haufwerksporig



Mögliche Schadensursachen für haufwerksporige Oberflächen sind: Einbaumängel, nicht sachgemäße Ausführung von Betonierfugen und Rezepturfehler.

Beispiel:



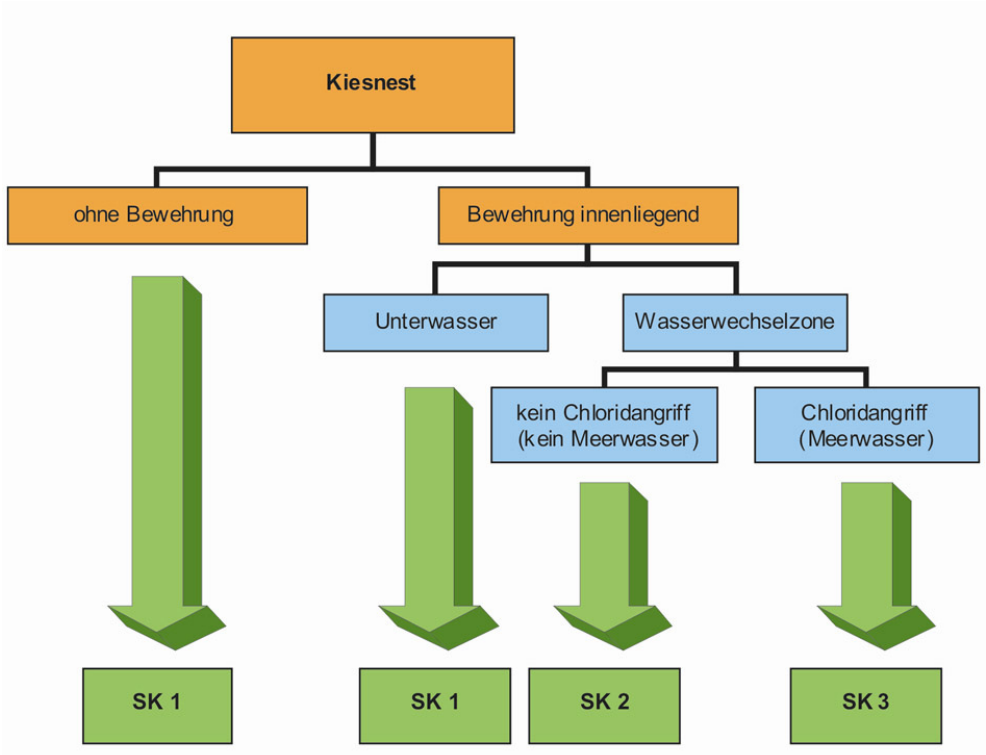
Oberfläche haufwerksporig

nicht wasserführend

flächig

→ **SK 2**

Kiesnest



Mögliche Schadensursachen für Kiesnester sind zu eng liegende Bewehrung, schlechter oder zu später Einbau, Entmischung oder mangelnde Verdichtung.

Beispiele:

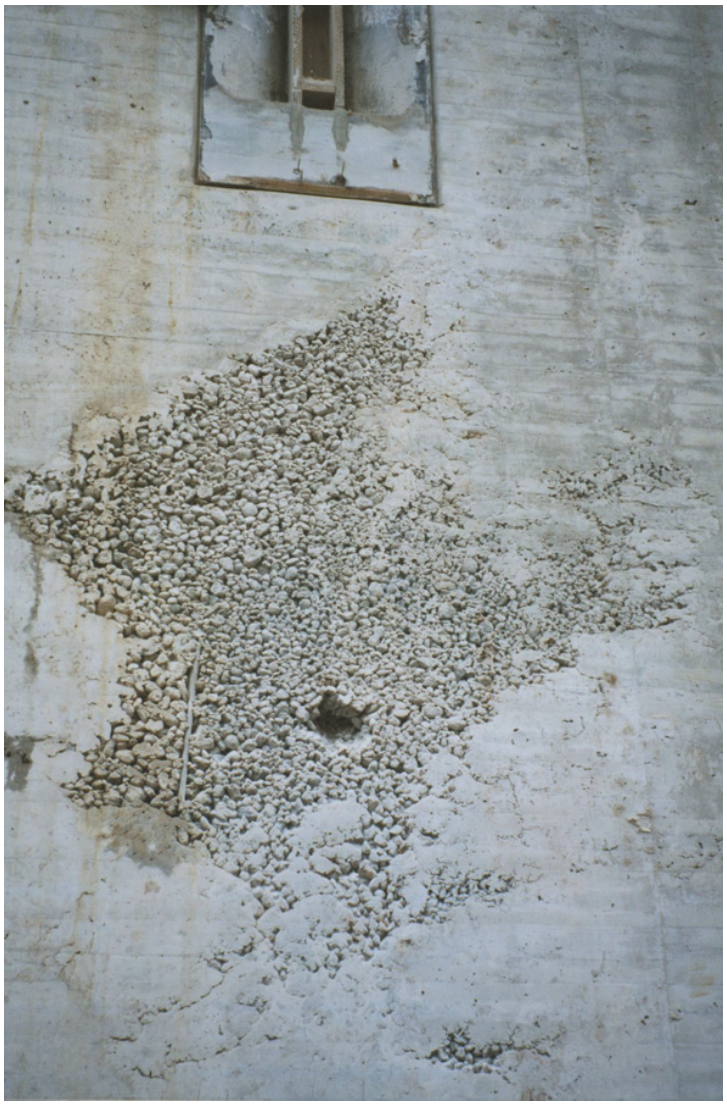


Kiesnest

Bewehrung innenliegend

Unterwasser

→ **SK 1**



Kiesnest

Bewehrung innenliegend

Wasserwechselzone

kein Chloridangriff
(kein Meerwasser) → **SK 2**

Chloridangriff
(Meerwasser) → **SK 3**

3.1.4 Oberfläche mit Feuchtigkeitsaustritt

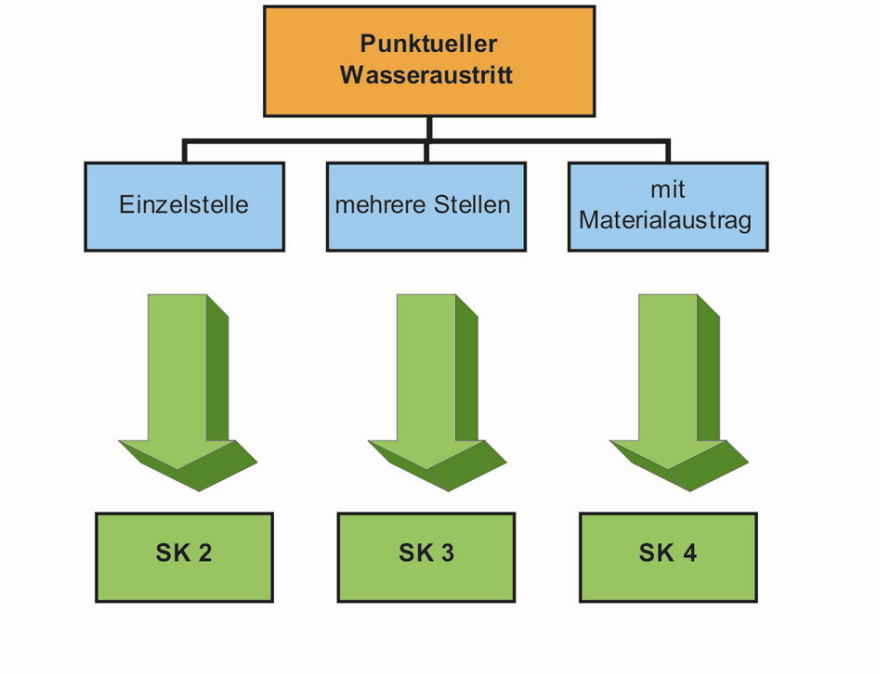
Betonoberflächen mit Feuchtigkeit lassen sich noch mal in zwei Kategorien unterteilen:

- Feucht- und Nassfläche
- punktueller Wasseraustritt

Für Feucht- und Nassflächen ist die potentielle Gefährdung durch Frost entscheidend für die Schadensklassifizierung:

keine Frostbeanspruchung: →**SK 1**
Frost-(Tausalz-)Angriff →**SK 2**

Bei punktuellem Wasseraustritt (infolge rückwärtiger Durchfeuchtung oder anstehendem Grundwasser) gilt folgendes Entscheidungsdiagramm:



Anmerkung:
Der Schaden „Punktueller Wasseraustritt“ ist an der Sohle kritischer als im Wandbereich, da die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs besteht.

Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Flutung oder Abdichtung, Begutachtung veranlassen

Beispiele:



rückwärtige Durchfeuchtung aufgrund undichter Arbeitsfuge

→ **SK 2**



punktueller Wasseraustritt

mehrere Stellen

→ **SK 3**

3.1.5 Netzrisse

Mögliche Schadensursachen:

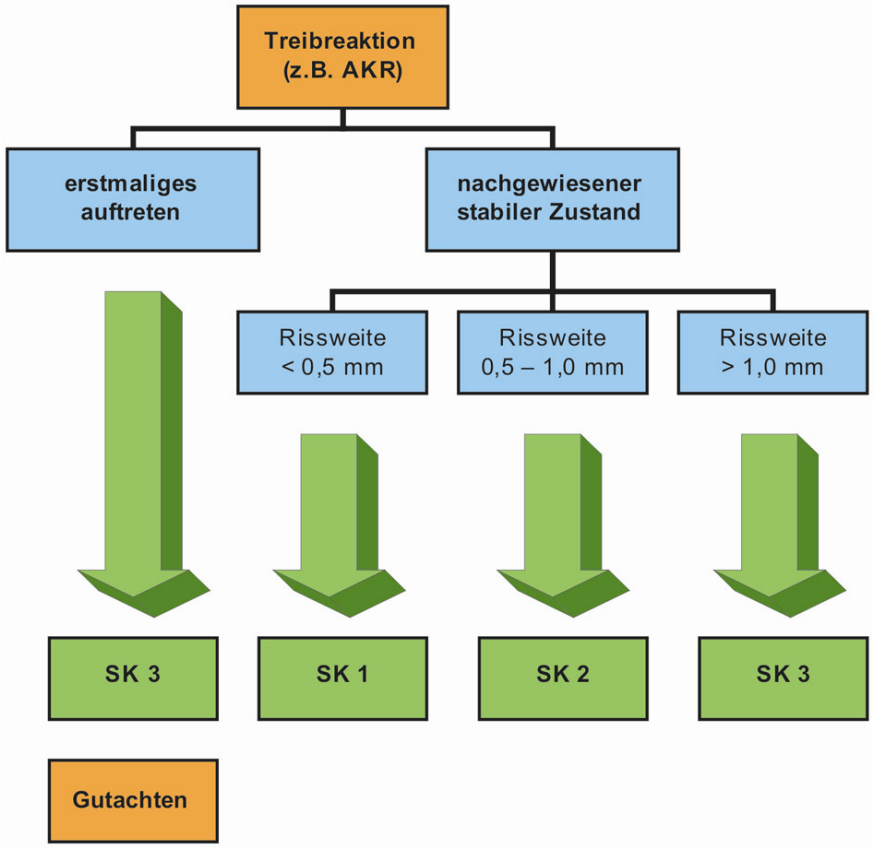
- Treibreaktion (z. B. Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Sulfattreiben, späte Ettringitbildung)
- Schwinden, Frost-(Tausalz-)Angriff

Treibreaktion

Bei der Alkali-Kieselsäure-Reaktion im Beton handelt es sich um eine Reaktion zwischen der reaktiven Kieselsäure in den Gesteinskörnern und den in der Porenlösung gelösten Alkalien. Bei ungünstigen Bedingungen kommt es zu einer Volumenzunahme im Umfeld der reaktiven Zuschlagkörner. Daraus resultieren dann Schäden wie Risse, Abplatzungen und Ausblühungen. Bei Treibreaktionen durch Sulfatangriff werden Zementbestandteile unter Volumenvergrößerung umgewandelt (z. B. in Ettringit). Ursache können sulfathaltige Wässer (z. B. Meerwasser), Böden oder überhöhte Sulfatgehalte im Zement sein.

Erkennungsmerkmale:

- flächiges Rissbild
- Risse laufen um Kanten
- dunkle Rissufer (AKR)
- Verformungen möglich



Beispiele:



Netzrisse < 0,5 mm

Schadensursache:
Alkali-Kieselsäure-Reaktion

bei erstmaligem Auftreten:
→ **SK 3**
→ Gutachter einschalten

nachgewiesener stabiler Zustand
→ **SK 1**

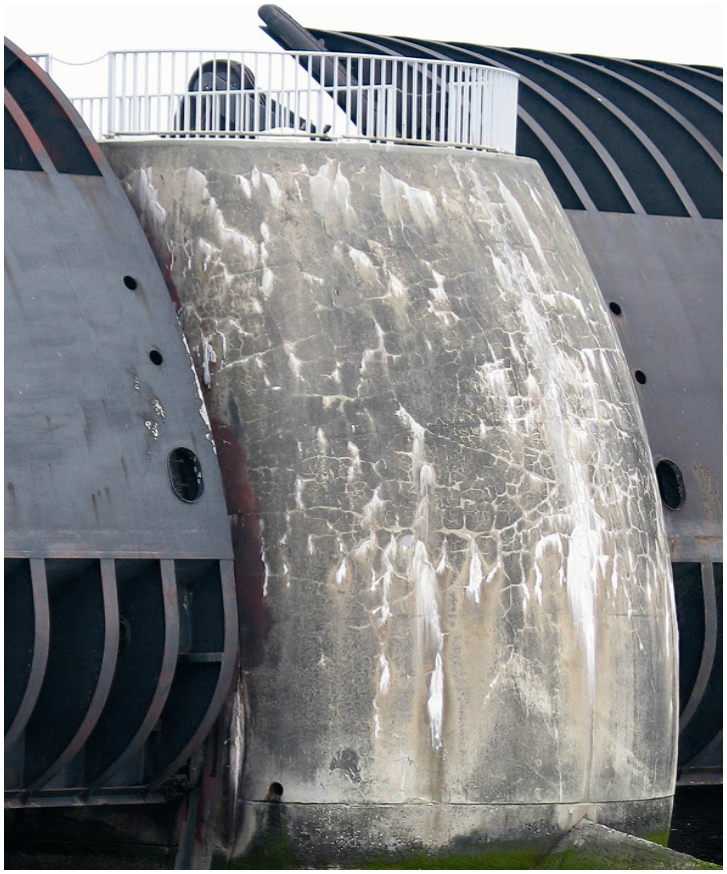


Netzrisse 0,5 - 1,0 mm

Schadensursache:
Alkali-Kieselsäure-Reaktion

bei erstmaligem Auftreten:
→ **SK 3**
→ Gutachter einschalten

nachgewiesener stabiler Zustand
→ **SK 2**



Netzrisse > 1,0 mm

Schadensursache:
Alkali-Kieselsäure-Reaktion

bei erstmaligem Auftreten:
→ **SK 3**
→ Gutachter einschalten

nachgewiesener stabiler Zustand
→ **SK 3**

Schwinden, Frost-(Tausalz-) Angriff

Rissweite:	< 0,5 mm:	→ **SK 1**
	0,5 - 1,0 mm:	→ **SK 2**
	> 1,0 mm:	→ **SK 3**

Beispiele:



Netzrisse > 1,0 mm

Schadensursache:
Frost-(Tausalz-)Angriff

→ **SK 3**

3.1.6 Sonstige Oberflächenschäden

Ausblühung

Mögliche Schadensursachen:

- Salzausscheidungen → **SK 1**
- Treibreaktion → **SK 2**

Aussinterung

Mögliche Schadensursachen:

- Kalkauslaugung

Bauteil trocken
(temporäre Auslaugung beendet) → **SK 1**

rückwärtige Durchfeuchtung ohne Verfärbung
(Auslaugung des Betons, ggf. Entfestigung) → **SK 2**

rückwärtige Durchfeuchtung mit Verfärbung/Rost
(Hinweis auf Bewehrungskorrosion) → **SK 3**

Rostfahne

Mögliche Schadensursachen:

- korrodierter Bindedraht (Betonstahl Gruppe 1) → **SK 1**
- eisenhaltiges Gesteinskorn → **SK 1**
- korrodierte Bewehrung
  Besteht der Verdacht auf Bewehrungskorrosion, so ist die Bewehrung punktuell freizulegen. Bestätigt sich die Bewehrungskorrosion, siehe Kapitel 3.4.1 (Bewehrung korrodiert), aber auch Kapitel 3.1.2 (Abplatzung über korrodierter Bewehrung).

Beispiele:



Aussinterung

rückwärtige Durchfeuchtung mit Rost

→ **SK 3**

3.2 Oberflächenschäden Mauerwerk

3.2.1 Schäden an Mörtelfugen

Schadhafte Mörtelfugen sind dadurch gekennzeichnet, dass durch verschiedene Schadensursachen eine Lockerung des Mörtels und ein „Herausfallen“ aus der Mörtelfuge hervorgerufen werden.

Mögliche Schadensursachen sind:

- Frost-(Tausalz)-Angriff
- lösende Angriffe
- Treibreaktionen
- Verformungen
- minderfester Mörtel

Die Ausprägung bzw. die Tiefe ist hierbei von Bedeutung. Handelt es sich um einen Schaden, der vereinzelt vorkommt, so ist dieser in **SK 1** einzuordnen. Bei lokal begrenzten und/oder oberflächennahen (< 1/3 der Steintiefe) Schäden ist die **SK 2** zu wählen. Flächige und/oder tiefer gehende (> 1/3 der Steintiefe) Schäden sind der **SK 3** zuzuordnen.

Beispiele:



schadhafter Fugenmörtel

vereinzelt

→ **SK 1**



schadhafter Fugenmörtel

flächig

tiefer gehend

→ **SK 3**



schadhafter Fugenmörtel

lokal begrenzt

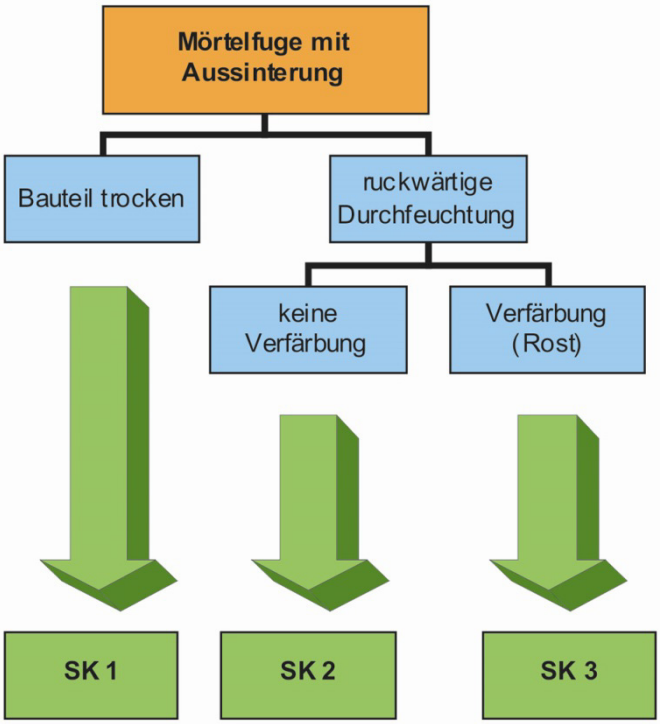
tiefer gehend

→ **SK 3**

Eine weitere Möglichkeit der Oberflächenschäden sind Aussinterungen und Ausblühungen in der Mörtelfuge. Beide Schadensmerkmale sind Ablagerungen aus ausgefälltem Material, welche auf der Oberfläche verbleiben und aus dem Baumaterial selbst stammen (im Gegensatz zu z. B. Schmutz, Staub).

Die nachfolgende Tabelle stellt beide Begriffe mit ihren Unterscheidungsmerkmalen gegenüber.

	Aussinterung	**Ausblühung**
Farbe	meist weiß, höchstens leicht gräulich verfärbt	meist weiß, in Ausnahmefällen (durch Spuren von Eisenverbindungen) verfärbt
Wasserlöslichkeit	nein	ja
Geschmack	neutral oder leicht seifig	salzig (bei Salzausscheidung) oder bitter (bei Alkalienausscheidung)
Typische Reaktion	Aufschäumen bei Kontakt mit einem Tropfen Salzsäure oder Haushaltsessig	einige Tropfen Wasser lösen abgeschabte Ausblühsubstanzen augenblicklich auf
Vorkommen	nur aus Fugen	aus Fugen und Steinen möglich
Form	"Kalkfahnen"	-

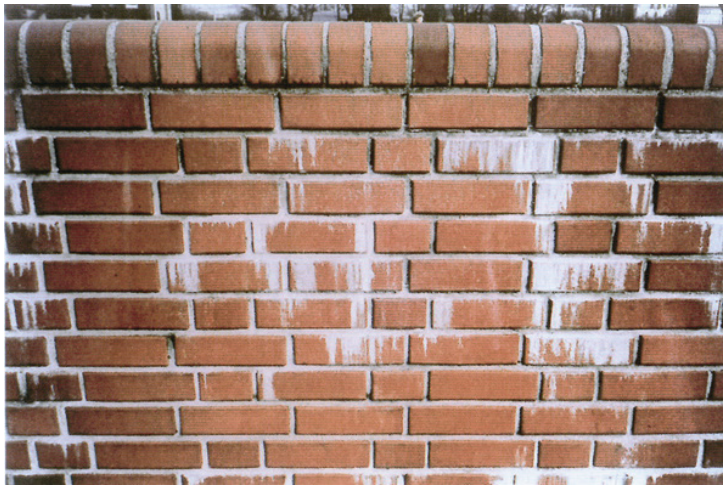


Mörtelfuge mit Ausblühungen

ausgefälltes Material: Salz → **SK 1**

ausgefälltes Material: Alkalien → **SK 2**

Beispiele:



Mörtelfugen mit Aussinterungen

Bauteil trocken

→ **SK 1**



Mörtelfugen mit Aussinterungen

rückwärtige Durchfeuchtung

Verfärbung (Rost)

→ **SK 3**



Mörtelfugen (und Steine) mit Ausblühungen

ausgefälltes Material: Salz

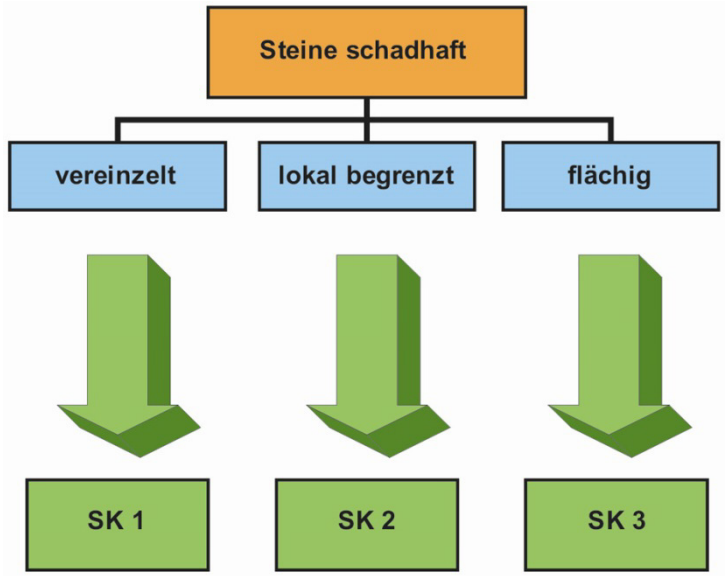
→ **SK 1**

3.2.2 Schäden an Mauerwerkssteinen

Mögliche Schadensursachen sind:

- Frost-(Tausalz)-Angriff
- lösende Angriffe
- minderfeste Steine

Hierfür gilt folgendes Entscheidungsdiagramm:



Beispiele:



Steine schadhaft

lokal begrenzt

→ **SK 2**

Eine weitere Möglichkeit der Schäden an Mauerwerkssteinen sind Ausblühungen. Diese können sowohl an Steinen als auch an Fugen auftreten. Ausblühungen sind Ablagerungen aus ausgefälltem Material, welche auf der Oberfläche verbleiben und aus dem Baumaterial selbst stammen (im Gegensatz zu z. B. Schmutz, Staub).

	Ausblühung
Farbe	meist weiß, in Ausnahmefällen (durch Spuren von Eisenverbindungen) verfärbt
Wasserlöslichkeit	ja
Geschmack	salzig (bei Salzausscheidung) oder bitter (bei Alkalienausscheidung)
Typische Reaktion	einige Tropfen Wasser lösen abgeschabte Ausblühsubstanzen augenblicklich auf
Vorkommen	aus Fugen und Steinen möglich

Steine mit Ausblühungen (Salzausscheidung) sind mit der **SK 1** zu bewerten.

Beispiele:



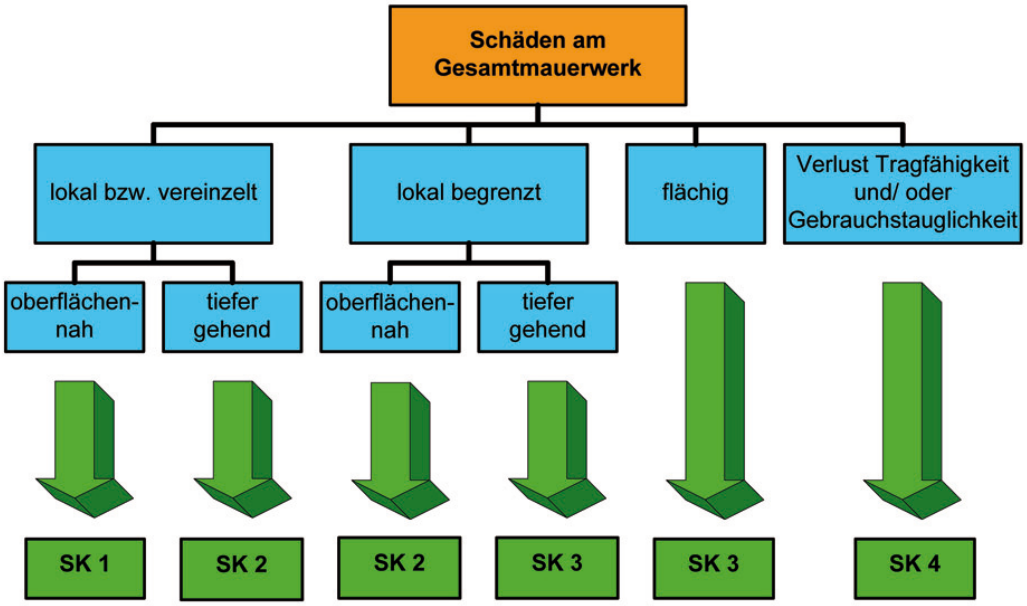
Steine (und Mörtelfugen) mit Ausblühungen

→ **SK 1**

3.2.3 Schäden am Gesamtmauerwerk

Mögliche Schadensursachen:

- Verschleiß
- Schiffsanfahrt
- Frost-(Tausalz)-Angriff
- Materialversagen
- statische Überbeanspruchung
- Verbundstörung



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Einbauteil sperren (z. B. Poller, Leiter)

Beispiele:



Mauerwerk abgearbeitet

Schadensursache:
Verschleiß (Schiffsreibung, Kette)

lokal begrenzt

oberflächennah

→ **SK 2**



Mauerwerk abgearbeitet

Schadensursache:
Frost

flächig

oberflächennah

→ **SK 3**



Mauerwerk abgearbeitet

Schadensursache:
Schiffsanfahrt

lokal begrenzt

tiefer gehend

→ **SK 3**



Mauerwerk abgewittert

Schadensursache:
Frost-(Tausalz)-Angriff

flächig

oberflächennah

→ **SK 3**



Abplatzung

Schadensursache:
mechanische Beanspruchung

vereinzelt

oberflächennah

→ **SK 1**



Abplatzung

Schadensursache:
Frost-(Tausalz)-Angriff

flächig

oberflächennah

→ **SK 3**



Ausbruch

Schadensursache:
Schiffsanfahrt oder Materialversagen (Stein/Mörtel)

vereinzelt

tiefer gehend

→ **SK 2**



Ausbruch

Schadensursache:
Schiffsanfahrt oder Materialversagen (Stein/Mörtel)

flächig

oberflächennah

→ **SK 3**



Kantenabbruch

Schadensursache:
Schiffsanfahrt

lokal begrenzt

oberflächennah

→ **SK 2**



Kantenabbruch

Schadensursache:
Schiffsanfahrt

lokal begrenzt

tiefer gehend

→ **SK 3**

Kapitel 5.2 Verformungen (Bereich Stahlwasserbau) beachten!



Ausbruch von Einbauteilen

Schadensursache:
Versagen der Verankerung des Pollers

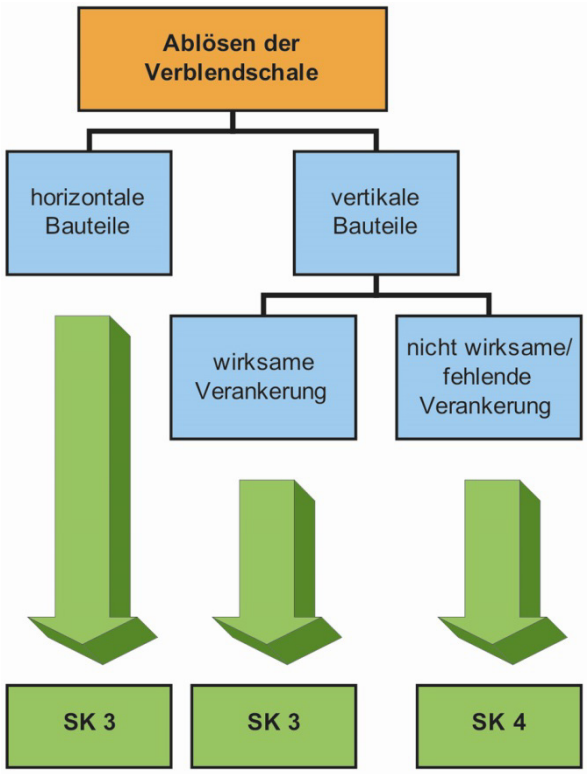
→ **SK 4**

Sofortige Maßnahme:
Poller sperren

Ablösen der Verblendschale

Ein Ablösen der Verblendschale ist ein kritischer Schaden, denn es besteht kein Verbund und somit keine ausreichende Tragwirkung mehr.

Daher gilt folgendes Entscheidungsdiagramm:



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

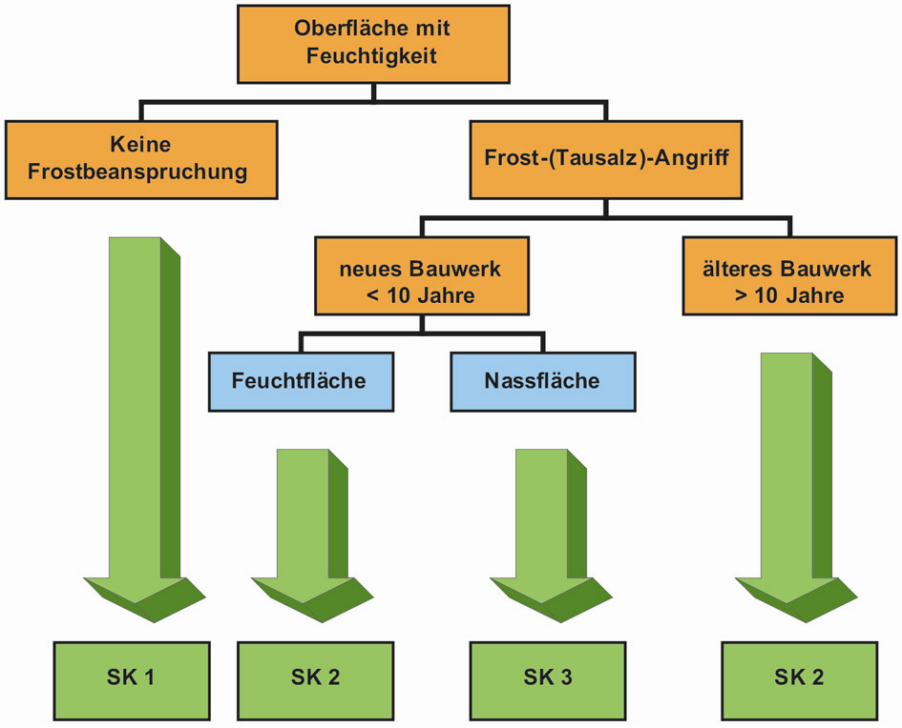
Bereiche sperren, Sicherungen durch z. B. Netze, nachträgliche Verankerung

3.2.4 Oberfläche mit Feuchtigkeitsaustritt

Mauerwerksoberflächen mit Feuchtigkeit lassen sich noch mal in drei Kategorien unterteilen:

- Feucht- und Nassfläche
- punktueller Wasseraustritt
- Druckwasseraustritt

Für Feucht- und Nassflächen ist die potentielle Gefährdung durch Frost sowie das Alter des Bauwerks entscheidend für die Schadensklassifizierung.



Beispiele:



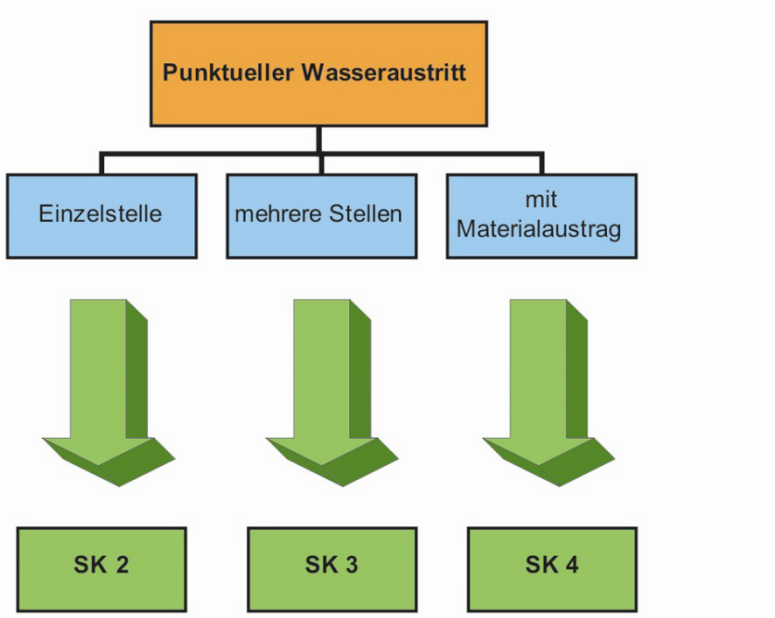
rückwärtige Durchfeuchtung

Frost-(Tausalz)-Angriff

älteres Bauwerk

→ **SK 2**

Bei punktuellem Wasseraustritt gilt folgendes Entscheidungsdiagramm:



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Flutung oder Abdichtung, Begutachtung Baugrund veranlassen

Beispiele:



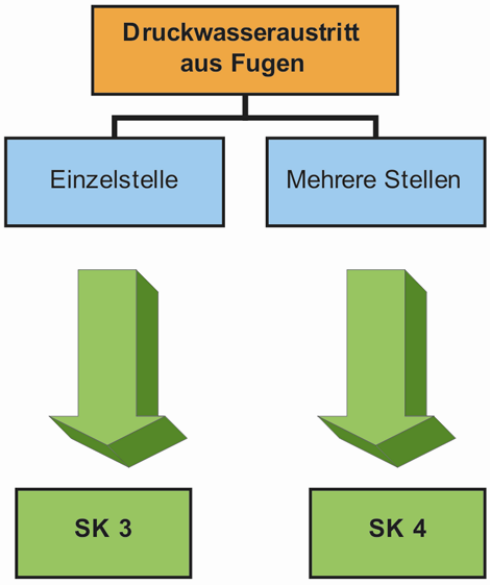
punktueller Wasseraustritt im Wandbereich

an mehreren Stellen

Mögliche Schadensursache: Hohl-/Fehlstellen hinter der Vorsatzschale

→ **SK 3**

Für Druckwasseraustritt aus Fugen gilt folgendes Entscheidungsdiagramm:



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Entlastungsbohrung oder Flutung

Beispiele:



Druckwasseraustritt aus Fugen

Einzelstelle

→ **SK 3**

3.3 Risse im Massivbau

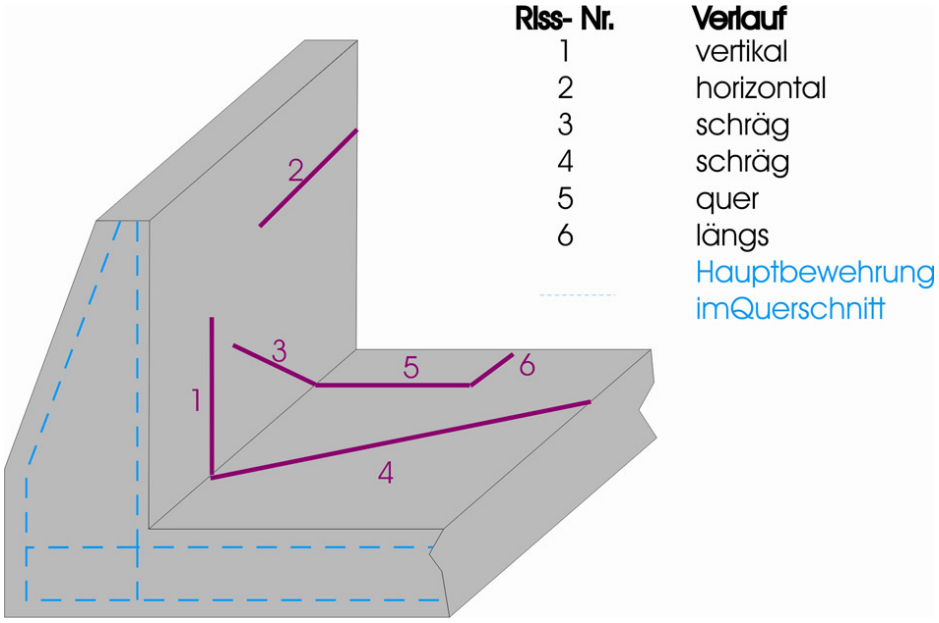
3.3.1 Einzelrisse im Stahlbeton

Risse gehören zur Stahlbetonbauweise dazu und sind nicht immer als Schaden zu werten. Generell lassen sich Risse im Stahlbeton nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in der Abbildung auf der folgenden Seite in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Erstes Kriterium dazu ist die Rissbreite, die beispielsweise bei modernen Stahlbetonbauteilen Breiten von 0,2 mm - 0,40 mm erreichen darf. Risse mit diesen Rissbreiten werden – soweit sie keine weiteren Auffälligkeiten wie z. B. Bodenaustrag oder wasserführend aufweisen – bei der Bauwerksinspektion nicht als Schaden erfasst.

Darüber hinaus ist bei Rissbildung meist nicht der Einzelriss von großer Wichtigkeit, sondern das Rissbild in Bezug auf seine Bedeutung für das Bauteil.

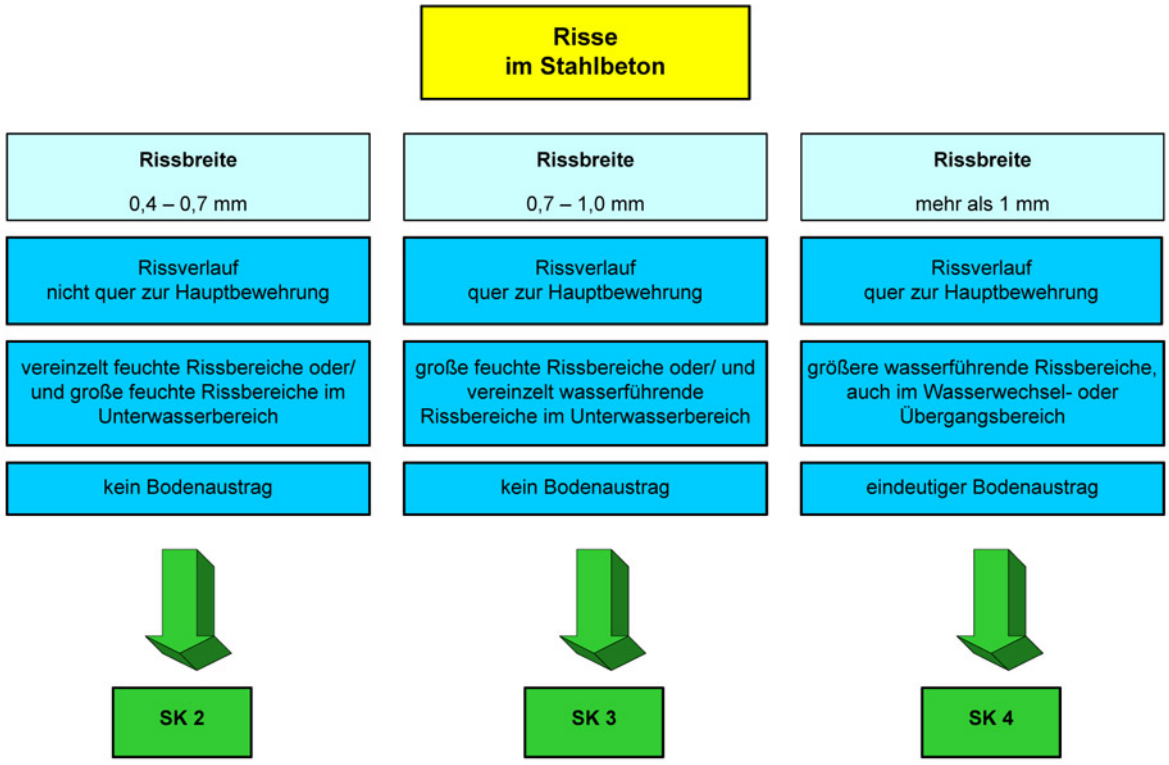
Als erstes ist die Orientierung der Risse im Tragwerk für die Eingabe des Schadens wichtig. Für einen Schleusenkammerblock ist in der Skizze die Orientierung eingezeichnet und die zugehörige Bezeichnung in der Tabelle angegeben. Auf andere Objektarten sind die Bezeichnungen sinngemäß zu übertragen.



Die Größenangaben der Risse sind als Richtwerte zu verstehen. Die Kriterien Rissverlauf und Bodenaustrag sind stärker zu berücksichtigen. Ein Rissverlauf quer zur Haupttragrichtung deutet bei Überschreitung der zulässigen Rissbreiten auf Überbeanspruchung hin und ist daher in eine höhere Schadensklasse einzustufen. Ebenso ist Bodenaustrag ein Zeichen für zukünftige Tragfähigkeitsprobleme auf Grund des Entzuges der vertikalen oder horizontalen Stützung durch den Baugrund.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft.

Die Einordnung in die Schadensklasse kann gegebenenfalls vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



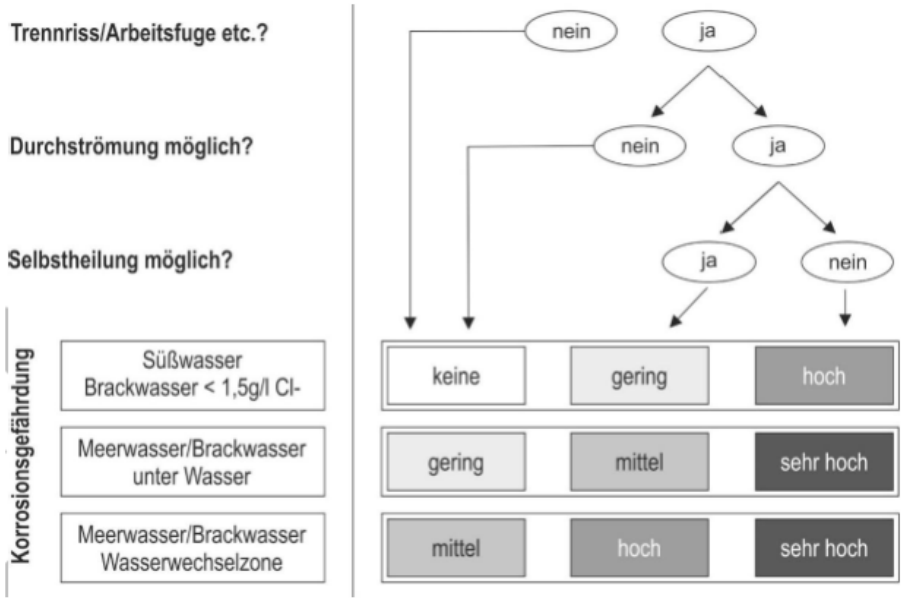
Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Beauftragung eines Gutachters (Massivbau), Schleuse sperren, begrenzte Sperrung, Tragwerksertüchtigung, Bauwerksmonitoring

Wichtiger Hinweis:

In den letzten Jahren wurden Korrosionsprozesse an gerissenen Bauteilen im Unterwasserbereich mit Süßwasserbeaufschlagung detektiert, die hier aufgrund der gegebenen Randbedingungen (Sauerstoffmangel) bisher für eher nicht möglich gehalten waren. Als Ursache gelten eine Depassivierung der Bewehrung aufgrund des Auslaugens des Betons durch die intensive Durchströmung der Risse mit Wasser und die anschließende Ausbildung des kathodischen Teilprozesses an entfernten, gut belüfteten Bauwerksstellen (Oberwasserbereich). Dies kann die Gebrauchstauglichkeit sowie Tragfähigkeit der Bauteile gravierend beeinflussen.

Die nachfolgende Bewertungsmatrix nach Mayer und Schießl (2017) verdeutlicht, wann und in welcher Intensität die Bewehrung des Betonbauteils korrosionsgefährdet ist.



[7]

Unter Selbstheilung ist das Verschließen des Risses infolge einer Calciumcarbonatbildung im Rissquerschnitt zu verstehen. Voraussetzungen für eine Selbstheilung des Risses sind geringe Rissbreite (i.d.R. ≤ 0,2 mm), ständige Wasserbeaufschlagung des Risses, geringe Drückgefälle (Quotient aus Wasser-Überstauhöhe und Bauteildicke), Beschaffenheit des Wassers (pH-Wert > 5,5, kalklösende Kohlensäure < 40 mg/l) sowie keine Bewegung der Risse (z. B. infolge Temperaturänderung oder Änderung der Überstauhöhe).

Bei Bauteilen mit einer hohen Korrosionsgefährdung der Bewehrung ist ein besonderes Augenmerk auf mögliche Korrosionserscheinungen im Riss zu legen. Im Zweifelsfall ist die Bewehrung freizulegen.

Bei gerissenen Bauteilen im Unterwasserbereich ist die BAW als Gutachter einzuschalten.

Beispiele:



Rissbreite: 0,4 - 0,7 mm

Riss nicht quer zur Haupttragrichtung

vereinzelt feuchte Rissbereiche

kein Bodenaustrag

Bewertung unter Berücksichtigung der Einzeleigenschaften und der örtlichen Randbedingungen: → **SK 2**



Rissbreite > 1,0 mm

Riss quer zur Haupttragrichtung

größere feuchte Rissbereiche

kein Bodenaustrag

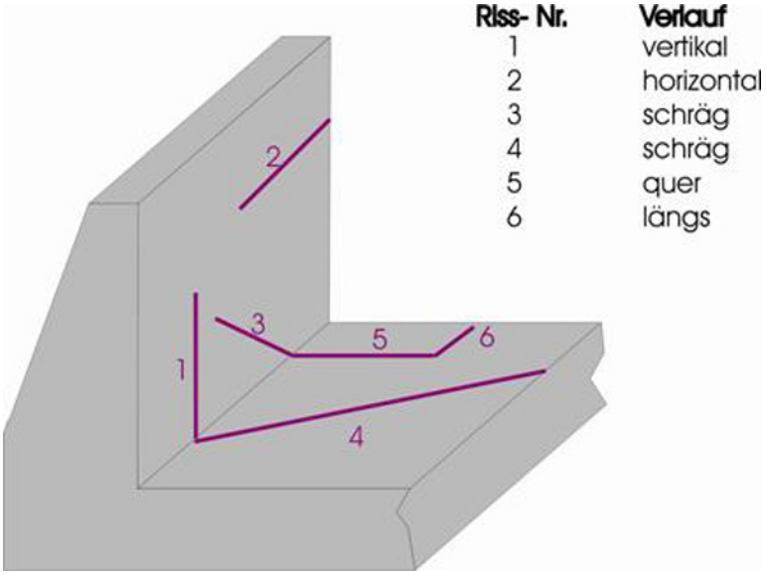
Bewertung unter Berücksichtigung der Einzeleigenschaften und der örtlichen Randbedingungen: → **SK 4**

3.3.2 Einzelrisse im unbewehrten Beton

Risse gehören zur Betonbauweise dazu und sind nicht immer als Schaden zu werten. Generell lassen sich Risse im unbewehrten Beton nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in der Abbildung auf der folgenden Seite in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Erstes Kriterium dazu ist die Rissbreite, die bei unbewehrten Betonbauwerken 1 mm erreichen darf. Risse mit diesen Rissbreiten werden – soweit sie keine weiteren Auffälligkeiten wie z. B. Bodenaustrag oder wasserführend aufweisen – bei der Bauwerksinspektion nicht als Schaden erfasst. Bei der Klassifizierung des Risses ist die Bedeutung für die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit für das Bauteil zu bewerten.

Als erstes ist die Orientierung der Risse für die Eingabe des Schadens von Bedeutung. Für einen Schleusenkammerblock ist in der Skizze die Orientierung eingezeichnet und die zugehörige Bezeichnung in der Tabelle angegeben. Auf andere Objektarten sind die Bezeichnungen sinngemäß zu übertragen.



Bodenaustrag ist ein Zeichen für zukünftige Tragfähigkeitsprobleme auf Grund des Entzuges der vertikalen oder horizontalen Stützung durch den Baugrund und entsprechend mit **SK 4** zu bewerten.

Bei der Zuordnung der Schadensklasse ist ferner von entscheidender Wichtigkeit, ob die monolithische Tragwirkung des Bauteils noch gegeben ist, d. h. ob das Bauteil der einwirkenden Beanspruchung noch als homogener Gesamtkörper widersteht oder ob das Bauteil infolge der Rissbildung nur noch aus verschiedenen Einzelbauteilen besteht. Deshalb ist bei Rissbildung meist nicht der Einzelriss von großer Wichtigkeit, sondern das Rissbild in Bezug auf seine Bedeutung für das Bauteil. Dies ist bei der Erfassung und der Bewertung zu beachten.

Bei der Bewertung des stabilen bzw. veränderten Risszustandes sind folgende Grundsätze zu beachten:

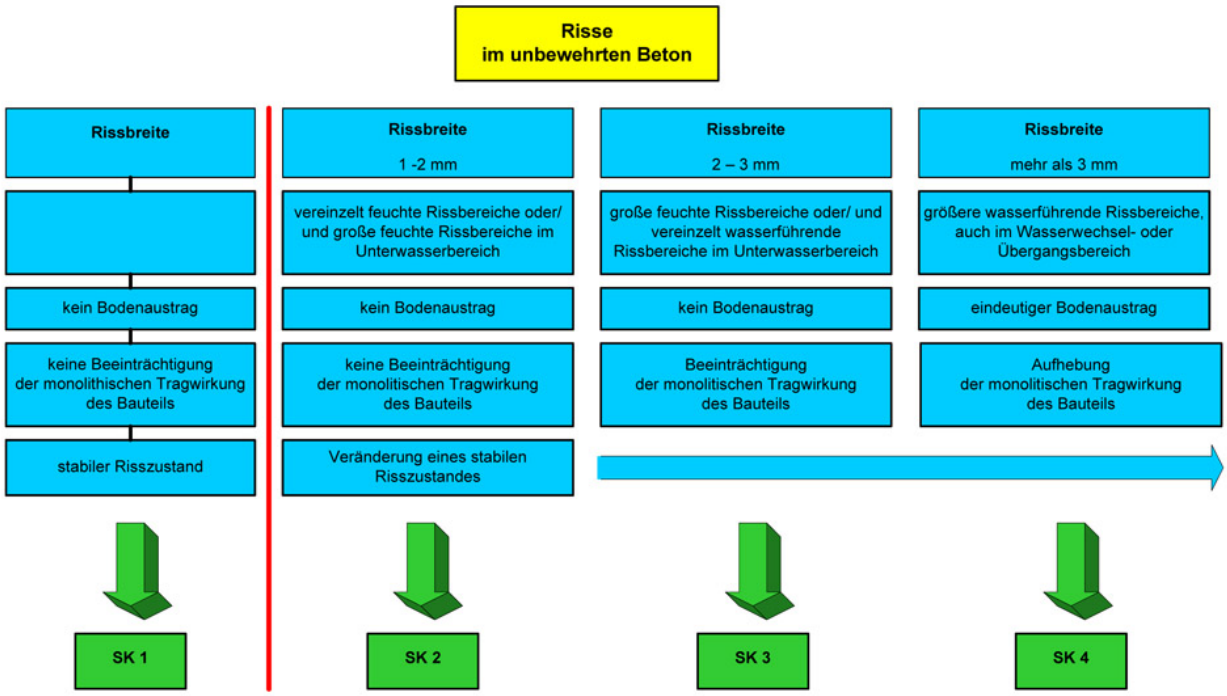
- Beim erstmaligen Auftreten des Schadens wird von einer Veränderung des stabilen Risszustands ausgegangen.
- Handelt es sich bei dem Schaden um einen bekannten Schaden (z. B. durch eine vorangegangene Prüfung, Messprogramm, Erfahrungen des Prüfers oder des Anlagenverantwortlichen, …), dessen

Ausprägung sich innerhalb eines bestimmten Zeitraumes nicht verändert hat, so wird von einem stabilen Risszustand ausgegangen.

- Wenn alle Eigenschaften der Schadensklasse 1 erfüllt sind, ist die Rissbreite nicht relevant!

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft.

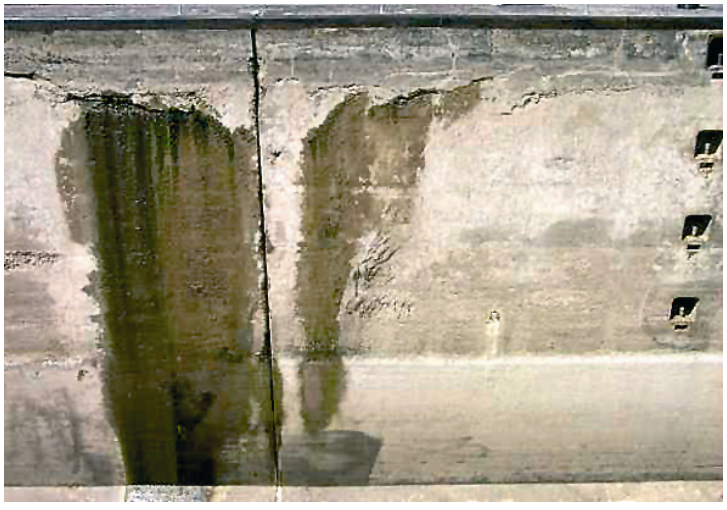
Die Größenangaben der Risse sind als Richtwerte zu verstehen. Die Einordnung in die Schadensklasse kann gegebenenfalls vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Beauftragung eines Gutachters (Massivbau), Schleuse sperren, begrenzte Sperrung, Tragwerksertüchtigung, Bauwerksmonitoring

Beispiele:



Rissbreite: 1 - 2 mm

vereinzelt feuchte Rissbereiche

kein Bodenaustrag

keine Beeinträchtigung der monolithischen Tragwirkung des Bauteils

erstmalige Erfassung, d. h. Veränderung eines stabilen Risszustandes

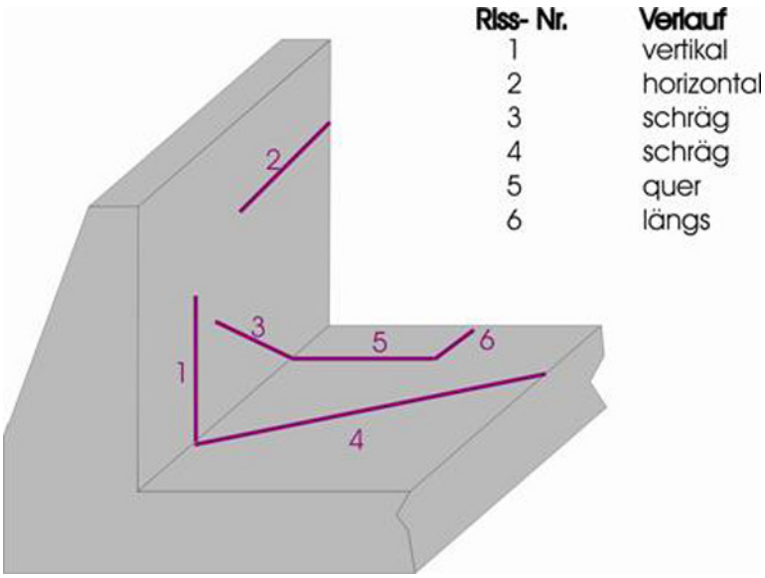
→ **SK 2**

3.3.3 Risse im Mauerwerk

Generell lassen sich Risse im Mauerwerk nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in der Abbildung auf der folgenden Seite in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Risse im Mauerwerk mit Rissbreiten bis 1 mm werden – soweit sie keine weiteren Auffälligkeiten wie z. B. Bodenaustrag oder wasserführend aufweisen – bei der Bauwerksinspektion nicht als Schaden erfasst. Bei der Bewertung des Risses ist die Bedeutung des Schadens für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit für das Bauteil zu bewerten.

Die Orientierung der Risse ist für die Eingabe des Schadens von Bedeutung. Für einen Schleusenkammerblock ist in der Skizze die Orientierung eingezeichnet und die zugehörige Bezeichnung in der Tabelle angegeben. Auf andere Objektarten sind die Bezeichnungen sinngemäß zu übertragen.



Bei der Zuordnung der Schadensklasse ist ferner von entscheidender Wichtigkeit, ob die monolithische Tragwirkung des Bauteils noch gegeben ist, d. h. ob das Bauteil der einwirkenden Beanspruchung noch als homogener Gesamtkörper widersteht oder ob das Bauteil infolge der Rissbildung nur noch aus verschiedenen Einzelbauteilen besteht. Deshalb ist bei Rissbildung meist nicht der Einzelriss von großer Wichtigkeit, sondern das Rissbild in Bezug auf seine Bedeutung für das Bauteil. Dies ist bei der Erfassung und der Bewertung zu beachten.

Bodenaustrag ist ein Zeichen für zukünftige Tragfähigkeitsprobleme auf Grund des Entzuges der vertikalen oder horizontalen Stützung durch den Baugrund und entsprechend mit **SK 4** zu bewerten.

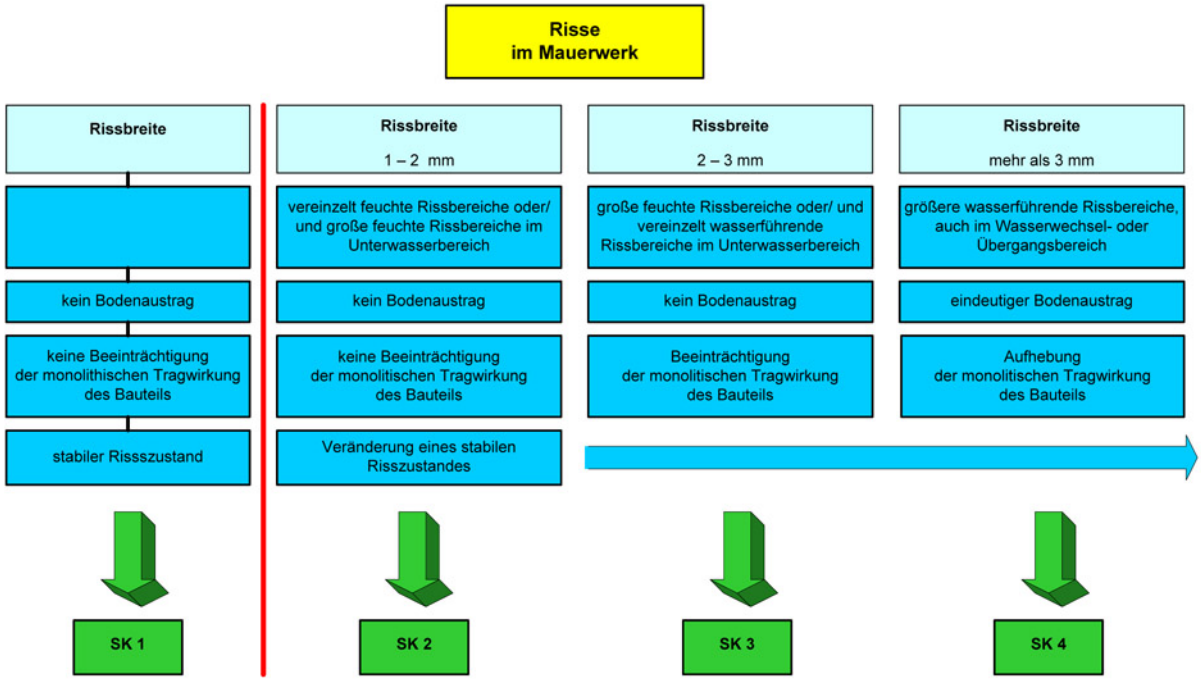
Bei der Bewertung des stabilen bzw. veränderten Risszustandes sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Beim erstmaligen Auftraten des Schadens wird von einer Veränderung des stabilen Risszustands ausgegangen.
- Handelt es sich bei dem Schaden um einen bekannten Schaden (z. B. durch eine vorangegangene Prüfung, Messprogramm, Erfahrungen des Prüfers oder des Anlagenverantwortlichen, …), dessen Ausprägung sich innerhalb eines bestimmten Zeitraumes nicht verändert hat, so wird von einem stabilen Risszustand ausgegangen.

- Wenn alle Eigenschaften der Schadensklasse 1 erfüllt sind, ist die Rissbreite nicht relevant!

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft.

Die Größenangaben der Risse sind als Richtwerte zu verstehen. Die Einordnung in die Schadensklasse kann gegebenenfalls vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Beauftragung eines Gutachters (Massivbau), Schleuse sperren, begrenzte Sperrung, Tragwerksertüchtigung, Bauwerksmonitoring

Beispiele:



Rissbreite > 3 mm

wasserführende Rissbereiche im Wasserwechselbereich

keine Beeinträchtigung der monolithischen Tragwirkung

kein Bodenaustrag

Bewertung unter Berücksichtigung der Einzeleigenschaften und der örtlich gegebenen Randbedingungen: → **SK 3**



Rissbreite: 2 - 3 mm

wasserführender Riss im Wasserwechsel- und Unterwasserbereich

Beeinträchtigung der monolithischen Tragwirkung

kein Bodenaustrag

Bewertung unter Berücksichtigung der Einzeleigenschaften und der örtlich gegebenen Randbedingungen: → **SK 3**



Rissbreite > 3 mm

wasserführender Riss im Wasserwechsel- und Unterwasserbereich

Beeinträchtigung der monolithischen Tragwirkung

teilweise Bodenaustrag

Bewertung unter Berücksichtigung der Einzeleigenschaften und der örtlich gegebenen Randbedingungen: → **SK 4**

3.4 Schäden an der Bewehrung

3.4.1 Bewehrung korrodiert

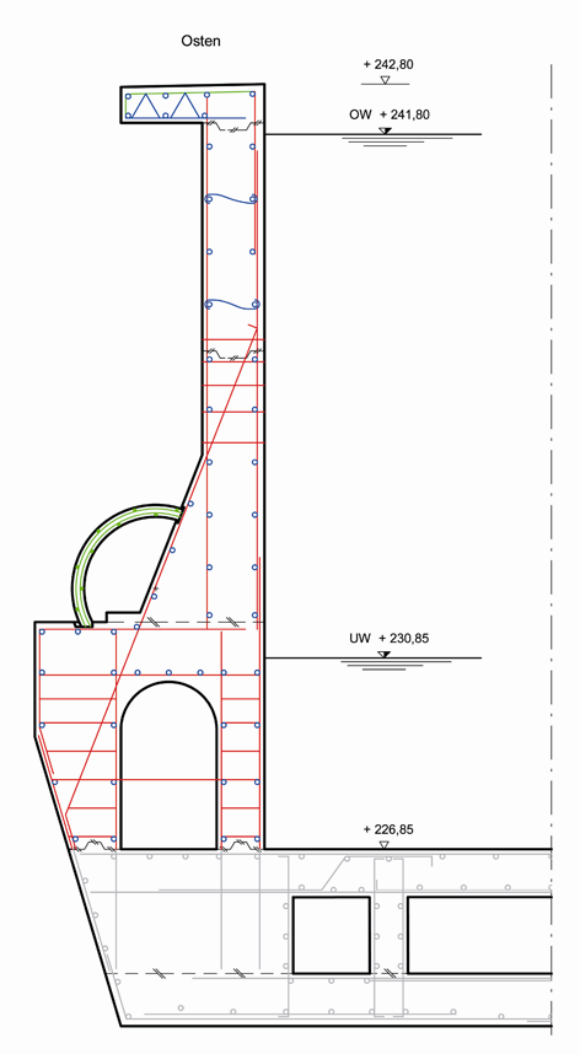
Bei der Auswahl des Materialbegriffes in WSVPruf wird die Bewehrung in 3 verschiedene Gruppen unterschieden:

Gruppe 1: Konstruktive Bewehrung, Abstandhalter, Bewehrung für frühen Zwang etc.

Gruppe 2: Tragbewehrung für vorwiegend ruhende Belastung

Gruppe 3: Tragbewehrung für nicht vorwiegend ruhende Belastung

Die nebenstehende Abbildung verdeutlicht die Einteilung der Bewehrungsgruppen im Wandabschnitt einer Schleuse.



Mit Hilfe einer Schieblehre ist der Querschnittsverlust bzw. die Narbentiefe bezogen auf die Gesamtbewehrungsmenge je Tragrichtung und Bauteil zu bestimmen.

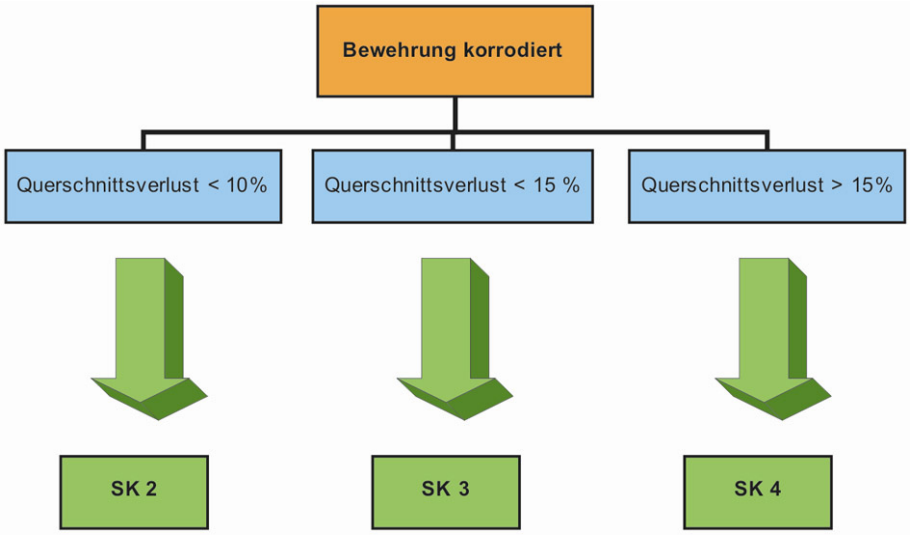
Abplatzungen über korrodierter Bewehrung sind zusätzlich zum Schaden Bewehrungskorrosion zu bewerten (vgl. Kapitel 3.1.2).

Bewehrung Gruppe 1

Da es sich bei der Bewehrung der Gruppe 1 um konstruktive Bewehrung handelt, ist der Schaden unabhängig von der Ausprägung immer in **SK 1** einzustufen.

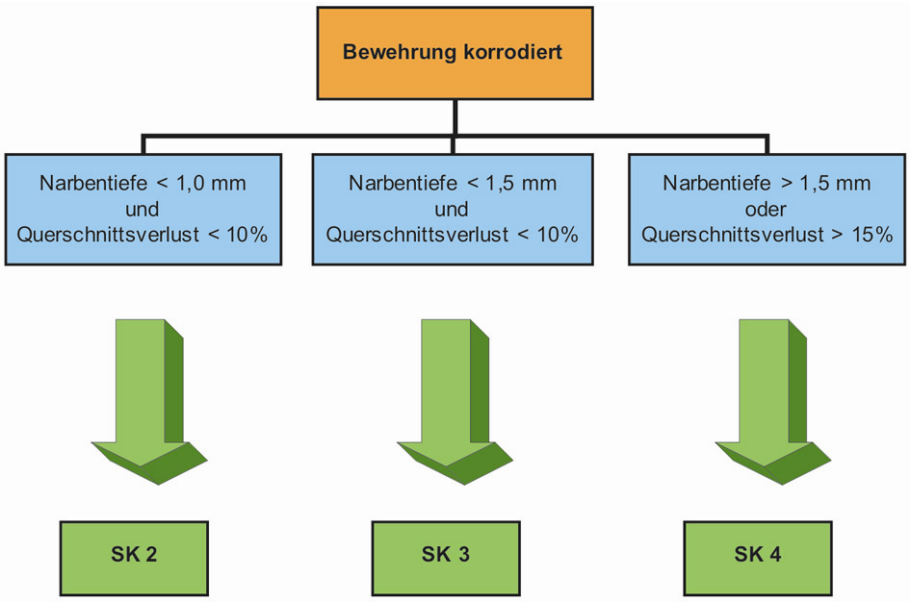
Bewehrung Gruppe 2

Bei Bewehrung der Gruppe 2 ist der Querschnittsverlust **bezogen auf das Bauteil** maßgebend für die Schadensklassifizierung. Dabei ist ein Querschnittsverlust < 10 % in **SK 2**, ein Querschnittsverlust < 15 % in **SK 3** und ein Querschnittsverlust > 15 % in **SK 4** einzuordnen.



Bewehrung Gruppe 3

Bei Bewehrung der Gruppe 3 ist neben dem Querschnittsverlust auch eine ggf. auftretende Narbentiefe maßgebend. Bei einem Querschnittsverlust < 10 % ist die Narbentiefe für die Schadensklasse relevant. Eine Narbentiefe > 1,5 mm oder ein Querschnittsverlust > 15 % führen bei Tragbewehrung für nicht vorwiegend ruhende Belastung zu **SK 4**.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Schleusenkammer räumen, Schleusenbetrieb einstellen, Einstellung des Kammerwasserstandes zur Entlastung der Schadensstelle, Einschätzung der Lage durch den Bauwerksverantwortlichen (ggf. mit Unterstützung durch Gutachter oder BAW), Durchführung von sofortigen Sicherungsmaßnahmen

Beispiele:



Annahmen:
Narbentiefe < 1,5 mm,
Querschnittsverlust bezogen auf das Bauteil < 10 %

Bewehrung Gruppe 1 → **SK 1**
Bewehrung Gruppe 2 → **SK 2**
Bewehrung Gruppe 3 → **SK 3**

Bei großflächig abgeplatzter Betondeckung unabhängig von der Bewehrungskorrosion:
Bewehrung Gruppe 2/3 → **SK 4**



Annahmen:
Narbentiefe < 1,0 mm,
Querschnittsverlust bezogen auf das Bauteil < 10 %

Bewehrung Gruppe 1 → **SK 1**
Bewehrung Gruppe 2 → **SK 2**
Bewehrung Gruppe 3 → **SK 2**



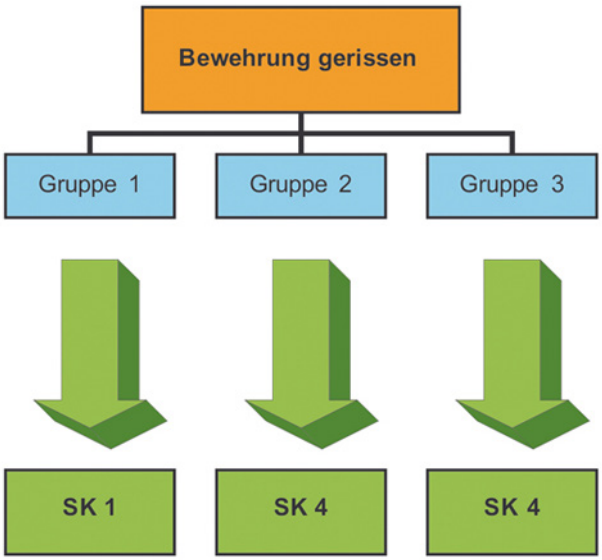
Annahmen:
Narbentiefe > 1,5 mm,
Querschnittsverlust bezogen auf das Bauteil > 10 % < 15 %

Bewehrung Gruppe 1 → **SK 1**
Bewehrung Gruppe 2 → **SK 3**
Bewehrung Gruppe 3 → **SK 4**

3.4.2 Bewehrung gerissen

Gerissene Bewehrung deutet immer auf eine Überbeanspruchung der Bewehrung hin. Konstruktive Bewehrung der Bewehrungsgruppe 1 kann daher im allgemeinen Fall nicht gerissen sein. Unabhängig von Bewehrungsgruppe 2 oder 3 und unabhängig von der auf das Bauteil bezogenen Menge der gerissenen Bewehrung ist daher im allgemeinen **SK 4** zu wählen.

Ein duktiler Riss mit ausgeprägter Einschnürung deutet auf Überbeanspruchung hin, ein spröder Riss ohne Einschnürung auf einen Ermüdungsbruch.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Schleusenkammer räumen, Schleusenbetrieb einstellen, Einstellung des Kammerwasserstandes zur Entlastung der Schadensstelle, Einschätzung der Lage durch den Bauwerksverantwortlichen (ggf. mit Unterstützung durch Gutachter oder BAW), Durchführung von sofortigen Sicherungsmaßnahmen

Beispiele:



duktiler Riss mit ausgeprägter Einschnürung (Gruppe 2 oder 3)

→ **SK 4**



spröder Riss ohne Einschnürung (Gruppe 2 oder 3)

→ **SK 4**

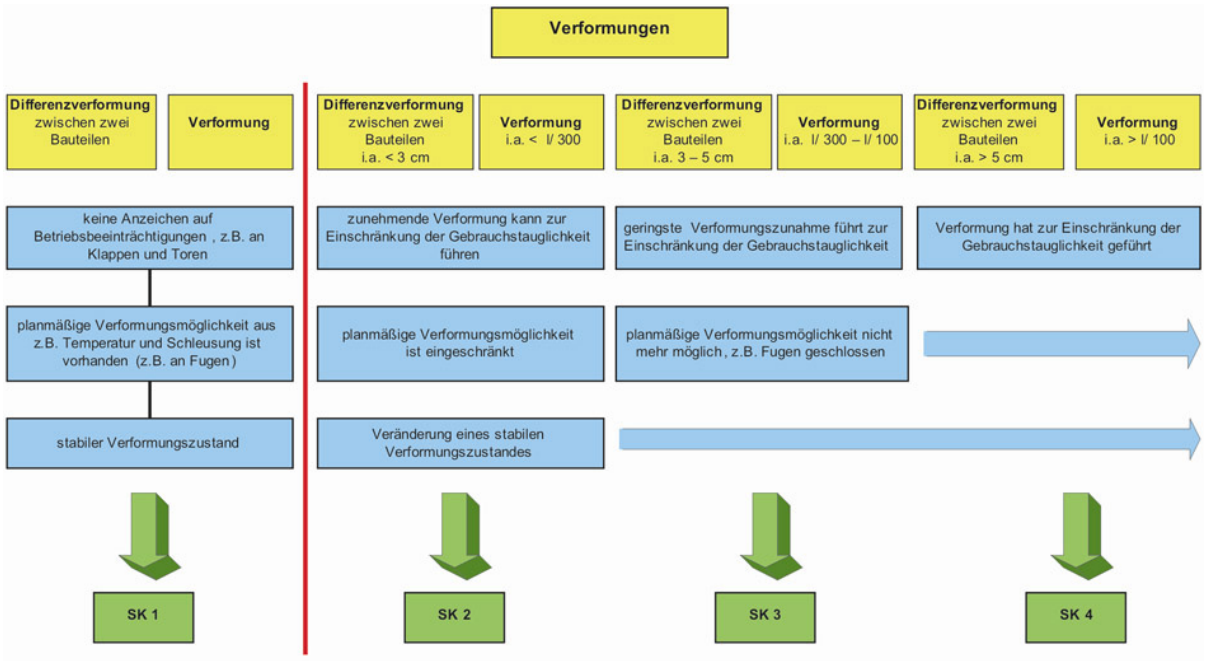
3.5 Verformungen

Die an dieser Stelle angeführten Erläuterungen zu Verformungen beziehen sich ausschließlich auf den Massivbau und decken nicht Verformungen im Bereich des Stahl(wasser)baus ab, siehe dazu Kapitel 5.2. Der Schaden kann entweder in der Verformung eines Bauteils oder in der Differenzverformung zwischen zwei Bauteilen auftreten (gelbe Schadensbegriffe in der unten stehenden Grafik).

Generell lassen sich Verformungen nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall „Verformungen“ mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in der unten stehenden Abbildung in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften der Verformung erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Die Größenangaben der Verformung bzw. der Differenzverformung zwischen zwei Bauteilen sind als Richtwerte zu verstehen. Die Einordnung in die Schadensklasse kann gegebenenfalls vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen!

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht der Maximalbewertung einer Eigenschaft bzw. der Größe der Verformung.



Bei der Bewertung des stabilen bzw. veränderten Verformungszustands sind folgende Grundsätze zu beachten:

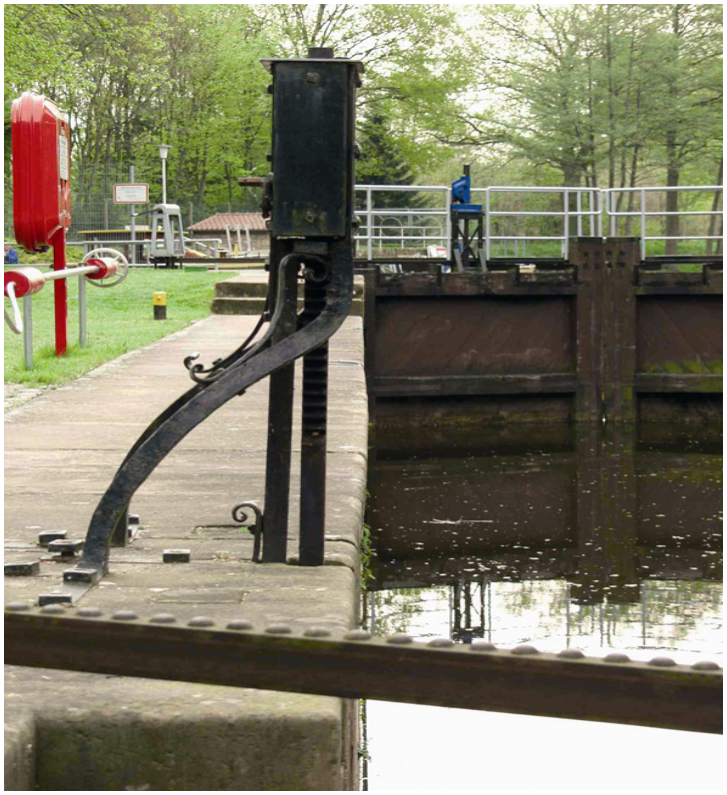
- Beim erstmaligen Auftreten des Schadens wird von einer Veränderung eines stabilen Verformungszustands ausgegangen.
- Handelt es sich bei dem Schaden um einen bekannten Schaden (z. B. durch eine vorangegangene Prüfung, Messprogramm, Erfahrung des Prüfers oder des Anlagenverantwortlichen, …), dessen Ausprägung sich innerhalb eines bestimmten Zeitraums nicht verändert hat, so wird von einem stabilen Verformungszustand ausgegangen.
- Wenn alle Eigenschaften der Schadensklasse 1 erfüllt sind, ist die Größe der Verformung nicht relevant!

Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

sofortige Beurteilung durch Gutachter (Massivbau), ggf. Schleuse sperren, zügige Planung von Instandsetzungsmaßnahmen

Für Verformungen an begehbaren Flächen darf dieses Bewertungsschema nicht angewendet werden. Aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht (Stichwort Stolperstelle) gelten hier besondere Anforderungen (vgl. Beispiel 3 und 4). Nach aktueller Rechtssprechung gibt es kein eindeutiges Maß für Unebenheiten auf Verkehrswegen. Alle Urteile sind Einzelentscheidungen, die von Fall zu Fall verschieden sein können. Wie hoch die Unebenheiten sein dürfen, hängt immer von den Umständen (z. B. Verkehrsbedeutung, Umgebung, Gefahr bei Sturz) ab.

Beispiele:



Annahmen:

- Kopfverschiebung: 4 cm (> l/ 300 und < l/ 100)
- keine Anzeichen auf Betriebsbeeinträchtigung
- planmäßige Verformungsmöglichkeit ist vorhanden.

wird erstmals festgestellt:
→ **SK 3**
(wg. Größe der Verformung!)

nachgewiesener stabiler Verformungszustand:
→ **SK 1**



Verkippung Block 1, Fuge geschlossen

Annahmen:

- Verformung hat zur Betriebsbeeinträchtigung geführt (schlagartige Verformung bei Schleusungsvorgang)
- planmäßige Verformungsmöglichkeit nicht mehr möglich (Fuge geschlossen)

→ **SK 4**

Sofortige Maßnahme:
Ursachenerkundung und Planung von Instandsetzungsmaßnahmen



Differenzverformung: 2,5 cm

- begehbare Fläche
- Stolperstelle

→ **SK 4**

Sofortige Maßnahmen:
Beseitigung der Stolperstelle
durch z. B. Blechabdeckung

Wurden sofortige Maßnahmen durchgeführt, so ist der Verformungsschaden nicht behoben. Gemäß dem Merkblatt gilt nachfolgende Bewertung:

- keine Anzeichen auf Betriebsbeeinträchtigung
- planmäßige Verformungsmöglichkeit ist vorhanden.

wird erstmals festgestellt, Veränderung eines stabilen Verformungszustandes → **SK 2**

nachgewiesener stabiler Verformungszustand → **SK 1**



Differenzverformung: 2,5 cm

- begehbare Fläche
- Stolperstelle

→ **SK 4**

Sofortige Maßnahmen:
Beseitigung der Stolperstelle
durch z. B. Blechabdeckung

Wurden sofortige Maßnahmen durchgeführt, so ist der Verformungsschaden nicht behoben. Gemäß dem Merkblatt gilt nachfolgende Bewertung:

- keine Anzeichen auf Betriebsbeeinträchtigung
- planmäßige Verformungsmöglichkeit ist vorhanden.

wird erstmals festgestellt, Veränderung eines stabilen Verformungszustandes → **SK 2**

nachgewiesener stabiler Verformungszustand → **SK 1**

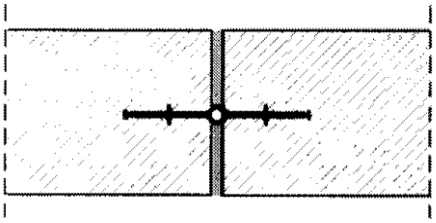
4 Kunststoff und Elastomer

4.1 Schäden an Raumfugen und Dehnungsfugen

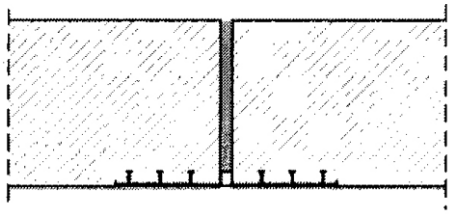
4.1.1 Schäden an Dehnungsfugenbändern

Dehnungsfugen (oder Bewegungsfugen) sind planmäßige bleibende Fugen in einem Baukörper mit einer Fugenweite über die Bauteildicke. Sie ermöglichen Bewegungen zur Vermeidung von Rissen infolge Temperatur, sowie Schwind- und Setzungsbewegungen der durch die Fugen voneinander getrennten Bauabschnitte, Bauteile oder Blöcke.
Die Bewehrung in einer Dehnungsfuge (Bewegungsfuge) ist unterbrochen.
Die Fugenbänder dienen zur Abdichtung gegen Bodenfeuchte sowie nicht drückendes oder drückendes Wasser.

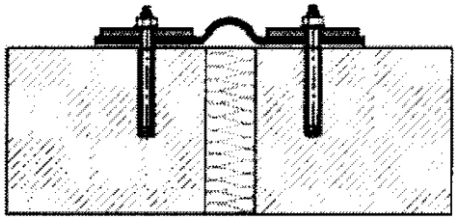
Für die Abdichtung stehen verschiedene Systeme zur Verfügung:



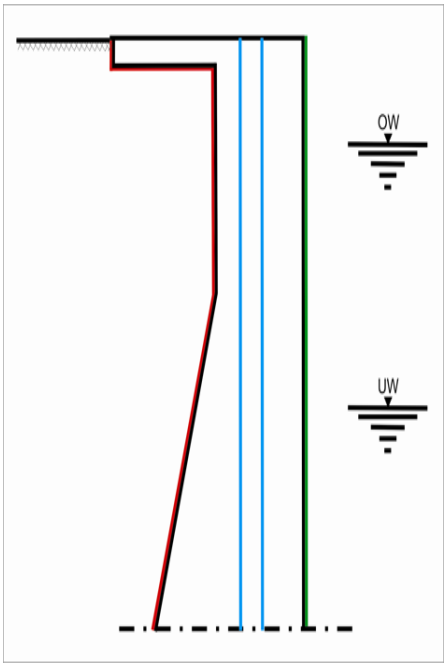
innenliegendes (einbetoniertes) Fugenband; in neuen Bauwerken auch zweifach ausgeführt (2 Dichtungslinien)



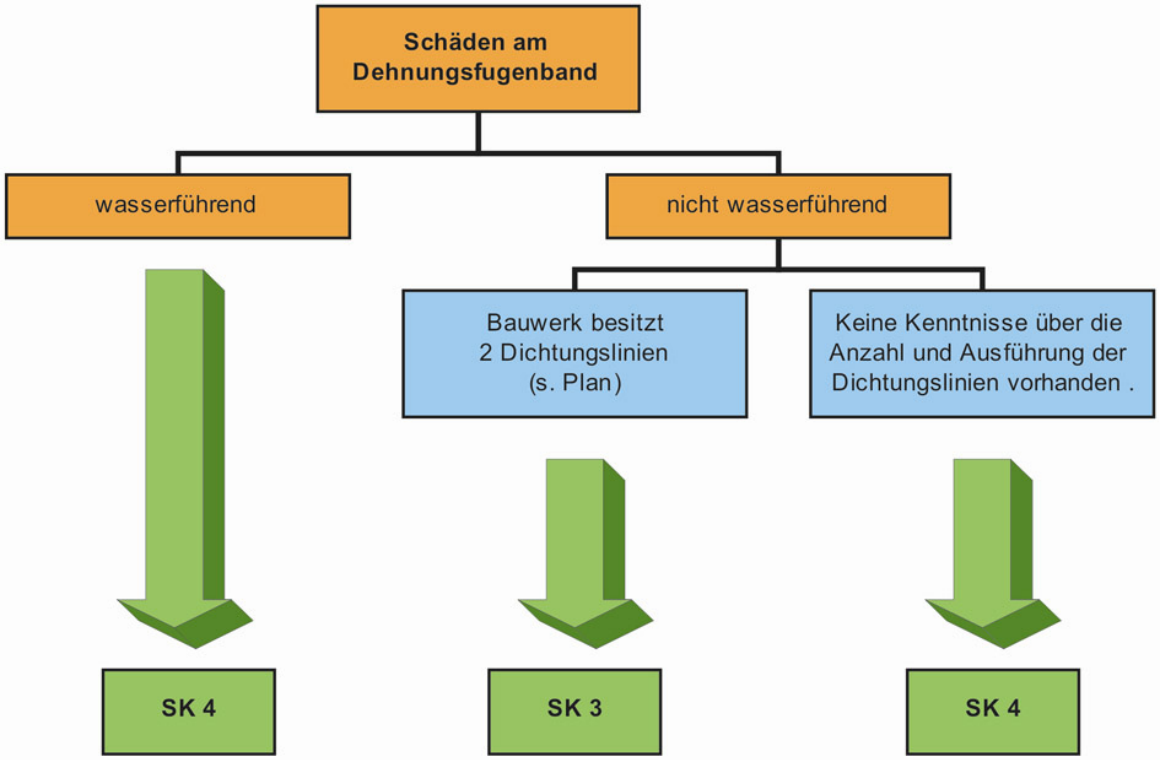
außenliegendes (anbetoniertes) Fugenband



Omega- Fugenband (Klemmfugenband)



Schäden am Dehnungsfugenband können entsprechend dem nachfolgenden Diagramm in eine Schadensklasse eingeordnet werden.
Von entscheidender Bedeutung ist die Kenntnis über die Anzahl der vorhandenen Dichtungslinien. Besitzt ein Bauwerk zwei Dichtungslinien und eine Dichtungslinie ist beschädigt, aber nicht wasserführend, so ist der Schaden in **SK 3** einzuordnen. Der Prüfzyklus ist auf zwei Jahre zu reduzieren.



Anmerkung:
Undichte Fugen in Bereichen, die immer trocken sind (z. B. bei Schleusen der oberste Teil der Kammerwand), dürfen in **SK 1** eingestuft werden.
Wenn bei wasserführenden Fugen sichergestellt ist, dass Auswirkungen des Schadens auf die Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit – auch im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen - keinen sofortigen Handlungsbedarf erfordern, ist der Schaden in eine günstigere Schadensklasse einzustufen.

Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Bauwerk sperren, sofortige Untersuchung veranlassen

Beispiele:



Schäden am Dehnungsfugenband

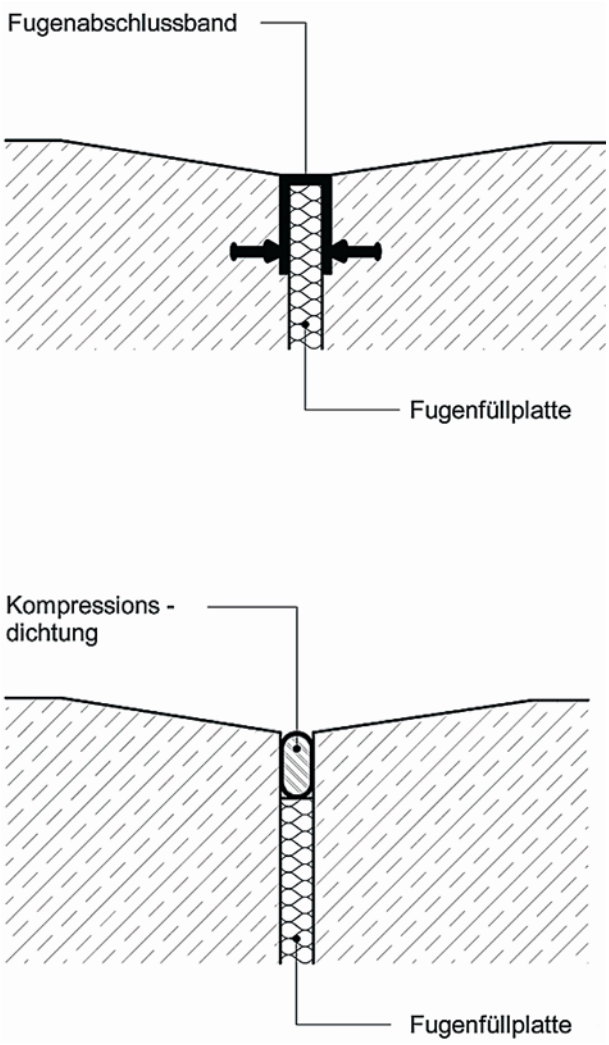
wasserführend

→ **SK 4**

Sofortige Maßnahmen:
Bauwerk sperren und Untersuchung veranlassen

4.1.2 Schäden an Fugenabschlussbänder, an Fugenfüllplatten, an Kompressionsdichtungen

Die Bauteile Fugenabschlussband, die Fugenfüllplatte, die Kompressionsdichtung u. ä. werden nicht als eine Dichtungslinie betrachtet.



Daher sind alle Schäden an diesen Bauteilen, unabhängig von ihrer Ausprägung und ihrem Ausmaß, mit der **SK 1** zu bewerten.

Für die Schadensbewertung der **ausgebrochenen Fugenkanten** wird auf Kapitel 3.1.2 verwiesen.

4.2 Schäden an Schlauchmembranen

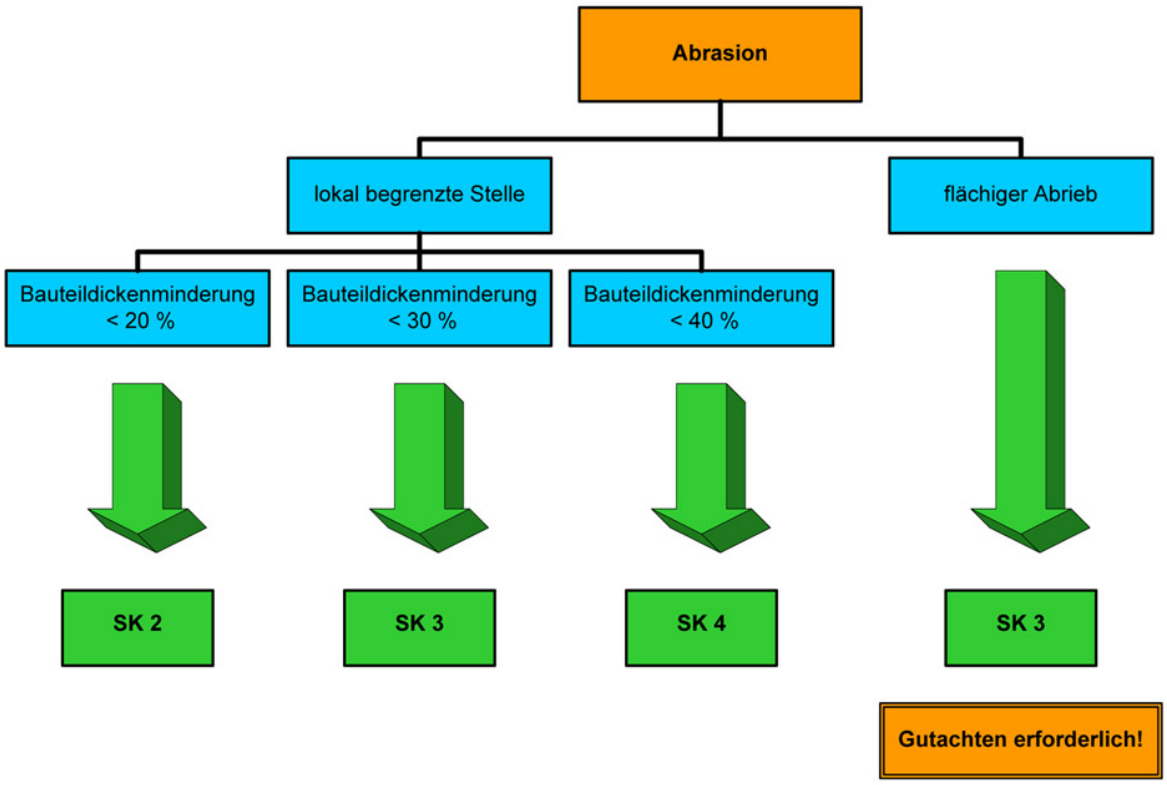
Schlauchmembrane sind gewebeverstärkte Elastomer- Bahnen. Die Gewebelagen bestehen im Allgemeinen aus Polyester oder Polyamid und dienen als Festigkeitsträger. Das Elastomer übernimmt die Dicht- und Schutzfunktion für den Festigkeitsträger. Eine Schlauchmembran kann aus einer oder mehreren Gewebelagen bestehen. Für Schlauchwehre in der WSV sind mindestens zwei Gewebelagen vorgeschrieben.

4.2.1 Oberflächenveränderungen der Membranen

Schlauchmembrane sind auch im Hinblick auf mögliche Abrasionsschäden zu untersuchen. Meistens handelt es sich um lokal begrenzte Stellen an einer Schlauchmembran, die sich durch eine raue Oberfläche erkennen lassen.

Ein besonderes Augenmerk ist im Hinblick auf verhaktes Treibgut und Geschiebe auch auf die Faltenbildung der Membran zu richten. Daher sind diese Falten auf mögliche Schädigungsentstehung zu kontrollieren.

Die Einteilung in die jeweilige Schadensklasse erfolgt nach dem unten stehenden Diagramm:



4.2.2 Risse in Membranen

Risse in der Membran können entstehen durch:

- physikalische Beanspruchung (Bauwerksbeanspruchung, Treibgut, Schnittverletzungen bis hin zum Vandalismus)
- Witterungseinflüsse (Ozon, UV durch Sonneneinstrahlung) und Alterung

Parallel gerichtete Risse haben ihren Ursprung meist aus physikalischer Beanspruchung, während ungerichtete Risse aufgrund von Witterungseinflüssen und Alterung entstehen.

Vermeintliche Risse in der Membran sollen auf keinen Fall mit Oberflächenvertiefungen verwechselt werden. Oberflächenvertiefungen können auch herstellungsbedingt sein und haben keine Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit.

Die Einteilung in die jeweilige Schadenklasse erfolgt unterschiedlich je nach Beanspruchungsursache.

Risse infolge physikalischer Beanspruchung

Tiefe / Anzahl	Einzelriss	vereinzelte Risse	viele Risse
bis 1/3 der Deckschicht	2	2	3
1/3 – 2/3 der Deckschicht	2	3	4
tiefer als 2/3 der Deckschicht	3	4	4

Risse infolge Witterungseinflüssen und Alterung

Tiefe / Anzahl	vereinzelte Risse	viele Risse
bis 1/3 der Deckschicht	-	2
1/3 – 2/3 der Deckschicht	2	3
tiefer als 2/3 der Deckschicht	3	4

Generell ist bei Rissen oder sonstigen Schäden an Fügestellen (vgl. auch Kapitel 4.2.3) ein Gutachter einzuschalten. Der Schaden ist mit **SK 4** zu bewerten.

4.2.3 Schäden an Fügestellen von Membranen

Aufgrund der Fertigungsverfahren ist eine Konfektion der endlos hergestellten Elastomer- Bahnen erforderlich. Hierzu werden diese abgelängt, einseitig im Randbereich aufgetrennt, zur erforderlichen Breite zusammengesetzt und neu vulkanisiert. Diese Verbindungen werden als Fügestellen bezeichnet.

Im Rahmen der Bauwerksinspektion sind diese Fügestellen hinsichtlich möglicher Schäden zu überprüfen. Dabei kann es sich um Risse (vgl. Kapitel 4.2.2) und um Ablösungen infolge dynamischer Beanspruchung handeln.

Generell ist bei Schäden an Fügestellen ein Gutachter einzuschalten. Der Schaden ist mit **SK 4** zu bewerten.

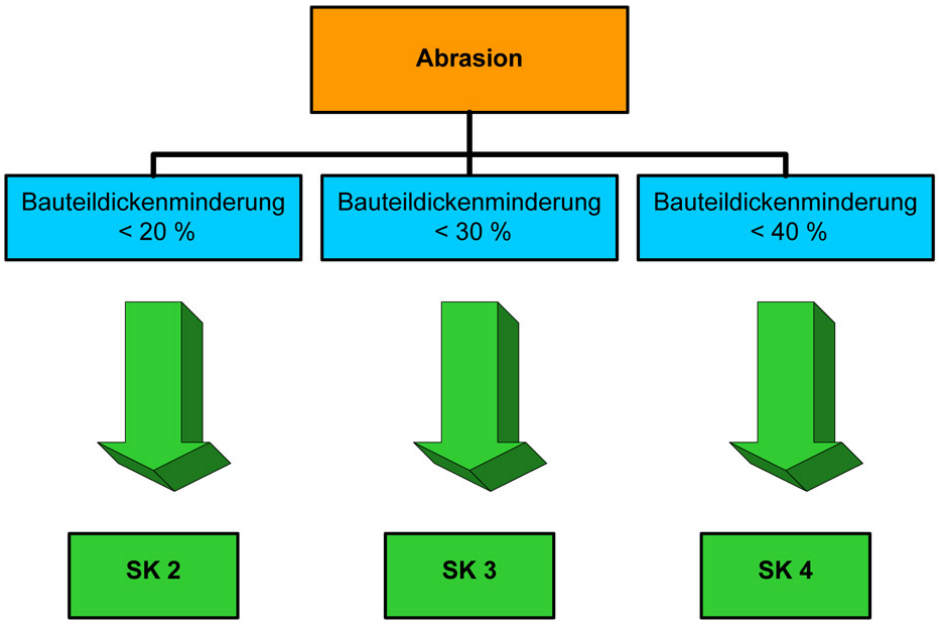
4.3 Schäden an elastischen Dichtungen im Stahl(wasser)bau

Schäden an Dichtungen im Stahl(wasser)bau können sehr vielfältig sein. Vor der Bauwerksinspektion ist in Erfahrung zu bringen, ob es sich um eine Dichtung mit oder ohne Gewebeeinlagen handelt.
Anwendungen für gewebeverstärkte Elastomere sind z. B.: Trogdichtungen, Omega- Fugenbänder und Drehgelenkdichtungen.

4.3.1 Oberflächenveränderungen der elastischen Dichtungen

Abrasion

Dichtungen im Stahl(wasser)bau sind vor allem im Hinblick auf Abrasionsschäden zu untersuchen. Geschiebe und Treibgut können die Oberfläche schädigen. Meistens handelt es sich um lokal begrenzte Stellen, die sich durch eine raue Oberfläche erkennen lassen.



Achtung:

Wird im Rahmen der Bauwerksinspektion Korrosionsschutz auf Dichtungen festgestellt, so ist dieser unverzüglich (vorsichtig) zu entfernen, wenn es keine Erfahrungen zur Verträglichkeit der beiden Werkstoffe gibt (s. Beispiel).



4.3.2 Risse in elastischen Dichtungen

Risse in elastischen Dichtungen entstehen durch:

- physikalische Beanspruchung (Bauwerksbeanspruchung, Treibgut, Schnittverletzungen bis hin zum Vandalismus)
- Witterungseinflüsse (Ozon, UV durch Sonneneinstrahlung) und Alterung

Parallel gerichtete Risse haben ihren Ursprung meist aus physikalischer Beanspruchung, während ungerichtete Risse aufgrund von Witterungseinflüssen und Alterung entstehen.

Vermeintliche Risse in der Membran sollen auf keinen Fall mit Oberflächenvertiefungen verwechselt werden. Oberflächenvertiefungen können auch herstellungsbedingt sein und haben keine Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit.

Die Einteilung in die jeweilige Schadenklasse erfolgt unterschiedlich je nach Gewebeeinlage und Beanspruchungsursache.

Dichtungen mit Gewebeeinlage

Risse infolge physikalischer Beanspruchung

Tiefe / Anzahl	Einzelriss	vereinzelte Risse	viele Risse
bis 1/3 der Deckschicht	-	-	2
1/3 – 2/3 der Deckschicht	-	2	3
tiefer als 2/3 der Deckschicht	-	3	4

Risse infolge Witterungseinflüssen und Alterung

Tiefe / Anzahl	vereinzelte Risse	viele Risse
bis 1/3 der Deckschicht	-	-
1/3 – 2/3 der Deckschicht	-	2
tiefer als 2/3 der Deckschicht	2	3

Dichtungen ohne Gewebeeinlage

Risse infolge physikalischer Beanspruchung

Tiefe / Anzahl	Einzelriss	vereinzelte Risse	viele Risse
bis 1/3 der Deckschicht	2	2	3
1/3 – 2/3 der Deckschicht	2	3	4
tiefer als 2/3 der Deckschicht	3	4	4

Risse infolge Witterungseinflüssen und Alterung

Tiefe / Anzahl	vereinzelte Risse	viele Risse
bis 1/3 der Deckschicht	-	2
1/3 – 2/3 der Deckschicht	2	3
tiefer als 2/3 der Deckschicht	3	4

4.3.3 Verformungen von elastischen Dichtungen

Plastische Verformungen an Dichtungen im Stahl(wasser)bau entstehen durch längere Einklemmung von Geschiebe und Geschwemmsel. Nach Beseitigung des Treibgutes kann es bei entsprechend guten Materialeigenschaften (Druckverformungsrest) nicht zu einem Schadensfortschritt kommen, so dass diese Schäden im Regelfall mit der **SK 1** bewertet werden können.

5 Stahl(wasser)bau

Im Rahmen der Bauwerksinspektion werden Stahlbau- bzw. Stahlwasserbauteile geprüft bzw. überwacht. Im Verkehrswasserbau sind diese Bauteile in der Regel mit einem geeigneten Beschichtungssystem vor Korrosion geschützt (Korrosionsschutz).

Damit muss ein Stahlbauteil in zweierlei Hinsicht betrachtet und bewertet werden:

- Bewertung der stählernen Konstruktion (ohne Berücksichtigung des Korrosionsschutzes)
- Bewertung des Korrosionsschutzes

Für die stählerne Konstruktion gelten andere Bewertungskriterien als für den Korrosionsschutz (s. Kapitel 2 Allgemeines bzw. Kapitel 8 Korrosionsschutz).

Für die stählerne Konstruktion gelten ausschließlich die Kriterien Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit, während für den Korrosionsschutz die Wirksamkeit der Schutzfunktion als Kriterium definiert wurde.

Hintergrund:
Ein intakter Korrosionsschutz verbessert ein beschädigtes (korrodiertes) Bauteil nicht, sondern konserviert den vorhandenen Schädigungsgrad.
Ein schlechter Korrosionsschutz auf einem unbeschädigten Bauteil hat keine Auswirkungen auf die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit des Stahlbauteils.

In diesem Kapitel geht es ausschließlich um die Bewertung der stählernen Konstruktion. Zum besseren Verständnis werden bei den Beispielbildern die entsprechenden Bewertungen für den Korrosionsschutz ebenfalls aufgeführt (Die Definition der Schadensklassen für den Korrosionsschutz ist in Kapitel 8 beschrieben.).

Steht bei der Schadensbewertung die Tragfähigkeit im Vordergrund, darf von den hier angegebenen Grenzwerten der Schadensklassen abgewichen werden, falls genauere Kenntnisse über den Auslastungsgrad der betroffenen Querschnitte vorliegen. Dies muss im Inspektionsbericht eindeutig erwähnt werden. Der rechnerische Auslastungsgrad im Soll- und im Ist-Zustand muss mit angegeben werden.

Hinweis:
Gemäß den Bewertungsgrundsätzen werden nur Schäden erfasst und dokumentiert.

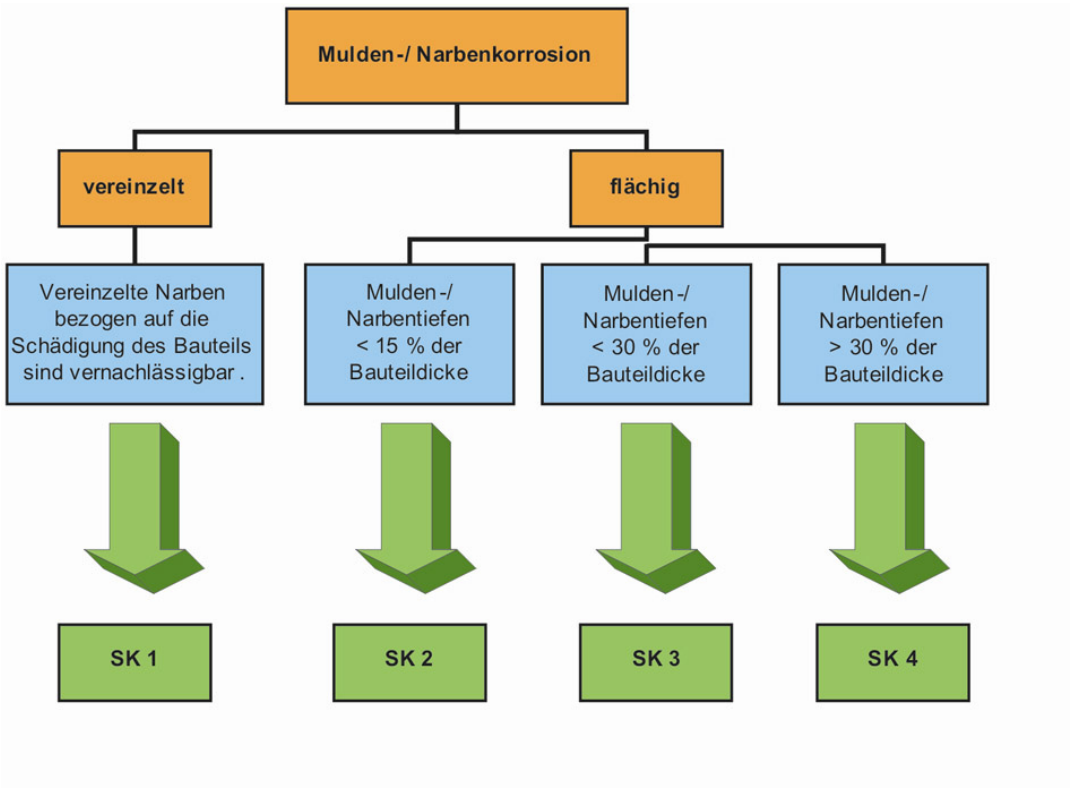
5.1 Korrosion

Korrosion ist ein Schädigungsprozess, der kontinuierlich Querschnitte von Stahlbauteilen vermindert. Dieser Prozess schreitet voran, jedoch ist es möglich, durch geeignete Maßnahmen (Korrosionsschutz) eine Verlangsamung bzw. einen Stillstand herbeizuführen.

Eine Überprüfung der Wanddicken (Ultraschall-Messungen) bzw. Messungen der Narbentiefen liefern Kriterien für die Bewertung der Bauteile.

5.1.1 Mulden-/Narbenkorrosion

Die Mulden-/Narbenkorrosion ist eine Erscheinungsform der flächigen Korrosion. Bei dieser Korrosionsform wird nur punktuell die Bauteildicke korrosiv abgetragen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Verstärkung oder Ersatz des Bauteils

Beispiele:



Stahl:
Mulden-/Narbentiefe: 2 mm
entspricht 20 % der Bauteildicke

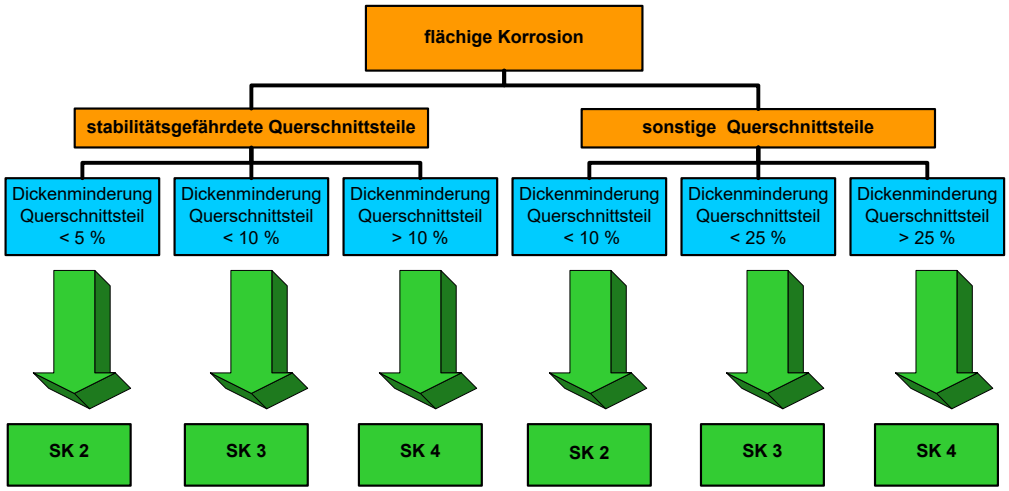
→ **SK 3**

Beschichtung:
Korrosionsschutz ist intakt, d. h. es sind keine Risse, Blasen, Abblätterungen oder Rostdurchbrüche erkennbar.

Erfassung nicht erforderlich

5.1.2 Flächige Korrosion

Flächige Korrosion ist der gleichmäßige Stahlabtrag über die Bauteilfläche.



Anmerkung:
Wenn bei flächiger Korrosion die Rostbildung blättrig aussieht, spricht man auch von Blattrost. Ist die Bauteildicke zu 100 % abgetragen, so liegt eine Durchrostung vor (vgl. Beispiel).

Querschnittsteile sind z. B. Flansch, Gegenflansch, Steg, Stauwandblech, Beulfelder etc.

Die prozentuale Dickenminderung bezieht sich auf die Nenndicke des betrachteten Querschnittsteils.

Stabilitätsgefährdete Querschnitte (z. B. hochausgelastete Beulfelder) reagieren besonders sensibel auf flächige Korrosion. Daher sind für diese Art von Elementen andere Grenzwerte der Schadensklassen angegeben.

Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Verstärkung oder Ersatz des Bauteils, Stilllegung/Sperrung

Beispiele:



Stahl:
Flächige Korrosion – sonstiger Querschnitt - Durchrostung
Bauteildickenminderung > 25 %

→ **SK 4**

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 4**



Stahl:
Flächige Korrosion - stabilitätsgefährdeter Querschnitt (Beulen)
Bauteildickenminderung < 10 %

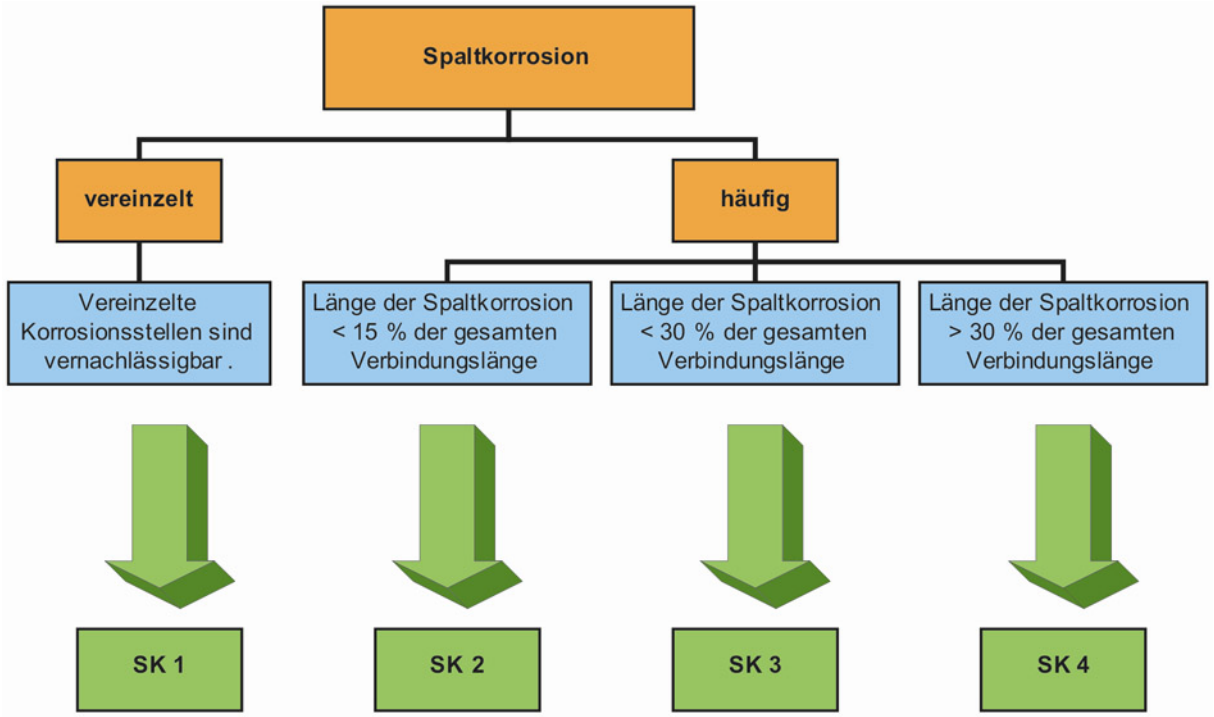
→ **SK 3**

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 4**

5.1.3 Spaltkorrosion

Korrosion, die in der Regel zwischen den Beiwinkeln, Verstärkungslaschen, Lamellenkonstruktionen oder Blechstößen und dem Hauptbauteil auftritt.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Instandsetzung des betroffenen Bereiches, ggf. Zerlegung und Neuzusammensetzung der Bauteilgruppen

Beispiele:



Stahl:
Spaltkorrosion

Länge der Spaltkorrosion
< 30 % der gesamten Verbindungslänge

→ **SK 3**

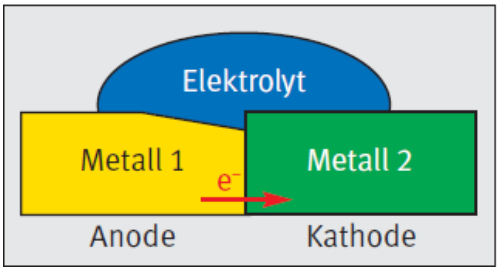
Beschichtung:
Abblätterung und massive Unterrostung

→ **SK 3**

5.1.4 Kontaktkorrosion (Bimetallkorrosion)

Das Auftreten von Kontaktkorrosion (Bimetallkorrosion) ist an bestimmte Voraussetzungen gebunden:

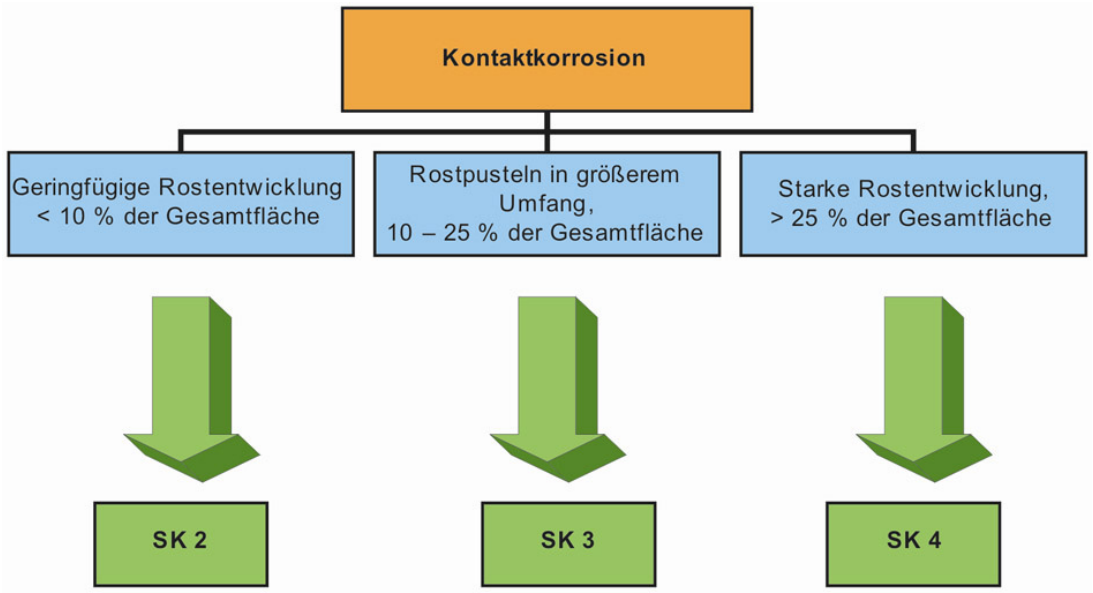
- Eingesetzte Metalle besitzen unterschiedliche Potentiale.
- Zwischen den Metallen besteht eine Elektronen-leitende Verbindung.
- Beide Metalle sind durch Wasser (Elektrolyt) verbunden.



Nur wenn alle drei Voraussetzungen erfüllt sind, kann Kontaktkorrosion überhaupt auftreten.

Durch den Kontakt zweier Metalle mit unterschiedlichem Potential, die einer leitfähigen Lösung ausgesetzt sind, kommt es nach Merkblatt 829 zu einem Elektronenfluss von der Anode (unedlerer Werkstoff) zur Kathode (edlerer Werkstoff).

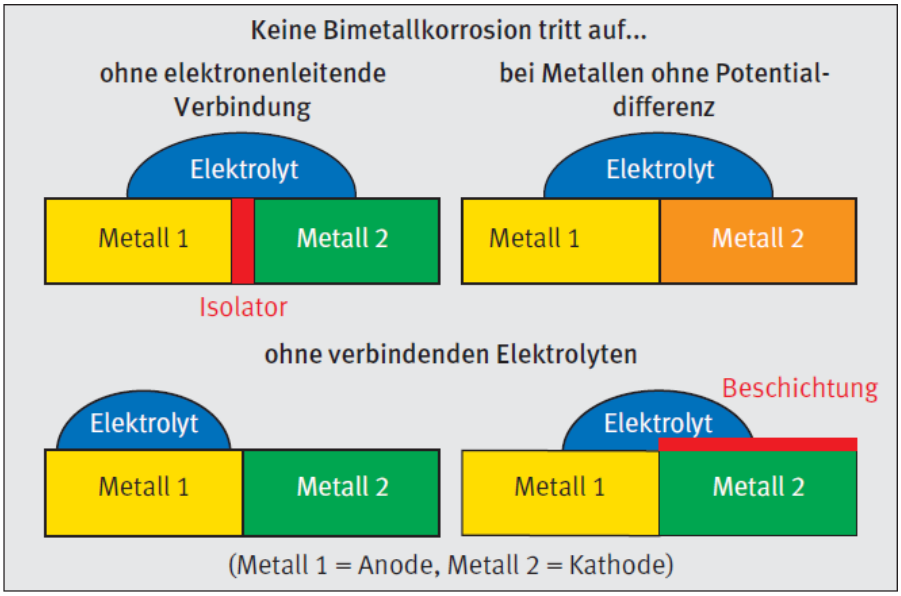
Die häufigste Metallkombination im Stahl(wasser)bau ist unlegierter Stahl und nicht rostender Stahl (Edelstahl).



Bei vermuteter Bimetallkorrosion ist der Prüfzyklus unbedingt anzupassen.
Empfohlenes Intervall: 2 - 3 Jahre

Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Bimetallkorrosion ist ein Werkstoffkombinationsproblem und nach Merkblatt 829 eine dauerhafte Lösung meistens nur durch einen konstruktiven Eingriff möglich.



Eine weitere Möglichkeit besteht nach Merkblatt 829 im Einsatz von galvanischen Anoden (Opferanoden). Der Schutz des edleren Partners wird hierbei ausgenutzt.

Hinweis:

Keinesfalls sollte der unedlere Werkstoff (Anode) als einzige Maßnahme mit einer neuen Beschichtung versehen werden. Fehler oder Beschädigungen in der Beschichtung, was immer vorkommen kann, schaffen ein kritisches Korrosionselement. Die Beschädigungen führen dann zu kleinflächigen Anoden, die dann nach Merkblatt 829 mit hoher Abrostungsrate korrodieren können.

Beispiele:



Stahl:
Kontaktkorrosion

geringfügige Rostentwicklung
< 10 % der Gesamtfläche

→ **SK 2**

Beschichtung:
massive Unterrostung

→ **SK 4**



Stahl:
Kontaktkorrosion

Rostentwicklung im gesamten Laschenauge (Lasche: unlegierter Stahl; Bolzen: nicht rostender Stahl)
> 25 % der Gesamtfläche

→ **SK 4**

Beschichtung:
massive Unterrostung

→ **SK 4**



Stahl:
Kontaktkorrosion

Rostentwicklung an Schwarzstahl-Gurten entlang der aufgeschweißten NIRO-Flacheisen
10 - 25 % der Gesamtfläche

→ **SK 3**

Beschichtung:
massive Unterrostung

→ **SK 4**

5.1.5 Kantenabrostung an Profilen und Blechen

Begünstigt durch exponierte Angriffspunkte, mechanischen Abrieb durch Geschiebe und Geschwemmsel sowie Kantenflucht des Korrosionsschutzes kann als spezielle Korrosionsform eine Kantenabrostung an Profilen und Blechen entstehen.

Wichtig für die Klassifizierung des Schadens und die Zuordnung in eine Schadensklasse ist die Unterscheidung in:

1. verschiedene Belastungsarten
2. Haupttragelement und sekundäres Bauteil

Ein Querschnitt reagiert je nach Belastungsart sehr unterschiedlich auf das Schadensbild. Daher wird für die Schadensbewertung zwischen Biegeträger, Druckstäben und Zugstäben unterschieden.

Des Weiteren erfolgt eine Einordnung in Haupttragelemente, von denen die Gesamttragfähigkeit des Verschlusses abhängt und bei deren Versagen der Verschluss in großen Bereichen zerstört wird oder es zu einem Gesamtversagen kommt, und sekundären Bauteilen, deren Versagen nur lokal begrenzte Bereiche beeinflusst und nicht zum Gesamtversagen der Konstruktion führt.

Haupttragelemente sind z. B.:

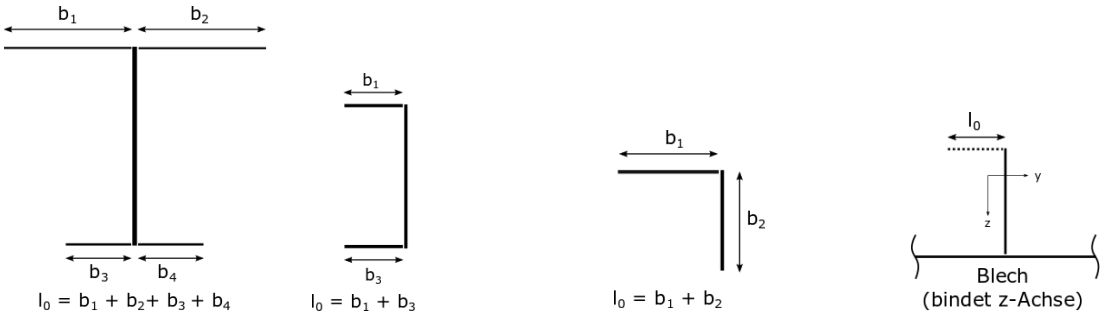
- Arme eines Segmentschützes
- Zylindermantel einer Walze
- Hauptträger eines Hubtores

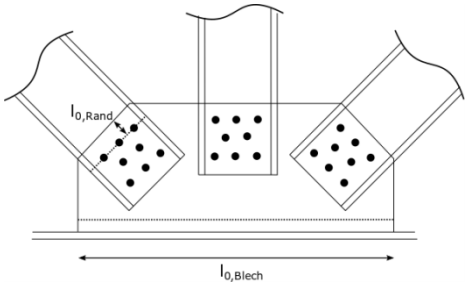
Sekundäre Bauteile sind z. B.:

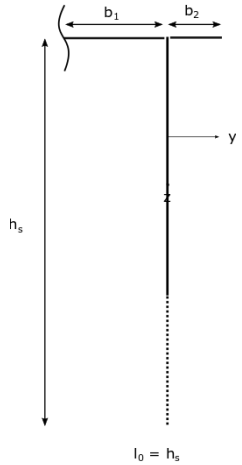
- Aussteifungen (für Stauwand, Riegel, Schotte usw.)
- Schotte (Mittelschotte) außer Endschott
- Querverbände (Schotte) an Wehrverschlüssen

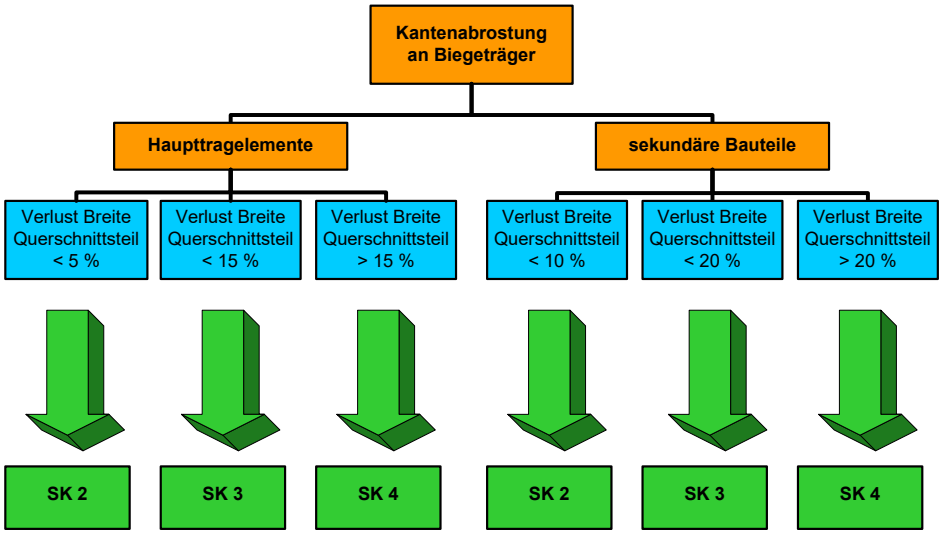
Querschnittsteile können z. B. sein Flansche, Aussteifungsrippen, Schottbleche ohne Gegenflansch, Knotenbleche.

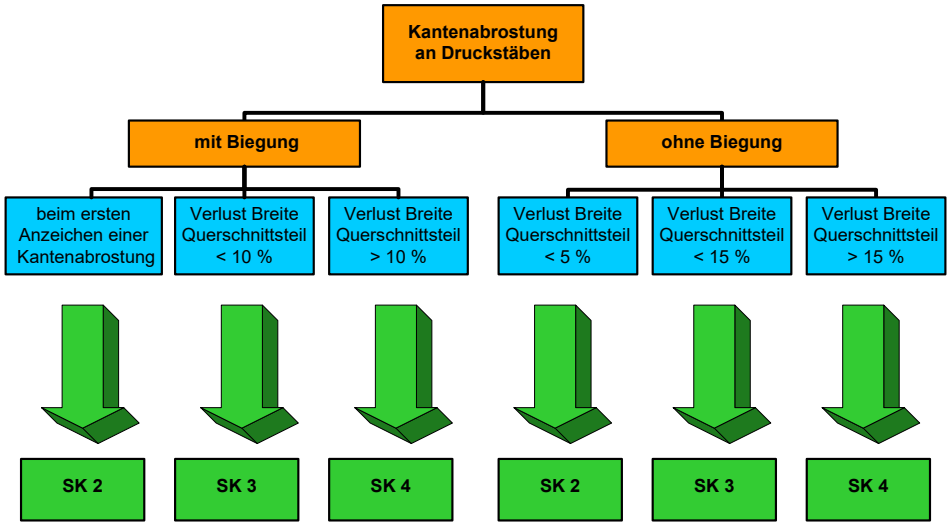
Zur Bestimmung der Kenngröße „Breite Querschnittsteil“ für die Schadenseinstufung wird Bezugslänge l_0 verwendet. Die Bezugslänge l_0 zum Bestimmen des prozentualen Verlustes richtet sich in Abhängigkeit vom Bauteil nach der Gesamtlänge der Flansche am ungeschädigten Querschnitt, der ursprünglichen Breite des Knotenblechs oder dem ursprünglichen Randabstand des Schrauben- bzw. Nietlochs (siehe nachfolgende Abbildungen).



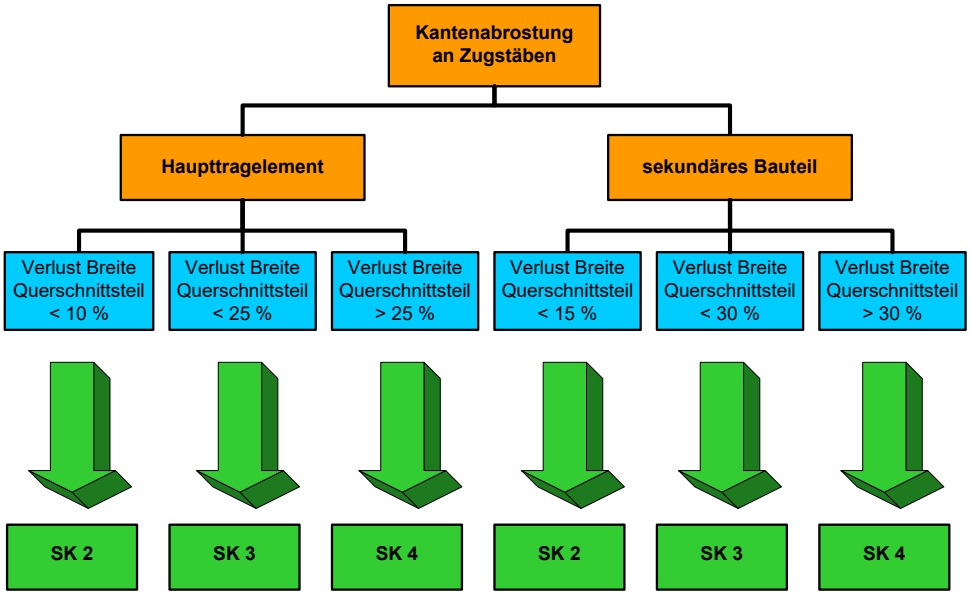








Hinweis: Bei Druckstäben wird nicht zwischen Haupttragelementen und sekundären Bauteilen unterschieden.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Bei Haupttragelementen muss das Profil sofort verstärkt oder ersetzt werden.

Bei sekundären Bauteilen soll anhand der Statik (Spannungsauslastung am betroffenen Bauteil) überprüft werden, ob Ersatz oder Verstärkung erforderlich ist.

Beispiele:

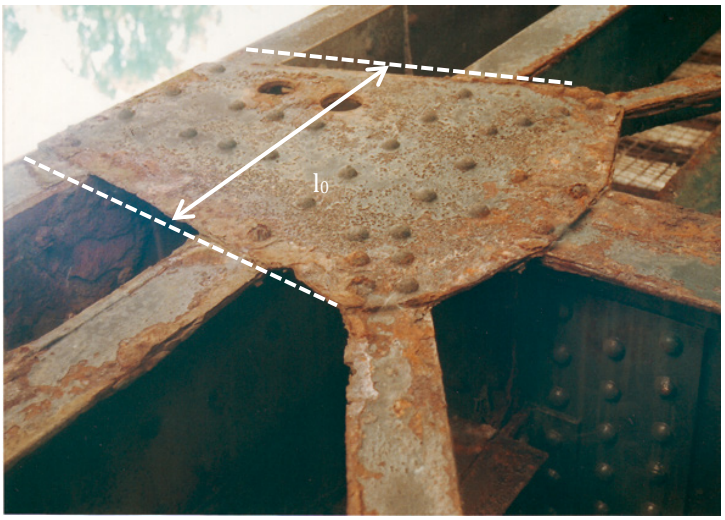


Stahl:
Kantenabrostung an Druckstab (Längssteife)
Verlust l_0 > 15 %

→ **SK 4**

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 2**



Stahl:
Haupttragelement (Knotenblech)
Verlust l_0 > 25 %

→ **SK 4**

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 4**

5.1.6 Mikrobiell beeinflusste Korrosion (engl. MIC)

Wenn Korrosionsprozesse durch Mikroorganismen ausgelöst bzw. beeinflusst werden, handelt es sich um mikrobiell beeinlfusste Korrosion (aus dem englischen: microbial influenced or induced corrosion, kurz MIC). Am Bauwerk äußert sich dies in der Regel durch unerwartet hohe Korrosionsraten und entsprechende vorzeitige Schädigungen der Bauteile. Daher ist es wichtig, frühzeitig zu erkennen, ob MIC am Korrosionsgeschehen beteiligt ist.

Bei Verdacht auf MIC ist der Schaden in **SK 3** einzustufen und weitere Untersuchungen sind einzuleiten. Dem WSA sind diese Schäden gesondert zu melden. Abhängig von der Analyse der Korrosionsprodukte sowie dem Fortschritt des Schadens kann die Schadensklasse nach Auswertung der Untersuchung auf 2-4 korrigiert werden.

Die Korrosionserscheinungen, die mit MIC assoziiert sind, können bei Stahlwasserbauwerken grob entsprechend der Lage ihres Auftretens gruppiert werden:

Landseitige, durch MIC ausgelöste Schäden:

Diese können sich durch nachstehende Merkmale äußern:

- lokal auftretende Durchrostungen (von der Landseite ausgehend) vor Erreichen der geplanten Lebensdauer bei oftmals gleichzeitig wasserseitig ungeschädigter Stahloberfläche
- auffällige verschiedenfarbige Rostfahnen in Verbindung mit Wasseraustritt von anstehendem Wasser an frischen Durchrostungen oder künstlichen Öffnungen (z. B. undichte Ankerköpfe)
- in Bereichen von austretendem Wasser oft „schleimige“ Bakterienrasen

Beispiele:





Wasserseitige, durch MIC ausgelöste Schäden:

Diese können sich durch nachstehende Merkmale äußern:

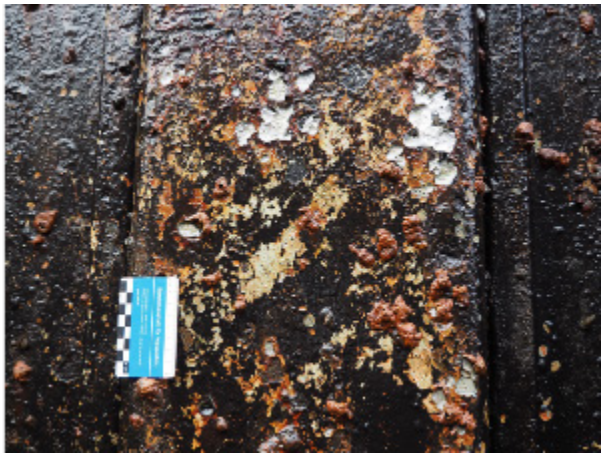
- Häufungen von voluminösen rotbraunen Korrosionsprodukten („Pusteln“), die überwiegend in der Unterwasserzone aber auch weniger stark in der Wasserwechselzone auftreten.
- Unter den rotbraunen Korrosionsprodukten befindet sich in der Regel eine schwarze Schicht bis hin zur Stahloberfläche.
- Nach Abwaschen dieser Schicht wird eine blanke, metallische Stahloberfläche sichtbar.
- Nach dem kompletten Entfernen der Korrosionsprodukte ist meist ein lokal verstärkter Abtrag (auch muldenförmig) erkennbar (i.d.R. kein normaler Blattrost/kein gleichmäßiger flächiger Abtrag).

Beispiele (vorher – nachher):













5.2 Verformungen

Bei Verformungen an Stahl(wasser)bauten handelt es sich in der Regel ausschließlich um stabile Verformungszustände, d. h. ein Einzelereignis (wie z. B. Schiffsanfahrung, Bedienungsfehler, Geschiebe etc.) löst die Bauteilverformung aus.

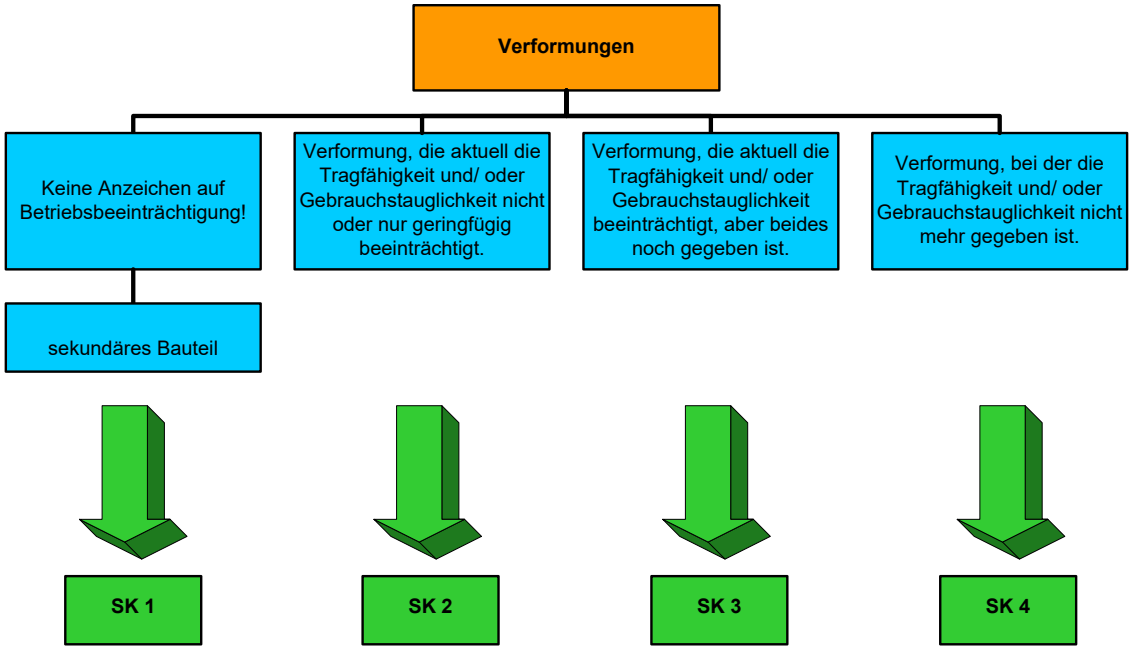
Wichtig für die Einstufung in die jeweiligen Schadensklassen sind die Auswirkungen auf die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit (Dichtigkeit, Betriebsfähigkeit wie Öffnen und Schließen des Tores, etc.).

Haupttragelemente sind z. B.:

- Arme eines Segmentschützes
- Zylindermantel einer Walze
- Hauptträger eines Hubtores

Sekundäre Bauteile sind z. B.:

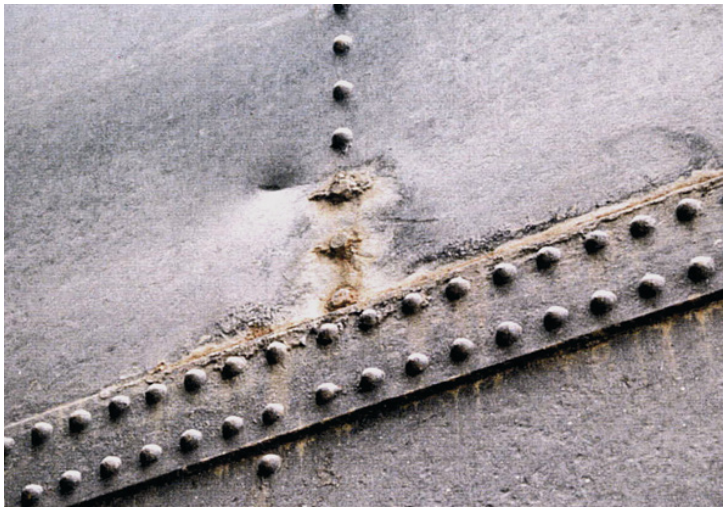
- Aussteifungen (für Stauwand, Riegel, Schotte usw.)
- Schotte (Mittelschotte) außer Endschott
- Querverbände (Schotte) an Wehrverschlüssen



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Austausch/Ersatz der verformten Bauteile/Bauteilgruppen, ggf. Sperrung, Einleitung Planung Ersatzinvestition

Beispiele:



Stahl:
Keine Anzeichen auf Betriebsbeeinträchtigung!

Annahme:
sekundäres Bauteil

→ **SK 1**

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 2**



Stahl:
Verformung, die aktuell die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt, aber beides ist noch gegeben.

→ **SK 3**

Beschichtung:
nicht erkennbar



Stahl:
Verformung hat zur Betriebs-beeinträchtigung geführt!

→ **SK 4**

Sofortige Maßnahme:
Ersatz des Tores

Beschichtung:
Korrosionsschutz ist intakt, d. h. es sind keine Risse, Blasen, Abblätterungen oder Rostdurchbrüche erkennbar.

Erfassung nicht erforderlich

5.3 Risse

Risse im Grundmaterial deuten in der Regel auf eine Schädigung der Konstruktion durch Ermüdung, Versprödung oder übermäßige Dehnung aufgrund von Gewalteinwirkung/ Überbelastung hin.

Das Rissende sollte nach Möglichkeit abgebohrt werden. Im Stauwandbereich sind die Bohrlöcher dicht zu verschließen, bzw. es muss auf das Abbohren verzichtet werden. Bei Altstählen wird eine Ermittlung der aktuell vorhandenen Materialeigenschaften empfohlen. Altstähle weisen infolge Alterung im Vergleich zu modernen Stählen häufig reduzierte Materialzähigkeiten auf.

Im Rahmen der Bauwerksinspektion sind Risse zu dokumentieren. Eine fundierte Beurteilung von Rissschäden in Stahlbauteilen erfordert die gemeinsame Betrachtung des geometrischen Details an der Schadstelle, der lokalen Spannungsverhältnisse sowie der Materialeigenschaften. Diese Haupteinflussfaktoren stehen in einem komplexen Zusammenhang. Eine aussagekräftige Bewertung dieses Zusammenhangs ist allein auf Grundlage einer visuellen Begutachtung nicht möglich. Falls das Inspektionspersonal den Riss nicht unter Einbeziehung aller Einflussgrößen beurteilen kann, ist eine gutachterliche Bewertung des Schadens erforderlich. Bis dahin ist der Schaden mit **SK 4** zu bewerten. Liegt die gutachterliche Bewertung des Schadens vor, können dementsprechend eine andere Schadensklasse und die Instandsetzungsmaßnahmen gewählt werden.

Notwendige Sofortmaßnahmen:

- Der Schaden ist unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren zu beurteilen.
- Die Risswachstumsrate (z. B. mm/Woche, mm/Monat, etc.) ist durch regelmäßige Inaugenscheinnahme zu ermitteln und/oder durch geeignete Messmethoden zu überwachen.
- Falls ein sprunghafter Anstieg der Risswachstumsrate festgestellt wird (z. B. der Riss ist zwischen zwei Inaugenscheinnahmen deutlich schneller gewachsen als zuvor), ist der betroffene Verschluss unverzüglich und bis auf weiteres außer Betrieb zu nehmen.

5.4 Schäden an Verbindungsmitteln

Stahlbauteile werden aus Einzelteilen wie Profilen und Blechen zusammengefügt. Als Verbindungsmittel stehen Schrauben, Nieten, Keile, Bolzen oder Schweißnähte zur Verfügung. Nach ihrer Funktion unterscheidet man zwei Arten von Verbindungen:

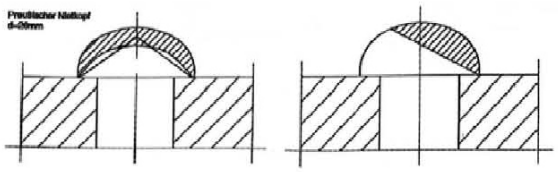
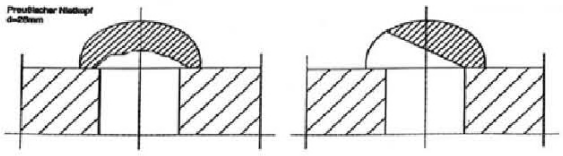
- Kraftverbindungen müssen alle nach der statischen Berechnung auftretenden Kräfte aufnehmen und übertragen.
- Heftverbindungen sollen die Einzelteile auf größere Länge miteinander so verbinden, dass sie wie ein Stück wirken, und außerdem ein Klaffen, das immer Korrosionsgefahr bedeutet, verhindern.

5.4.1 Schäden an Schrauben und Nieten

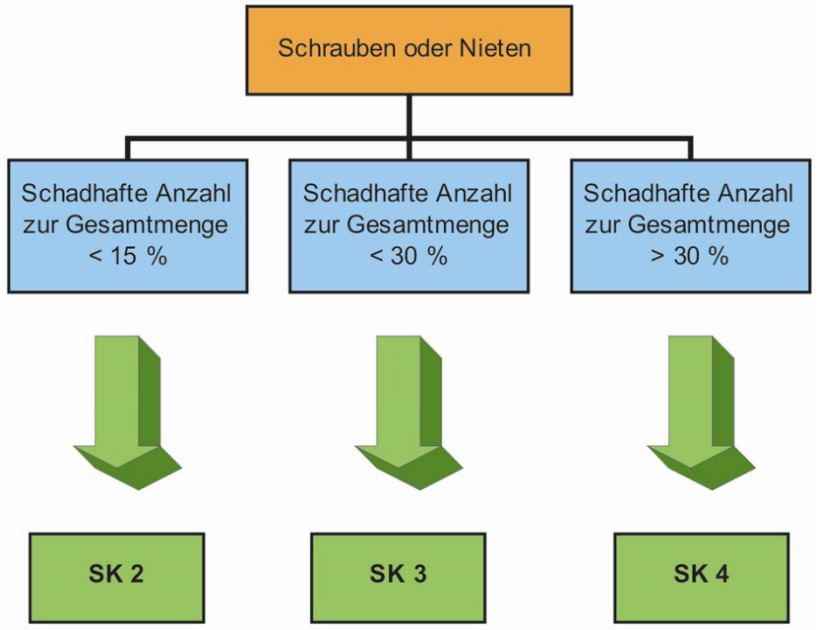
Bei einem geschraubten oder genieteten Anschluss ist im Sinne der Bewertungskriterien Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit zu überprüfen, ob der Kraftfluss durch den Anschluss noch gegeben ist. Dabei muss zuerst die Einzeltragfähigkeit jeder Schraube bzw. Niete betrachtet werden. In einem zweiten Schritt erfolgt dann die Bewertung für den eigentlichen Anschluss selbst.

Daher wird der Begriff „schadhaft“ eingeführt. Schadhafte Verbindungsmittel übertragen keine Kräfte mehr. Darunter werden Einzelschäden wie fehlt, lose, unterrostet, angerostet, angerissen oder gerissen verstanden.

Fehlende oder lose Verbindungsmittel sind leicht und eindeutig zu identifizieren. Nachfolgende Beispielbilder sollen eine Hilfestellung geben, ab wann eine Niete als schadhaft eingestuft werden kann.

	Schadenbild	Schemazeichnung
nicht schadhaft	Kopfvolumenminderung bis 50 Vol.-%	
	Spitzrostung bzw. gleichmäßige Abrostung bis zum Schließkopfrand	
	Einseitige, schräge Abrostung oder schräger Abtrag bis zum Schließkopfrand	
schadhaft	Kopfvolumenminderung über 50 Vol.-%	
	Gleichmäßige Abrostung über den Schließkopfrand	
	Einseitige, schräge Abrostung oder schräger Abtrag über den Schließkopfrand	

Zur Einordnung in eine Schadensklasse ist das Verhältnis der Anzahl der schadhaften Verbindungsmittel zur Gesamtmenge ausschlaggebend!



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Ersatz der Verbindungsmittel (z. B. Niete → Passschraube)

Beispiele:



Stahl:
Gesamtanzahl Nieten: 16
davon schadhaft: 5

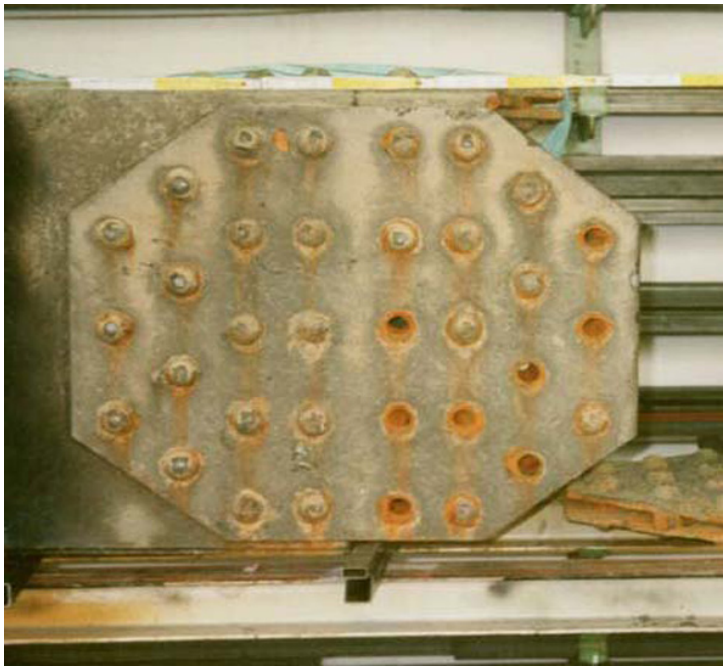
Beschädigung: 31 %

→ **SK 4**

Sofortige Maßnahme:
Ersatz

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 3**



Stahl:
Gesamtanzahl Nieten: 17
davon schadhaft: 9

Beschädigung: 53 %

→ **SK 4**

Sofortige Maßnahme:
Ersatz

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 4**



Stahl:
mehrfach angerostete bzw. unterrostete Schrauben;
keine davon schadhaft (Einzeltragfähigkeit ist noch gegeben);
keine Erfassung erforderlich

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 4**



Stahl:
mehrfach angerostete bzw. unterrostete Nieten;
keine davon schadhaft (Einzeltragfähigkeit ist noch gegeben);
keine Erfassung erforderlich

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung des Korrosionsschutzes

→ **SK 4**

5.4.2 Schäden an Schweißnähten

Unterbrochen:

Gemäß DIN 19704-2 (2014) ist eine unterbrochene Schweißnaht unzulässig, da ein unkontrollierbarer Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit gegeben ist. Sind an einem Bauteil unterbrochene Schweißnähte vorhanden, ist dieser Schaden zu behandeln und pauschal in **SK 2** einzustufen.

Unter- oder angerostet:

Wenn Schweißnähte unterrostet sind, ist der Schaden dem Bauteil, das davon betroffen ist, zuzuordnen. Die Schadensklassifizierung ist entsprechend zu wählen.

Kante nicht umschweißt:

Kanten sind aus ermüdungsrelevanten Gründen zu umschweißen, da auch in diesem Fall ein Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit vorhanden ist. Dieser Schaden ist daher in **SK 2** einzustufen.

Risse

Risse in der Schweißnaht deuten in der Regel auf eine durch Herstellungsfehler bedingte Versprödung, eine Schädigung der Konstruktion durch Ermüdung oder eine übermäßige Dehnung aufgrund von Gewalteinwirkung/Überbelastung hin.

Im Rahmen der Bauwerksinspektion sind Risse zu dokumentieren. Eine fundierte Beurteilung von Rissschäden in Schweißnähten erfordert die gemeinsame Betrachtung des geometrischen Details an der Schadstelle, der lokalen Spannungsverhältnisse sowie der Materialeigenschaften. Diese Haupteinflussfaktoren stehen in einem komplexen Zusammenhang. Eine aussagekräftige Bewertung dieses Zusammenhangs ist allein auf Grundlage einer visuellen Begutachtung nicht möglich. Falls das Inspektionspersonal den Riss nicht unter Einbeziehung aller Einflussgrößen beurteilen kann, ist eine gutachterliche Bewertung des Schadens erforderlich. Bis dahin ist der Schaden mit **SK 4** zu bewerten. Liegt die ingenieurmäßige Schadensbeurteilung vor, können dementsprechend eine andere Schadensklasse und die Instandsetzungsmaßnahmen gewählt werden.

Notwendige Sofortmaßnahmen:

- Der Schaden ist unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren zu beurteilen.
- Die Risswachstumsrate (z. B. mm/Woche, mm/Monat, etc.) ist durch regelmäßige Inaugenscheinnahme zu ermitteln und/oder durch geeignete Messmethoden zu überwachen.
- Falls ein sprunghafter Anstieg der Risswachstumsrate festgestellt wird (z. B. der Riss ist zwischen zwei Inaugenscheinnahmen deutlich schneller gewachsen als zuvor), ist der betroffene Verschluss unverzüglich und bis auf weiteres außer Betrieb zu nehmen.

6 Holzbau

6.1 Insektenbefall

Generell lässt sich der Insektenbefall nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in der unten stehenden Abbildung in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

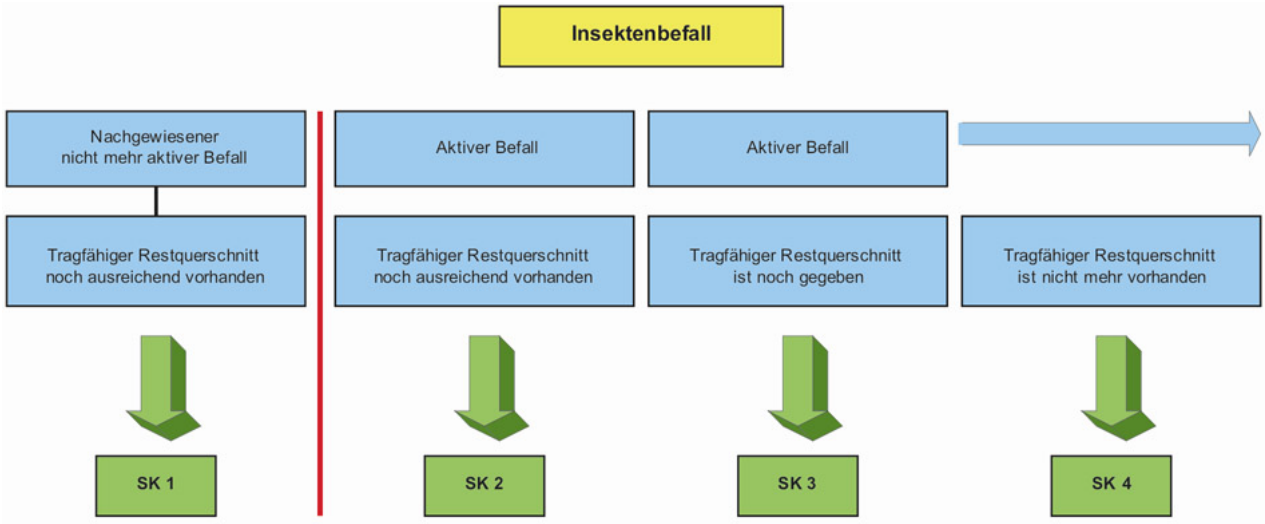
Fraßgänge (Hohlräume) lassen sich durch Abklopfen mit einem Hammer lokalisieren (Achtung: Viel Erfahrung notwendig!).

Ebenfalls ist anhand der Bestandsstatik zu prüfen, ob bei der Dimensionierung Tragfähigkeitsreserven vorhanden sind und der geschädigte Restquerschnitt noch ausreichend ist.

Bei der Bewertung der Aktivität des Befalls sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Beim erstmaligen Auftreten des Schadens wird von einem aktiven Befall ausgegangen.
- Handelt es sich bei dem Schaden um einen bekannten Schaden (z. B. durch eine vorangegangene Prüfung, Erfahrung des Prüfers oder des Anlagenverantwortlichen, …), dessen Ausprägung sich innerhalb eines bestimmten Zeitraums nicht verändert hat, so kann von einem nachgewiesenen nicht aktiven Befall ausgegangen werden.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht der Maximalbewertung einer Eigenschaft.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Sperrung

Die Einordnung in die Schadenklasse kann gegebenenfalls vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.

6.2 Pilzbefall

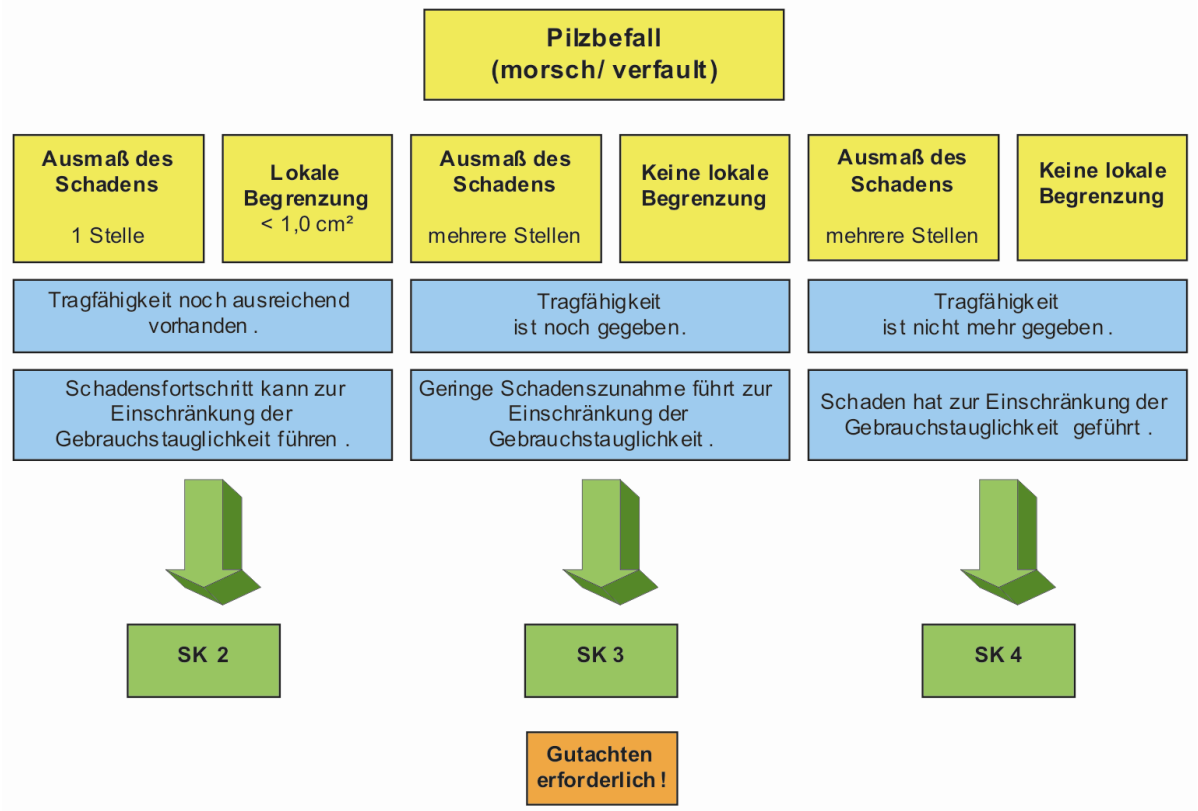
Pilze sind pflanzliche Holzschädlinge, die nur feuchtes Holz (je nach Sorte ab 20 - 30 M- %) befallen. Wassergesättigtes Holz (z. B. bei Pfahlgründungen unterhalb des Grundwasserspiegels) oder trockenes Holz werden in der Regel nicht von Pilzen befallen.

Pilze schädigen Holz durch chemischen Abbau. Sie bauen Zellwände ab. „Morsch“ und „verfault“ sind die Folgen eines Pilzbefalls.

Generell lässt sich der Pilzbefall nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für diesen Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in den blauen Kästchen der untenstehenden Abbildung dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Die Größenangaben zum Ausmaß des Schadens oder zur lokalen Begrenzung sind als Richtwerte zu verstehen. Die Einordnung in die Schadensklasse kann gegebenenfalls vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht der Maximalbewertung einer Eigenschaft.



Das Vorhandensein eines Fäulnispilzes kann unter Umständen zu einem recht schnellen Schadensfortschritt führen. Diese Einschätzung ist während einer Bauwerksprüfung ohne geeignete Hilfsmittel nicht möglich. Daher ist mit der Einstufung des Schadens in **SK 3** eine weitere Untersuchung in Form eines Gutachtens erforderlich.

Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Sperrung

Beispiel:



Fäulnis an einer lokal nicht begrenzten Stelle

Tragfähigkeit ist noch gegeben, geringe Schadenszunahme führt zur Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit

→ **SK 3**

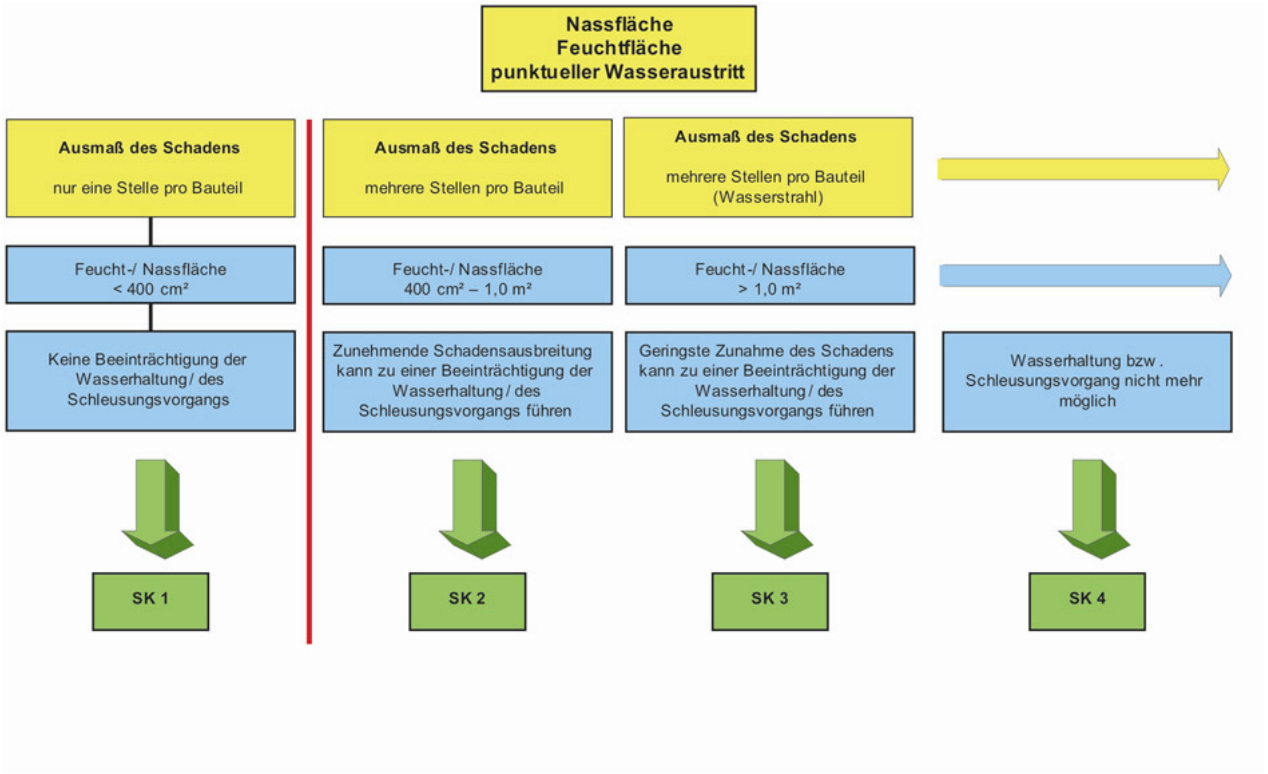
6.3 Oberflächenverwitterung

Durch die UV-Strahlung der Sonne wird das oberflächennahe Lignin (einer der Hauptbestandteile des Holzes) fotochemisch abgebaut. Es verliert den chemischen Verbund mit der Zellulose und kann so durch den Regen ausgewaschen werden. Das Holz büßt dadurch speziell im Frühholzbereich an Substanz ein. Die augenfällige Begleiterscheinung dieses Vorganges ist die Vergrauung, da das braune Lignin ausgewaschen wird und die weißgraue Zellulose nun direkt sichtbar wird.

Eine weitere Möglichkeit der Oberflächenverwitterung ist der Befall durch teils dunkelfarbige (nicht holzzerstörende) Bläue- der Vergrauungspilze infolge Wassereinwirkung, wenn die Bauteile nicht der Sonne ausgesetzt sind. Diese Pilze leben von Nährstoffen, die in den Holzzellen gespeichert sind und greifen die Zellwände nicht an. Sie führen daher zu keinem merklichen Festigkeitsverlust (im Gegensatz zu den holzzerstörenden Pilzen!).

Da es sich hierbei nur um einen ästhetischen Mangel handelt, der keinen Einfluss auf die Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit haben wird, erfolgt die Eingruppierung des Schadens immer in **SK 1**.

6.4 Oberfläche mit Feuchtigkeit



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Sperrung

Beispiel:



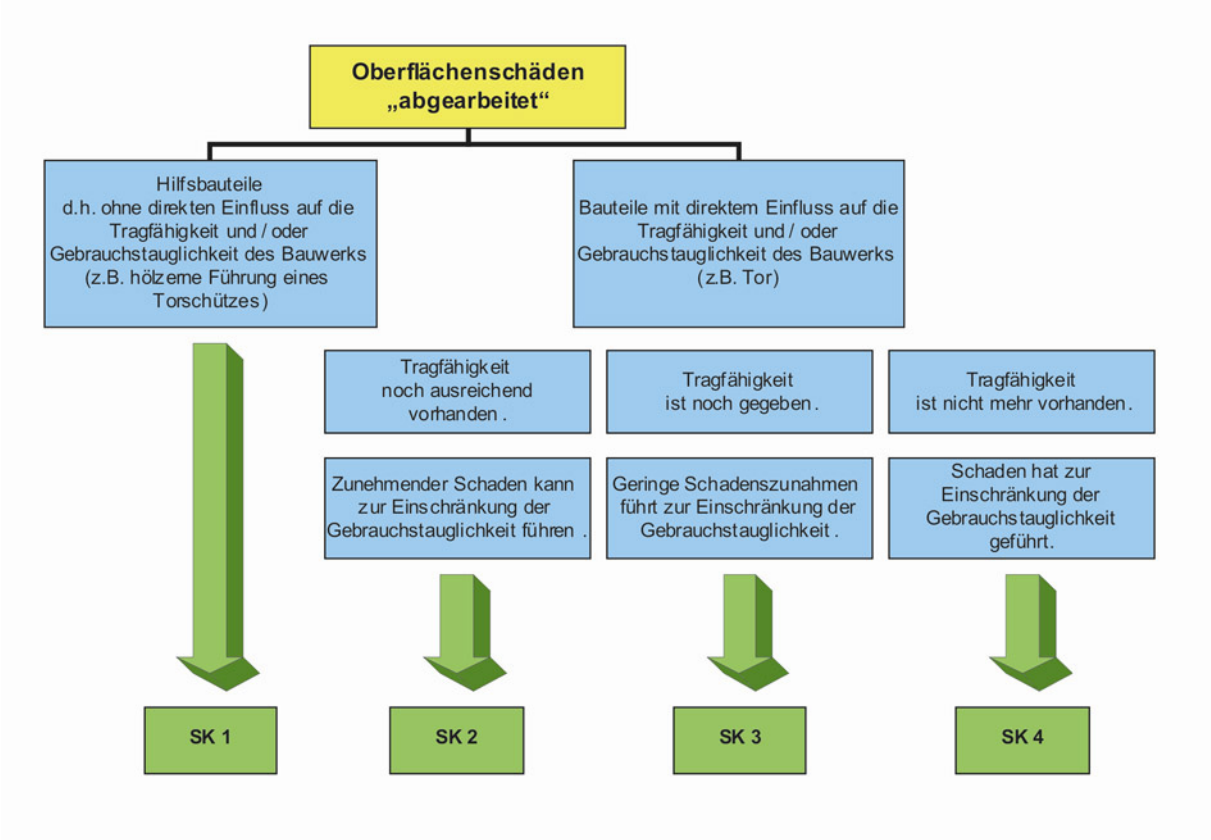
Wasseraustritt an mehreren Stellen am Bauteil (Wasserstrahl)

Feucht-/Nassflächen > 1,0 m^2

geringste Zunahme kann zu einer Beeinträchtigung der Wasserhaltung/des Schleusungsvorgangs führen

→ **SK 3**

6.5 Oberflächenschäden



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Sperrung

Beispiel:



abgearbeiteter Toranschlag

durch Verschleiß

starke Undichtigkeiten

geringe Schadenszunahme führt zur Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit

→ **SK 3**

6.6 Risse

Schwind- bzw. Trockenrisse

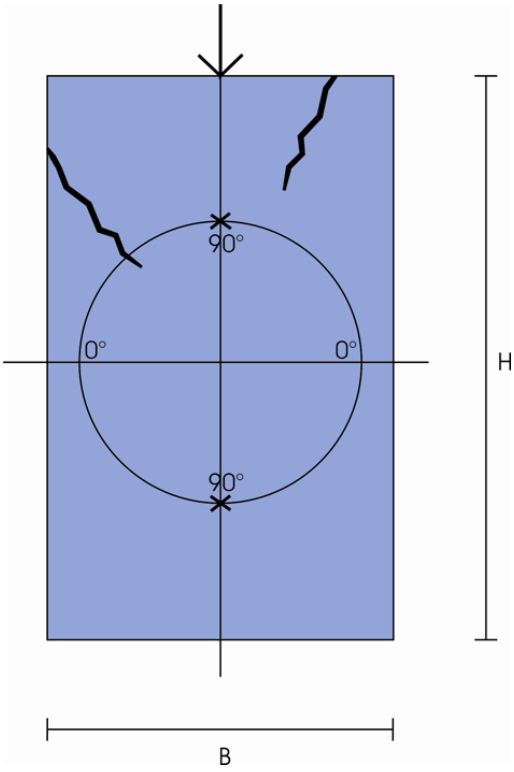
Da Holz ein lebendiger Baustoff ist, sind Risse unvermeidlich. So genannte Trockenrisse entstehen durch unterschiedliches Quell- und Schwindverhalten in der jeweiligen Richtung am Holz. Beim Trocknungsvorgang des Holzes ziehen sich die Holzzellen in tangentialer Richtung stärker zusammen als in radialer Richtung des Stammquerschnittes.

Dieser Effekt wird durch direkte Wetterbeeinflussung oder extremen Feuchtigkeitswechsel verstärkt. So entstehen große Risse im zugeschnittenen Holz, die sich negativ auf die Tragfähigkeit des Bauteils auswirken können.

Ob sich Risse negativ auf die Tragfähigkeit eines Bauteils auswirken, hängt vor allem von deren Lage und Größe sowie von der Beanspruchung des Bauteils ab.

Um Risse im Holz auf ihre Tragfähigkeit einschätzen zu können, wurden einige Festlegungen getroffen:

- Der Einfluss von Rissen ist nach der Hauptbeanspruchung des Bauteils zu differenzieren.
- Die Lage der Risse im Holzquerschnitt in Beziehung zur Lastrichtung ist zu berücksichtigen.
- Die größten Risstiefen sind möglich als Einzelriss oder als Summe der Risstiefen gegenüberliegender Risse.



Die für die Beurteilung in erster Linie maßgebenden Risstiefen an den Querschnittsseiten sollten mit einem dünnen, genügend biegsamen Maßstab oder einer entsprechenden Tiefenlehre gemessen werden.

Beanspruchung des Bauteils	Risstiefen SK 2	Risstiefen SK 3
Biegung	< 0,35 x Bauteilhöhe	< 0,7 x Bauteilhöhe
	< 0,3 x Bauteilbreite	< 0,6 x Bauteilbreite
Schub	< 0,35 x Bauteilhöhe	< 0,7 x Bauteilhöhe
	< 0,2 x Bauteilbreite	< 0,45 x Bauteilbreite
Knickung	< 0,25 x Bauteilbreite	< 0,5 x Bauteilbreite

Werden die Risstiefen der Schadensklasse 3 überschritten, ist eine Beurteilung durch einen Gutachter durchzuführen, um die Gewährleistung der Tragfähigkeit zu sichern!

Risse aus Überbeanspruchung, Bearbeitungsfehler, Unfälle o. ä.

Handelt es sich bei den beobachteten Schäden um Risse aus Überbeanspruchung, so ist besondere Vorsicht geboten. Die Folge aus diesen Rissen kann plötzliches Versagen sein. Daher ist bei Verdacht (unabhängig von der Größe des Risses) sofort ein Gutachter einzuschalten und der Riss mit der **SK 3** zu bewerten.

Kennzeichen:

- Risse in Faserquerrichtung
- Schubrisse schräg/diagonal zum Faserverlauf
- Längsrisse aus Querzugbeanspruchung

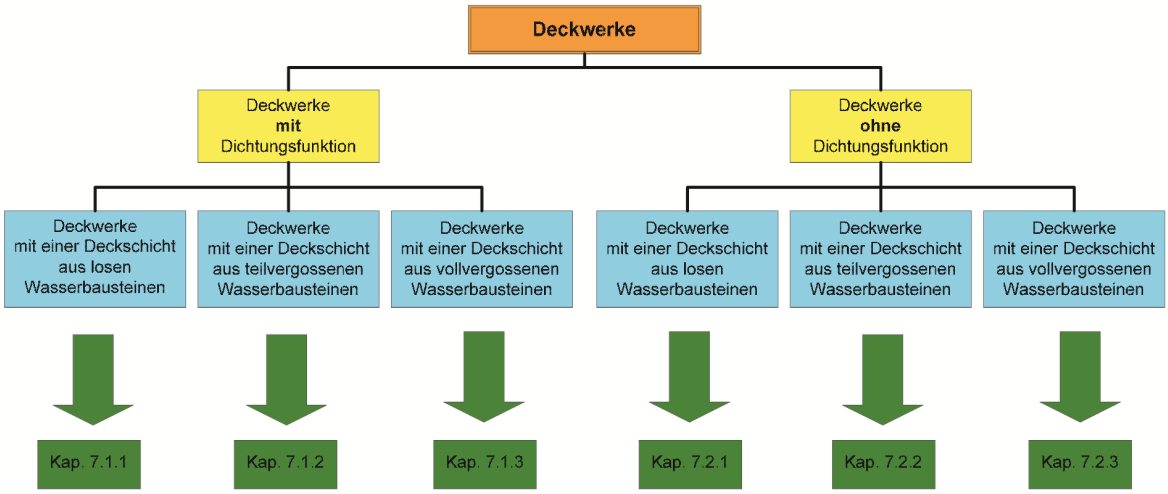
7 Deckwerksbau

Für eine Bewertung muss vorab unterschiedenen werden, welche Funktion das zu bewertende Deckwerk besitzt:

Unter „Deckwerken mit Dichtungsfunktion“ werden i. A. Böschungs- und Sohlsicherungen eines Gewässers verstanden, die vor allem den Wasseraustausch zwischen Wasserstraße und Untergrund bzw. Wasserstraße und Gelände verhindern sollen.

Deckwerke können aber auch die Funktion besitzen, den Untergrund oder das Ufer ausschließlich vor Erosion zu schützen (z. B. in Manövrierbereichen von Schiffen oder im Bereich von Wehrvorfeldern). Diese werden im Sinne dieses Merkblattes als „Deckwerke ohne Dichtungsfunktion“ bezeichnet.

Die nachfolgende Grafik verdeutlicht den oben beschriebenen Sachverhalt und gibt an, in welchem Kapitel die unterschiedlichen Deckwerke behandelt werden.



Ein **Schaden im Bereich der Deckwerke** ist die Überschreitung des Toleranzbereichs für die Abweichung zwischen dem Ist- und dem Sollzustand eines Deckwerkes zum Zeitpunkt der Bauwerksinspektion im Hinblick auf die Tragfähigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit der Deckwerke selbst **und** des zu schützenden Erd- bzw. Massivbauwerkes unter den hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt bzw. natürlicher Strömung, insbesondere bei Hochwasser.

Bei nicht mehr gegebener Tragfähigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit der Deckwerke können Erosion, hydrodynamische Bodenverlagerung und böschungsparalleles Abgleiten in einer oberflächennahen Bodenschicht auftreten. Die Funktionsfähigkeit der Dichtung kann verloren gehen. Letztendlich kann es bei nicht mehr gegebener Tragfähigkeit der Deckwerke zum Versagen der gesamten Böschung kommen und damit zum Verlust der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit des zu schützenden Erd- bzw. Massivbauwerkes.

Ursache für Schäden am Deckwerk ist überwiegend eine unzureichende Bemessung hinsichtlich der hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt:

- Maßgebende Belastungen im Streckenbereich:
  - Wasserspiegelabsunk
  - Wellenauf- und -ablauf an den Uferböschungen
  - Rück- und Wiederauffüllungsströmung
- Maßgebende Belastungen im Manövrierbereich (z. B. Anlegestellen, Schleusenvorhäfen):
  - Belastungen aus Propellerstrahl von Haupt- und Bugstrahlruder, die auf Böschung und Sohle auftreten

Weitere Schadensursachen:

- Schiffsanfahrungen
- Eisgang
- Hochwasserbelastungen
- Wasserüberdruck durch höhere Grundwasserstände

Zur Feststellung von Schäden am Deckwerk werden folgende Methoden empfohlen:

- visuelle Begutachtung oberhalb des Wasserspiegels vom Land aus
- visuelle Begutachtung im Bereich des Wasserspiegelabsunks vom vorbeifahrenden Schiff aus (Wasserwechselbereich)
- visuelle Begutachtung durch Taucher (Unterwasserbereich)
- Peilungen im Deckwerksbereich (z. B. Stangenpeilungen, Fächerecholotpeilungen)
- Trockenlegung des zu untersuchenden Deckwerksbereichs
- Begutachtung des luftseitigen Dammbereichs hinsichtlich Vernässungen/Wasseraustritten (Versagen der Dichtung)

7.1 Deckwerke mit Dichtungsfunktion

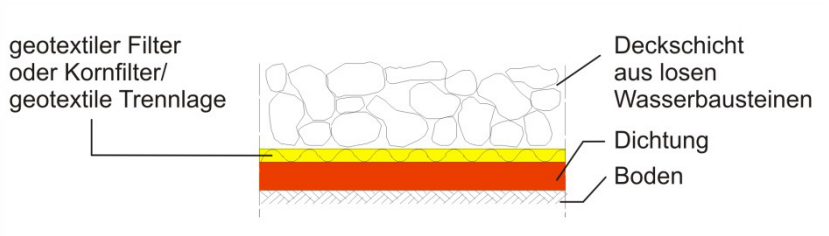
Unter Deckwerken (mit Dichtungsfunktion) werden hier die Regelbauweisen für Bundeswasserstraßen nach BAW (Hg.)(2008) verstanden:

- Deckwerke mit einer Deckschicht aus losen Wasserbausteinen
- Deckwerke mit einer Deckschicht aus teilvergossenen Wasserbausteinen
- Deckwerke mit einer Deckschicht aus vollvergossenen Wasserbausteinen

Zum Teil an Wasserstraßen noch vorhandene andere Bauweisen (z. B. Betonplatten, Pflaster) können nach den folgenden Kriterien sinngemäß beurteilt werden.

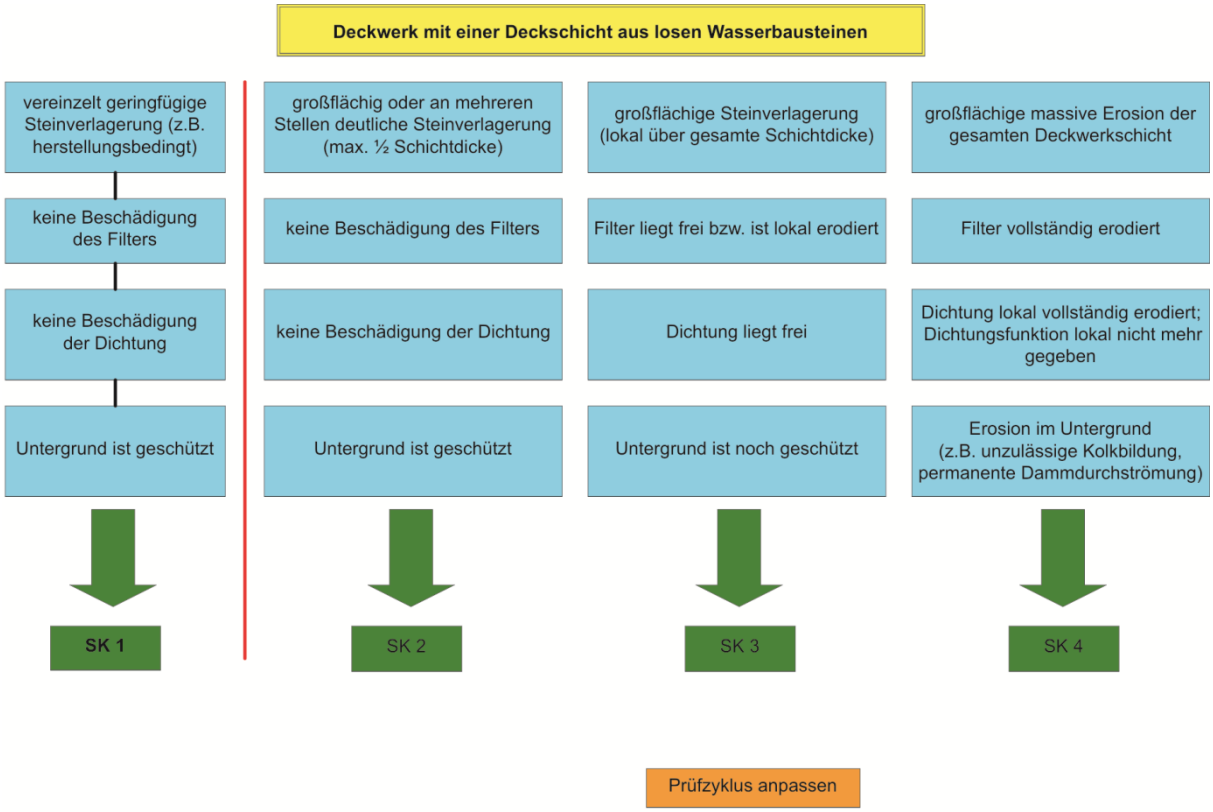
7.1.1 Deckwerke mit einer Deckschicht aus losen Wasserbausteinen

Diese Regelbauweise besteht aus einer Deckschicht aus geschütteten, losen Wasserbausteinen, einer Filter- oder Trennlage und einer Dichtung. Möglich sind geotextile Filter bzw. Trennlagen oder Kornfilter.



Generell lassen sich Schäden an Deckwerken nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft. Die Einordnung in die Schadensklasse kann ggf. vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Bei Dämmen: Sicherung der Luftseite durch Auflastfilter, wasserseitig Einbringen von Tonpellets/Tonmehl im geschädigten Bereich (Achtung: nicht immer wirksam).

Beispiele:



großflächige Steinverlagerung
(max. ½ Schichtdicke)

keine Beschädigung des Filters

keine Beschädigung der Dichtung

Untergrund ist geschützt

→ **SK 2**



großflächige Steinverlagerung
(lokal über die gesamte Schichtdicke)

Filter liegt frei bzw. ist lokal beschädigt

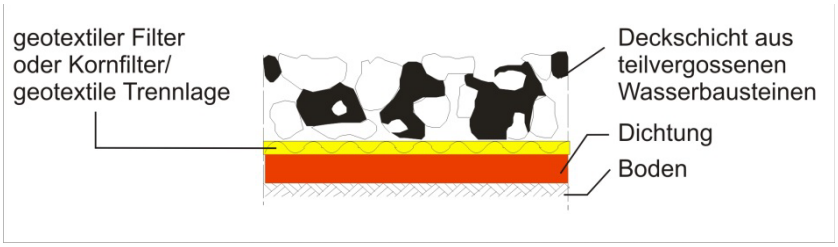
Dichtung liegt frei

Untergrund ist noch geschützt

→ **SK 3**

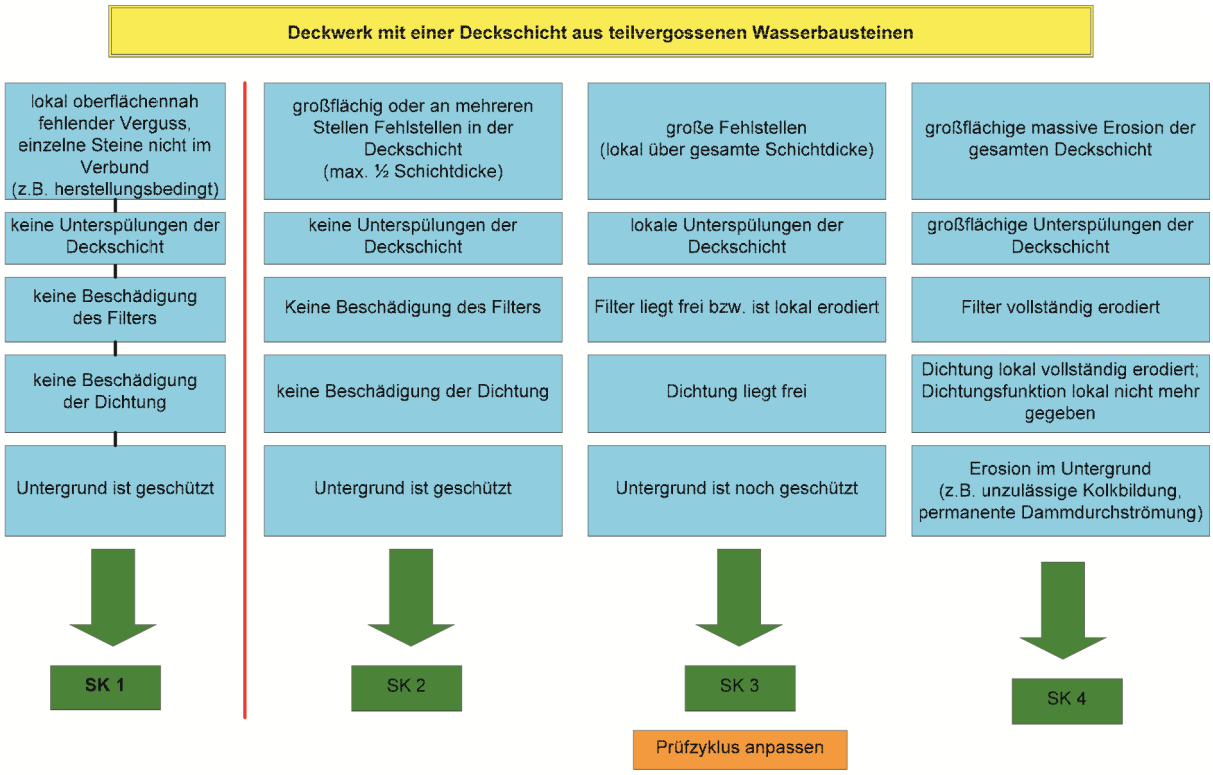
7.1.2 Deckwerke mit einer Deckschicht aus teilvergossenen Wasserbausteinen

Diese Regelbauweise besteht aus einer Deckschicht aus geschütteten Wasserbausteinen und einem Teilverguss aus einem dichten Vergussstoff, einer Filter- oder Trennlage und einer Dichtung. Möglich sind geotextile Filter bzw. Trennlagen oder Kornfilter.



Generell lassen sich Schäden an Deckwerken nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft. Die Einordnung in die Schadensklasse kann ggf. vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Bei Dämmen: Sicherung der Luftseite durch Auflastfilter, wasserseitig Einbringen von Tonpellets/Tonmehl im geschädigten Bereich (Achtung: nicht immer wirksam)

Beispiele:



große Fehlstelle
(lokal über die gesamte Schichtdicke)

lokale Unterspülung der Deckschicht

Filter liegt frei bzw. ist lokal erodiert

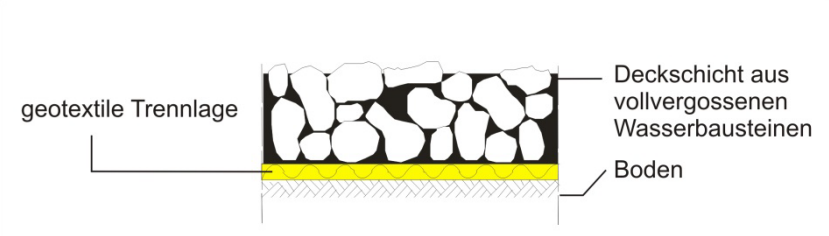
Dichtung liegt frei

Untergrund ist noch geschützt

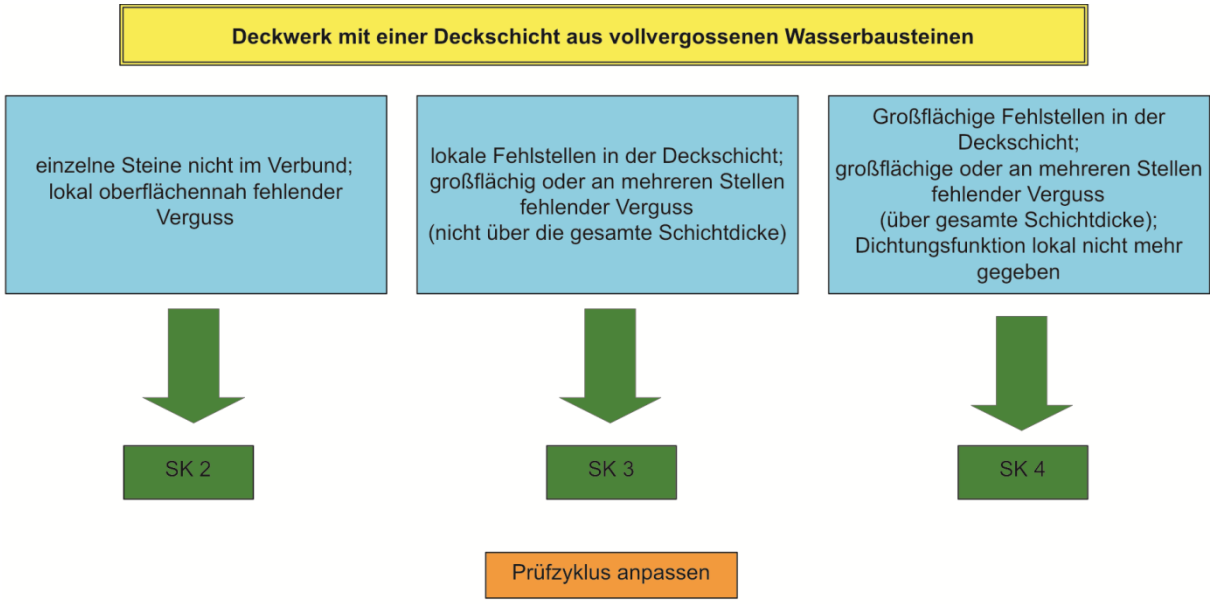
→ **SK 3**

7.1.3 Deckwerke mit einer Deckschicht aus vollvergossenen Wasserbausteinen

Diese Regelbauweise besteht aus einer Deckschicht aus geschütteten Wasserbausteinen, einem Vollverguss aus einem dichten hydraulisch gebundenen Vergussstoff und einer geotextilen Trennlage.



Die Einordnung in die Schadensklasse kann ggf. vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Bei Dämmen: Sicherung der Luftseite durch Auflastfilter, wasserseitig Einbringen von Tonpellets/Tonmehl im geschädigten Bereich (Achtung: nicht immer wirksam)

Beispiele:



einzelne Steine nicht im Verbund;
lokal oberflächennah fehlender Verguss

→ **SK 2**

7.2 Deckwerke ohne Dichtungsfunktion

Unter Deckwerken (ohne Dichtungsfunktion) werden hier die Regelbauweisen für Bundeswasserstraßen nach BAW (Hg.)(2008) verstanden:

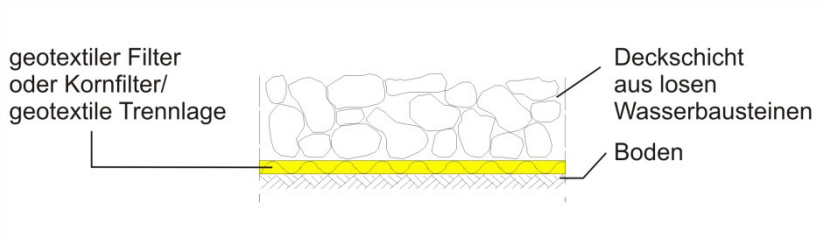
- Deckwerke mit einer Deckschicht aus losen Wasserbausteinen
- Deckwerke mit einer Deckschicht aus teilvergossenen Wasserbausteinen
- Deckwerke mit einer Deckschicht aus vollvergossenen Wasserbausteinen

Es handelt sich um Deckwerke, die ausschließlich den Untergrund oder das Ufer vor Erosion schützen (z. B. in Manövrierbereichen von Schiffen oder im Bereich von Wehrvorfeldern), aber keine Dichtungsfunktion besitzen.

Zum Teil an Wasserstraßen noch vorhandene andere Bauweisen (z. B. Betonplatten, Pflaster) können nach den folgenden Kriterien sinngemäß beurteilt werden.

7.2.1 Deckwerke mit einer Deckschicht aus losen Wasserbausteinen

Diese Regelbauweise besteht aus einer Deckschicht aus geschütteten, losen Wasserbausteinen und einer Filter- oder Trennlage. Möglich sind geotextile Filter bzw. Trennlagen oder Kornfilter.



Generell lassen sich Schäden an Deckwerken nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft. Die Einordnung in die Schadensklasse kann ggf. vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Sicherung des angrenzenden Bauwerks bzw. der Uferbefestigung durch zusätzliche Wasserbausteine oder Geocontainer

Beispiele:



vereinzelt geringfügige Steinverlagerung

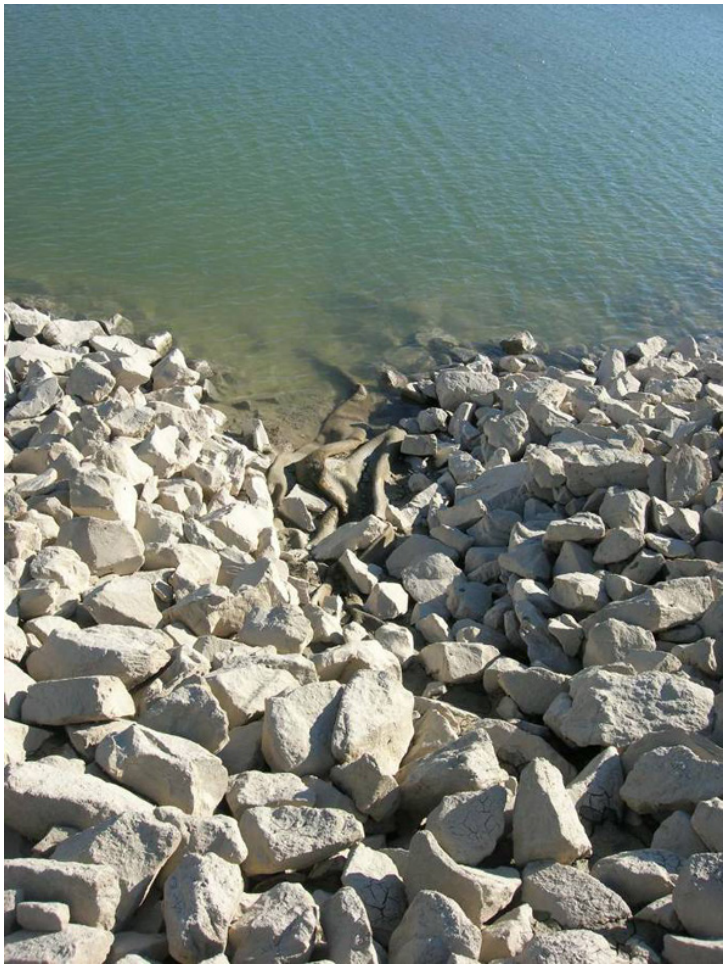
und

keine Beschädigung des Filters

und

Untergrund ist geschützt

→ **SK 1**



großflächige Steinverlagerung (lokal über die gesamte Schichtdicke)

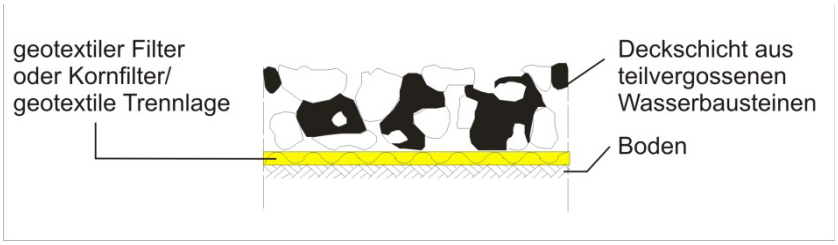
Filter (Geotextil) liegt frei bzw. ist lokal beschädigt

Untergrund ist lokal nicht mehr geschützt, aber noch keine großflächige Erosion

→ **SK 3**

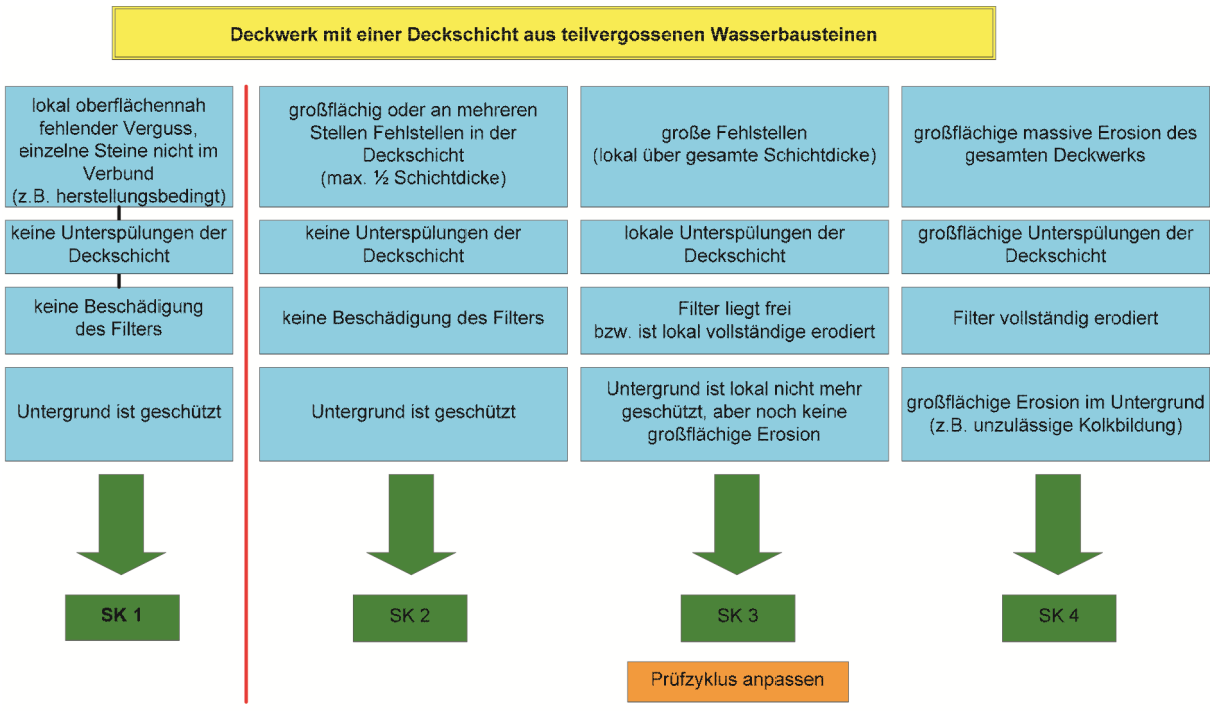
7.2.2 Deckwerke mit einer Deckschicht aus teilvergossenen Wasserbausteinen

Diese Regelbauweise besteht aus einer Deckschicht aus geschütteten Wasserbausteinen und einem Teilverguss aus einem dichten Vergussstoff und einer Filter- oder Trennlage. Möglich sind geotextile Filter bzw. Trennlagen oder Kornfilter.



Generell lassen sich Schäden an Deckwerken nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft. Die Einordnung in die Schadensklasse kann ggf. vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesem Fällen vorzuziehen.



Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Sicherung des angrenzenden Bauwerks bzw. der Uferbefestigung durch zusätzliche Wasserbausteine oder Geocontainer

Beispiele:



große Fehlstellen
(lokal über gesamte Schichtdicke)

lokale Unterspülung der Deckschicht

Filter liegt frei bzw. ist lokal vollständig erodiert

Untergrund ist lokal nicht mehr geschützt, aber noch keine großflächige Erosion

→ **SK 3**



großflächig oder an mehreren Stellen Fehlstellen in der Deckschicht
(max. ½ Schichtdicke)

keine Unterspülung der Deckschicht

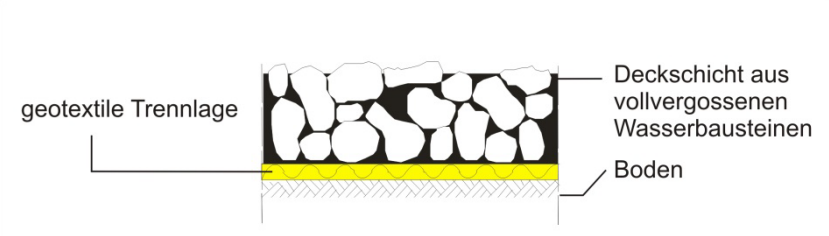
keine Beschädigung des Filters

Untergrund ist noch geschützt

→ **SK 2**

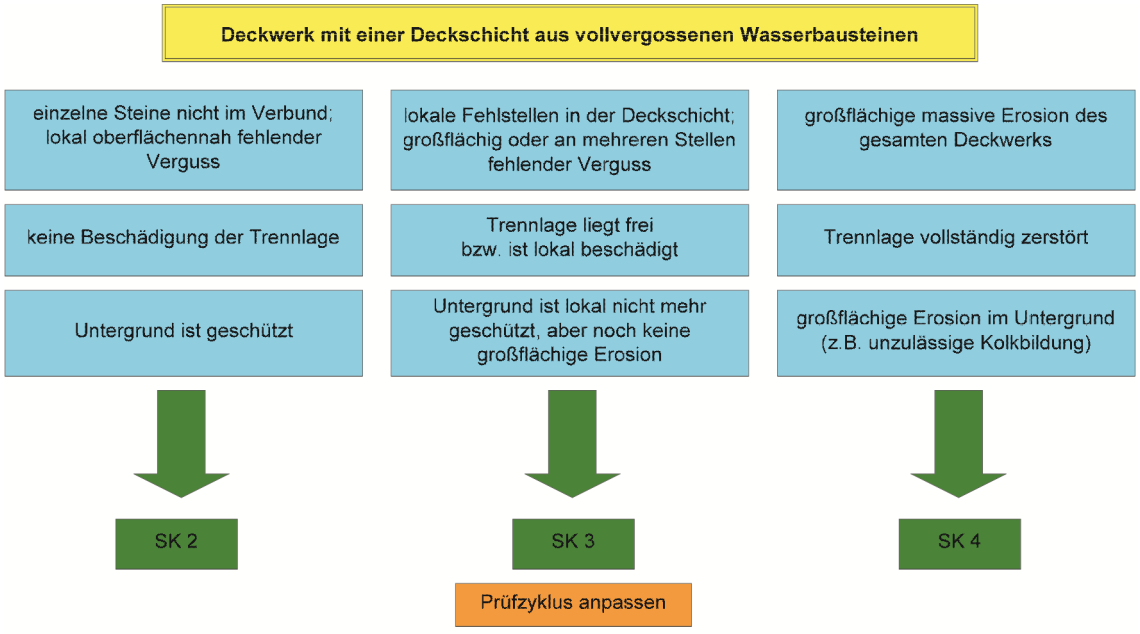
7.2.3 Deckwerke mit einer Deckschicht aus vollvergossenen Wasserbausteinen

Diese Regelbauweise besteht aus einer Deckschicht aus geschütteten Wasserbausteinen, einem Vollverguss aus einem dichten hydraulisch gebundenen Vergussstoff und einer geotextilen Trennlage.



Generell lassen sich Schäden an Deckwerken nicht allein durch ein Kriterium beschreiben. Daher wurden für den Schadensfall mehrere Eigenschaften definiert. Diese sind in den blauen Kästchen dargestellt. Für die Einordnung in die richtige Schadensklasse müssen die verschiedenen Eigenschaften erfasst, überprüft und bewertet werden. Dabei ist eine unterschiedliche Ausprägung (ausgedrückt in Schadensklassen) verschiedener Eigenschaften durchaus denkbar und möglich.

Die Gesamtbewertung des Schadens entspricht im Regelfall der Maximalbewertung einer Eigenschaft. Die Einordnung in die Schadensklasse kann ggf. vom Merkblatt abweichen, wenn Besonderheiten durch örtliche Randbedingungen gegeben sind. Der ingenieurmäßige Sachverstand ist in diesen Fällen vorzuziehen.



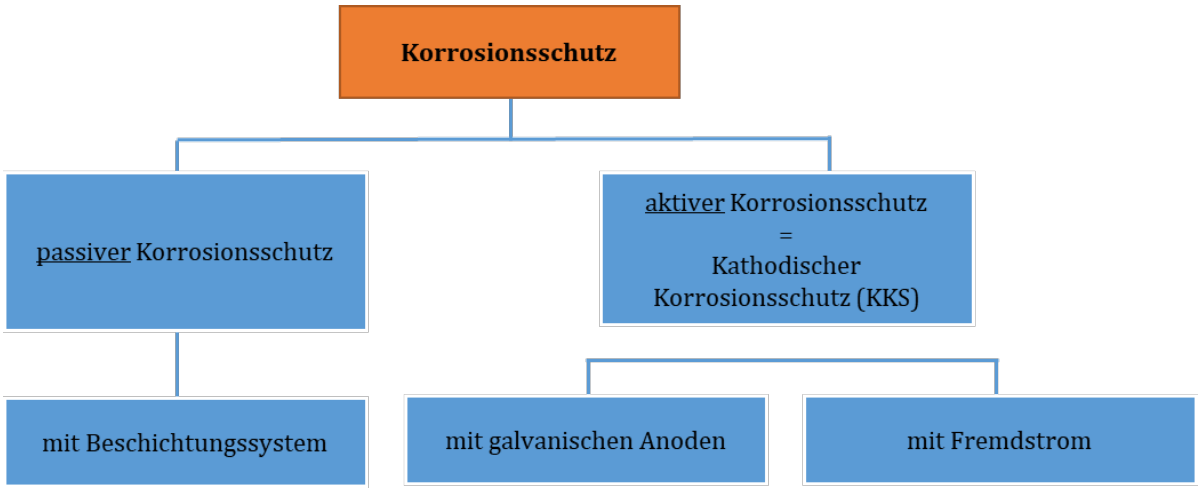
Möglichkeiten für Sofortmaßnahmen:

Sicherung des angrenzenden Bauwerks bzw. der Uferbefestigung durch zusätzliche Wasserbausteine oder Geocontainer

8 Korrosionsschutz

Korrosion ist ein Schädigungsprozess, der kontinuierlich Querschnitte von Stahlbauteilen vermindert. Dieser Prozess schreitet voran, jedoch ist es möglich, durch geeignete Maßnahmen des Korrosionsschutzes eine Verlangsamung bzw. einen Stillstand herbeizuführen.

Der Korrosionsschutz lässt sich nach dem Lexikon der LUMITOS (2022) in einen aktiven und einen passiven Korrosionsschutz unterteilen. Im Sinne dieses Merkblattes werden in Anlehnung an BAW (2015) die nachfolgenden Korrosionsschutzarten unterschieden und in den jeweiligen Unterkapiteln beschrieben.



Passiver Korrosionsschutz mit Beschichtungssystem (vgl. Kapitel 8.1)

Bei dieser Form des Korrosionsschutzes wird das Stahlbauteil mit einem geeigneten Beschichtungssystem vor korrosivem Angriff geschützt.

Aktiver Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden (vgl. Kapitel 8.2)

Bei einem aktiven Korrosionsschutzsystem mit galvanischen Anoden (umgangssprachlich: Opferanoden) werden diese an dem Stahlbauteil angebracht, das geschützt werden soll. Galvanische Anoden sind immer aus unedlerem Werkstoff als das zu schützende Stahlbauteil. In dem sich die galvanische Anode durch Korrosion auflöst („aufopfert“) wird das wichtige und edlere Stahlbauteil geschützt.

Aktiver Korrosionsschutz mit Fremdstrom (vgl. Kapitel 8.3)

Bei einem aktiven Korrosionsschutzsystem mit Fremdstrom wird mit Hilfe eines Schutzstromgeräts ein Elektronenstrom in das zu schützende Bauteil geleitet. Durch dieses Verfahren wird der Korrosionsvorgang umgekehrt und das Stahlbauteil vor Korrosion geschützt.

Das Bewertungskriterium des Korrosionsschutzes ist die Wirksamkeit der Schutzfunktion.

Wirksamkeit der Schutzfunktion ist die Fähigkeit des Korrosionsschutzes, Stahlbauten vor Korrosionsbelastungen zu schützen. Bei fehlender Wirksamkeit der Schutzfunktion kommt es zu korrosivem Angriff.

Bewertungsgrundsätze für den Korrosionsschutz

Folgende Grundsätze gelten bei der Bewertung von Schäden am Korrosionsschutz von Stahlbauteilen im Rahmen der Bauwerksinspektion:

- Bei der Bauwerksinspektion sollen nur Schäden erfasst und dokumentiert werden.
- Die Schäden sollen im Hinblick auf die Wirksamkeit der Schutzfunktion bewertet werden.
- Ausschlaggebend für die Bewertung der Schäden ist der aktuelle Zustand zum Zeitpunkt der Bauwerksinspektion.
- Bewertet wird ein Schaden in Bezug auf das betroffene Bauteil, nicht in Bezug auf die Gesamtanlage und nicht in Bezug auf das Schadensausmaß.
- Dieser Punkt stellt sicher, dass das Bewertungsobjekt einheitlich gewählt wird. Für die weiteren Definitionen und Festlegungen ist dies erforderlich. Bauteile können eine Steigeleiter, eine Absturzsicherung, ein Schütz oder ein Stemmtorflügel sein. Der Begriff "Bauteil" kann damit auch als kleinste Instandsetzungseinheit verstanden werden.

Definition der Schadensklassen für den Korrosionsschutz

SK 1: Schaden am Korrosionsschutz, der aktuell die Wirksamkeit der Schutzfunktion nicht beeinträchtigt, aber zukünftig beeinträchtigen wird.

SK 2: Schaden am Korrosionsschutz, der aktuell die Wirksamkeit der Schutzfunktion geringfügig beeinträchtigt.

SK 3: Schaden am Korrosionsschutz, der aktuell die Wirksamkeit der Schutzfunktion stark beeinträchtigt.

SK 4: Durch den Schaden am Korrosionsschutz ist die Wirksamkeit der Schutzfunktion nicht mehr gegeben.

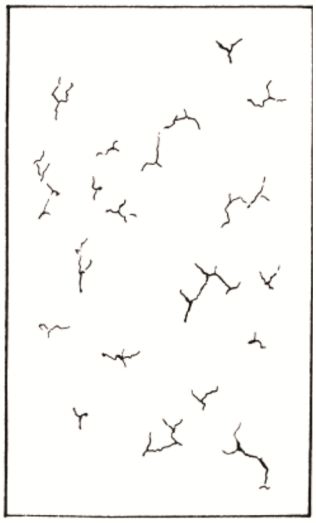
8.1 Passiver Korrosionsschutz mit Beschichtungssystem

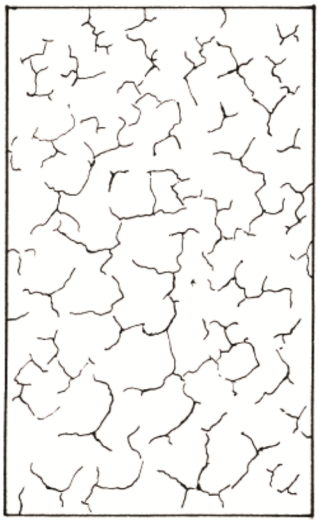
Die Bewertung des Beschichtungssystems erfolgt in grober Anlehnung an DIN EN ISO 4628-1.

8.1.1 Risse in der Beschichtung

Singuläre Risse können mechanische Verletzung als Ursache haben, während mehrere Risse (vgl. Schemazeichnungen) typischerweise durch Materialspannungen oder Schrumpfen entstehen.

Entscheidend für die Schadenseinstufung ist die Menge der Risse in der Beschichtung eines Bauteils. Nachfolgende Schemazeichnungen verdeutlichen die Zuordnung zu den jeweiligen Schadensklassen.



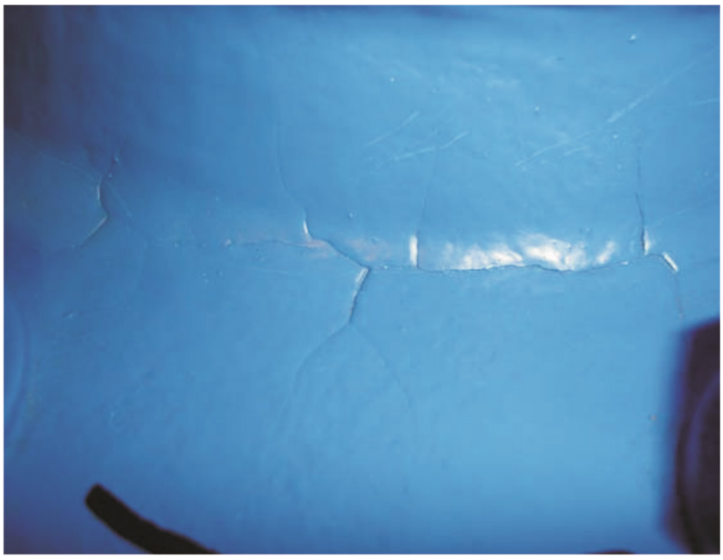


Die Rissgröße sowie die Tiefe der einzelnen Risse sind nicht zu bewerten. Sollte ein Riss durchgängig sein – also bis zum Stahlsubstrat reichen – dann wird sich diese Erscheinung unmittelbar im Rostgrad äußern.

Beispiele:



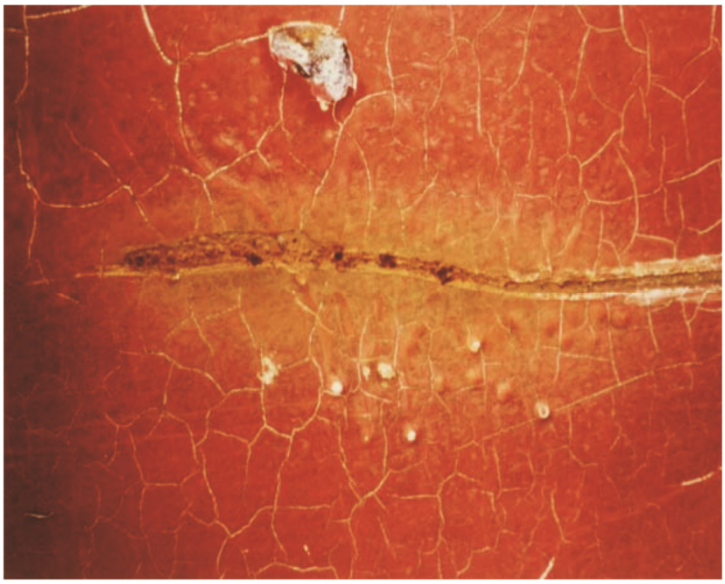
→**SK 1**



→ **SK 1**



→ **SK 2**



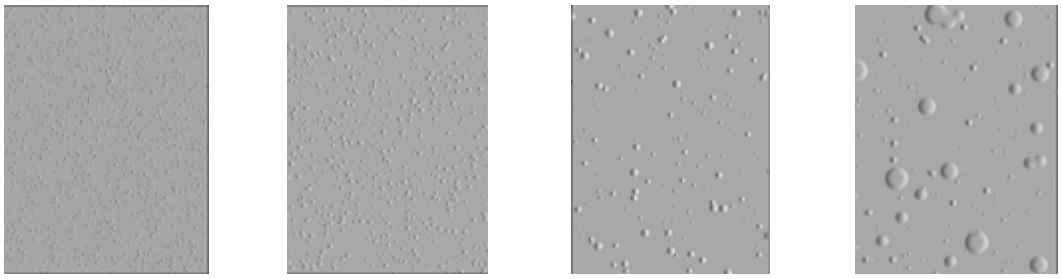
→ **SK 2**

8.1.2 Blasen in der Beschichtung

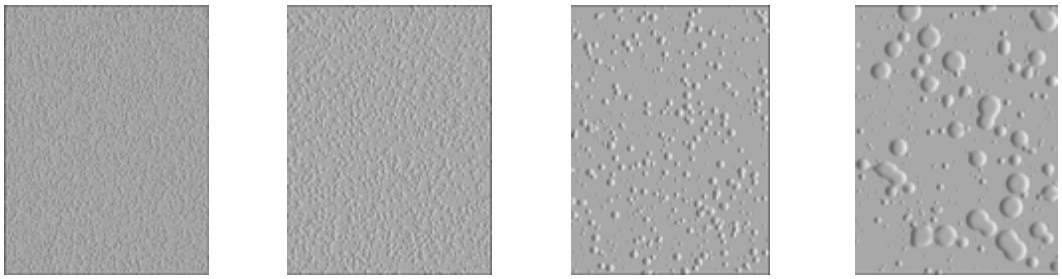
Blasen entstehen an der Grenzfläche zum Stahl durch diffundierendes Wasser. Eine Blasenrückbildung ist möglich, wobei eine gewisse Vorschädigung (Schwächung) der Beschichtung bestehen bleibt.

Entscheidend für die Schadenseinstufung ist die Menge der Blasen in der Beschichtung eines Bauteils. Nachfolgende Schemazeichnungen verdeutlichen die Zuordnung zu den jeweiligen Schadensklassen.

Blasen SK 1



Blasen SK 2



Beispiele:



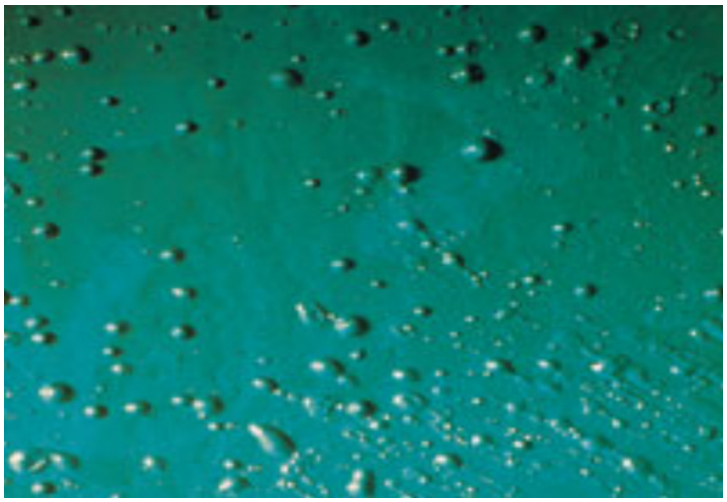
→ **SK 1**



→ **SK 1**



→ **SK 2**

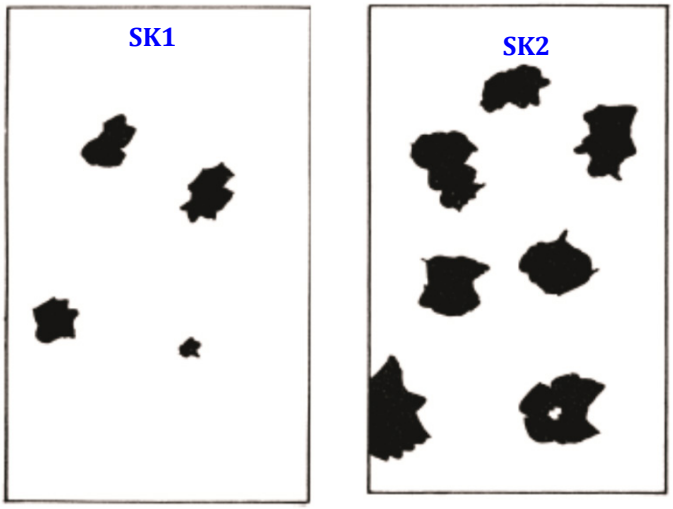


→ **SK 2**

8.1.3 Abblätterung der Beschichtung

Abblätterungen der Beschichtungen entstehen durch mechanische Einwirkungen oder Haftungsmangel in den Beschichtungslagen.

Entscheidend für die Schadenseinstufung ist die Menge der abgeblätterten Beschichtung eines Bauteils. Nachfolgende Schemazeichnungen verdeutlichen die Zuordnung zu den jeweiligen Schadensklassen.



Die Tiefe der Abblätterung ist nicht zu bewerten. Sollte eine Abblätterung durchgängig sein – also bis zum Stahlsubstrat reichen – dann wird sich diese Erscheinung unmittelbar im Rostgrad äußern.

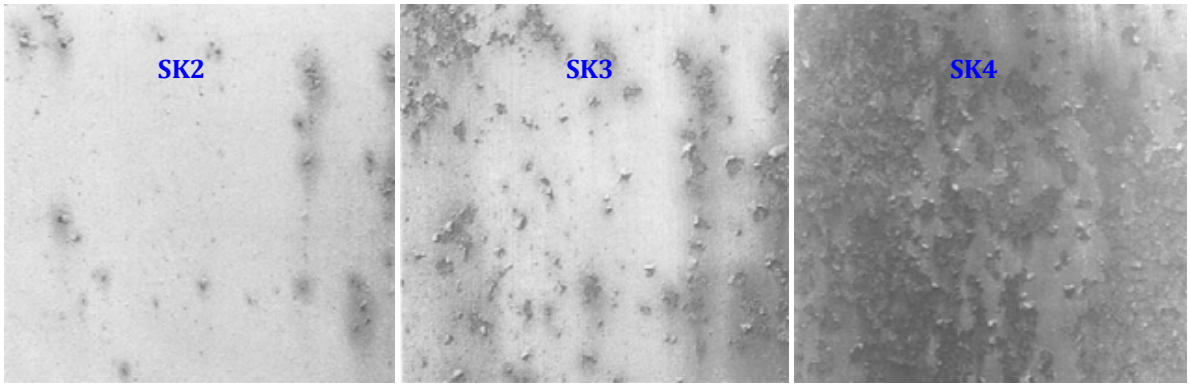
Beispiele:



→ **SK 2**

8.1.4 Rostgrad der Beschichtung

Der Rostgrad ist ein signifikantes und gut sichtbares Zeichen für die Beeinträchtigung des Korrosionsschutzes. Entscheidend für die Schadenseinstufung ist der ungefähre Rostanteil (Rostdurchbrüche plus sichtbare Unterrostung) der Beschichtung. Nachfolgende Schemazeichnungen verdeutlichen die Zuordnung zu den jeweiligen Schadensklassen.



Beispiele:



→ **SK 3**

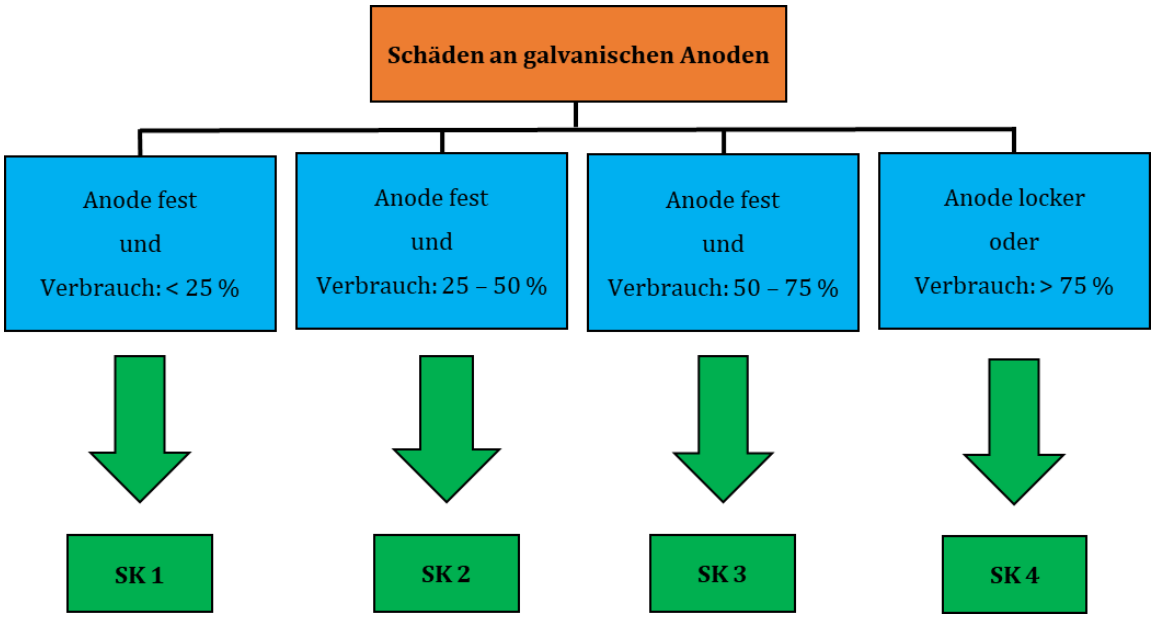


→ **SK 4**

8.2 Aktiver Korrosionsschutz mit galvanischen Anoden

Galvanische Anoden opfern sich für das Stahlbauteil auf, um es vor Korrosion zu schützen. Daher ist die Menge des abgearbeiteten Materials der galvanischen Anoden ein wichtiges Kriterium für die Schadensbewertung.

Damit eine galvanische Anode richtig funktioniert, muss sie fest mit dem zu schützenden Stahlbauteil verbunden sein. Daher ist für die Bewertung ein kleiner Funktionstest („Wackeln unter Last“) erforderlich.



Beispiele:



Verbrauch: < 25 %

→ **SK 1**



Verbrauch: < 25 %

→ **SK 1**



Verbrauch: < 25 %

→ **SK 1**



Verbrauch: 25 – 50 %

→ **SK 2**



Verbrauch: 25 – 50 %

→ **SK 2**

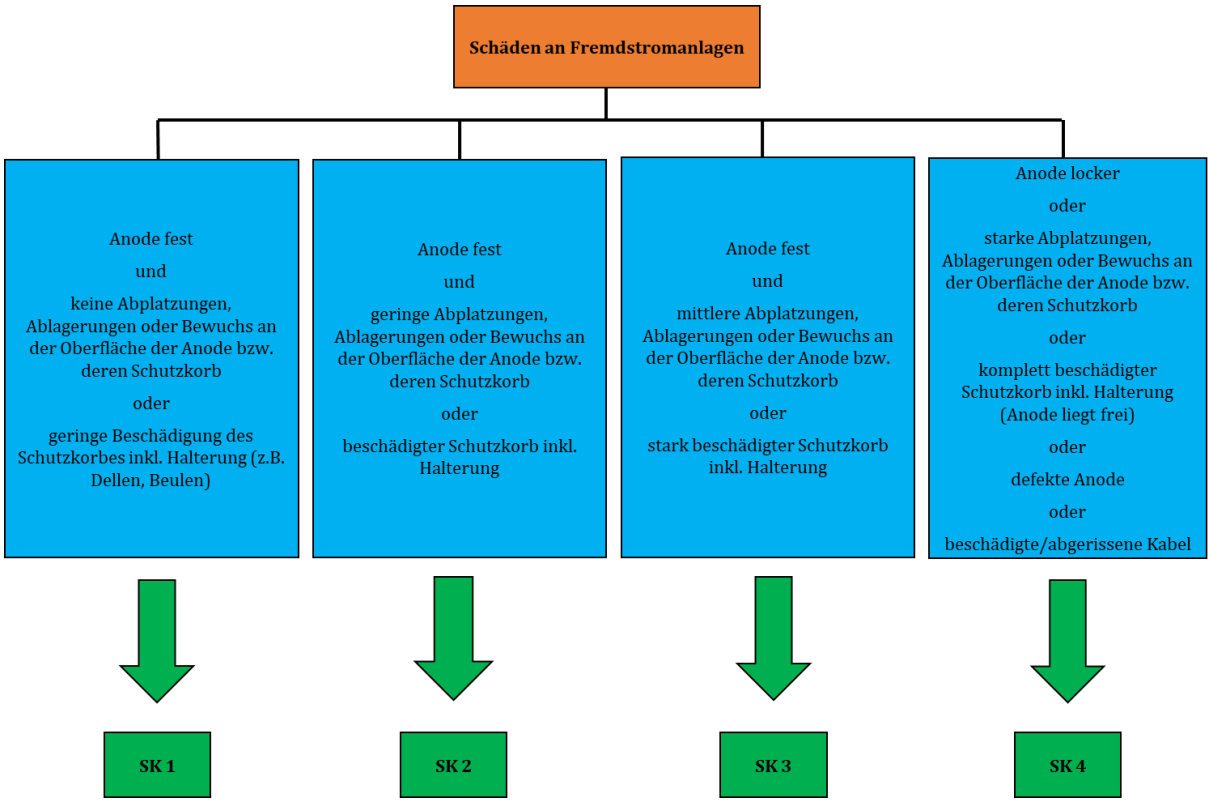
8.3 Aktiver Korrosionsschutz mit Fremdstrom

Für die Bewertung des aktiven Korrosionsschutzes mit Fremdstrom sind verschiedene Kriterien maßgebend.

Damit der Stromkreislauf geschlossen ist, müssen alle Teile miteinander verbunden sein. Dazu gehören

- die Anode, die elektrisch leitend mit dem Schutzobjekt verbunden sein muss,
- der Schutzkorb, der die Anode sicher schützen muss,
- alle dazugehörigen Kabel, die nicht beschädigt oder abgerissen sein dürfen.

Ein weiteres wichtiges Kriterium sind Abplatzungen, Ablagerungen (hier meist Verschmutzungen oder Verkalkungen) oder Bewuchs (z. B. Muschelbesatz) an der Anode selbst. Diese können je nach Ausprägung zu einer Verringerung der Wirksamkeit der Schutzfunktion führen.

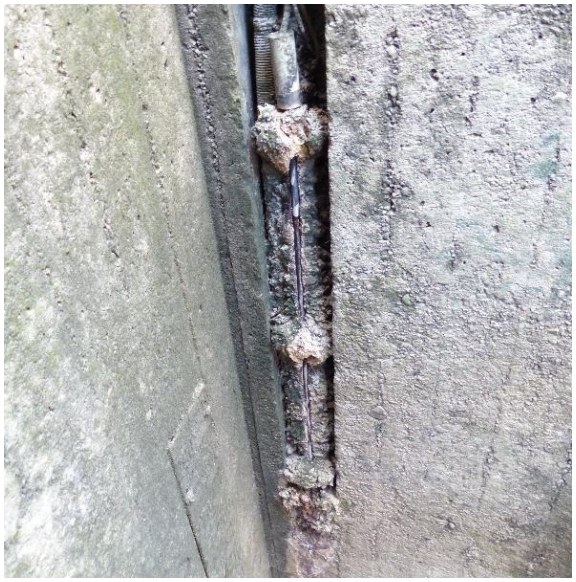


Beispiele:



geringe Beschädigung des Schutzkorbes inkl. Halterung (z.B. Dellen, Beulen)

→ **SK 1**



Komplett beschädigter Schutzkorb inkl. Halterung (Anode liegt frei)

→ **SK 4**

9 Literaturverzeichnis

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2022): BAWMerkblatt Schadensbewertung an Verkehrswasserbauwerken der Inspektionskategorie B (MSV-B). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2010): BAWMerkblatt Bauwerksinspektion. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2008): BAWMerkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlsicherungen an Binnenwasserstraßen (MAR). Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2015): BAWMerkblatt Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (MKKS). Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).

DIN 19704-2:2014-11: Stahlwasserbauten – Teil 2: Bauliche Durchbildung und Herstellung.

DIN EN ISO 4628-1:2016-07: Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 1: Allgemeine Einführung und Bewertungssystem (ISO 4628-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 4628-1:2016.

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (Hg.): Merkblatt 829 - Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit anderen Werkstoffen.

LUMITOS AG: Chemielexikon Korrosionsschutz. Zugriff am 28.07.2022.

Mayer, T.F.; Schießl, P. (Hg.) (2017): Gutachterliche Stellungnahme zur Korrosion im Rissbereich bei Wasserbauwerken. 15/112/1.1.1. Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat GmbH.

VV-WSV 2101 (2022): Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hg.) (2022): VV-WSV 2101 Bauwerksinspektion (Verwaltungsvorschrift der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung