

Jörg Bödefeld

Erhaltungsmanagement von (Verkehrs-)Wasserbauwerken

Schutzsysteme gegen Naturgefahren -
Dauerhaft fit durch Systems Engineering?

München, 13. Oktober 2015



Inhalt

1. Organisation (BMVI, WSV, BAW)
2. Bauwerke der WSV
3. Besonderheiten
4. Inspektionsregime
5. EMS

Geschichtlicher Hintergrund

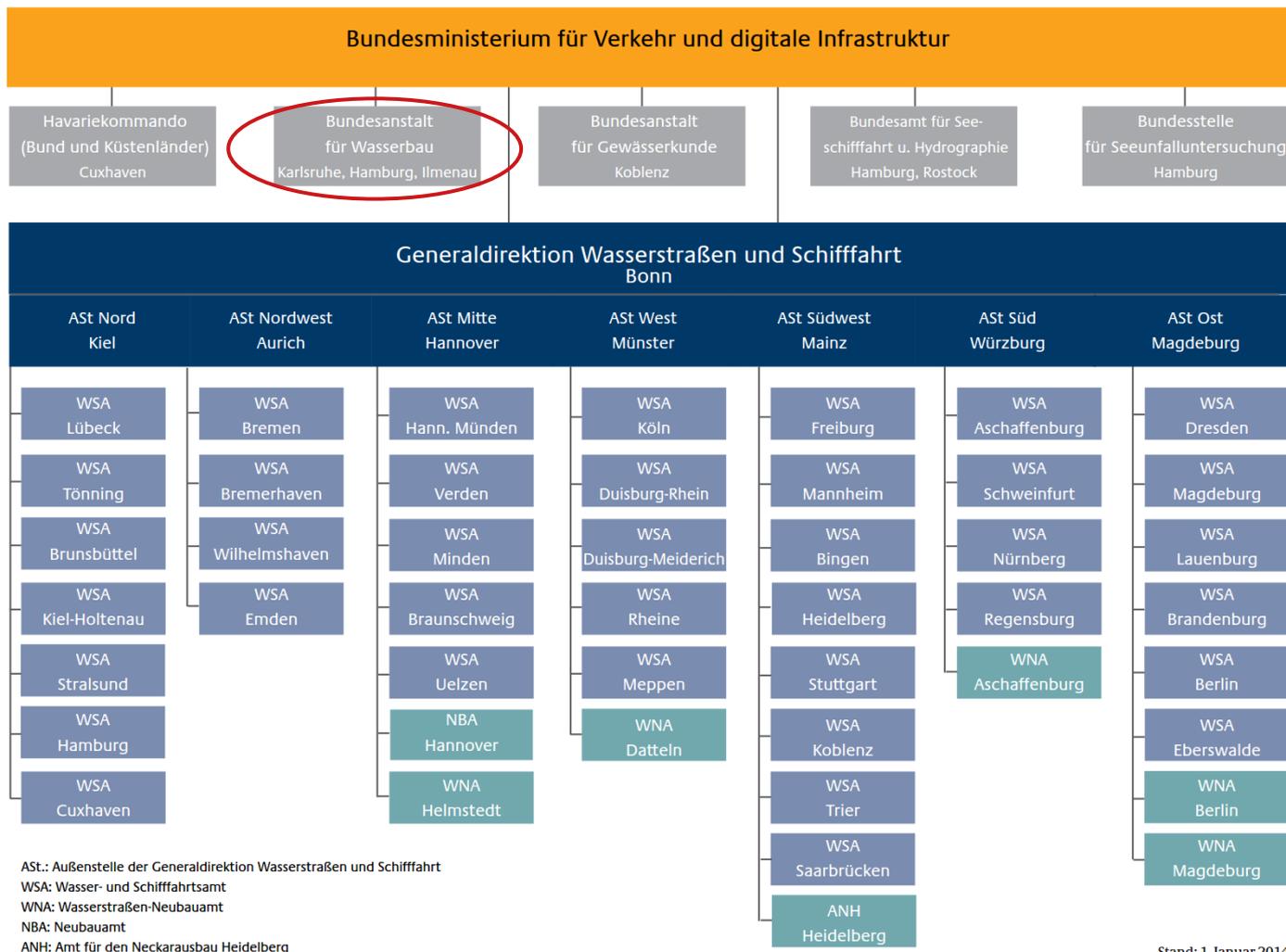
Ursprünglich: Ländersache

1921: Staatsvertrag betreffend den Übergang der Wasserstraßen von den Ländern auf das Reich, vom Reichstag als Gesetz beschlossen durch Reichsgesetz vom 29. Juli 1921

1949: Art 89 GG:

- (1) Der Bund ist Eigentümer der bisherigen Reichswasserstraßen.
- (2) Der Bund verwaltet die Bundeswasserstraßen durch eigene Behörden.
→ Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

Einordnung im Organigramm des BMVI



Stand: 1. Januar 2014

Bundeswasserstraßen

- 7350 km Binnenwasserstraßen

davon

- 750 km Seeschiffahrtsstraßen
- 6600 km Binnenschiffahrtsstraßen

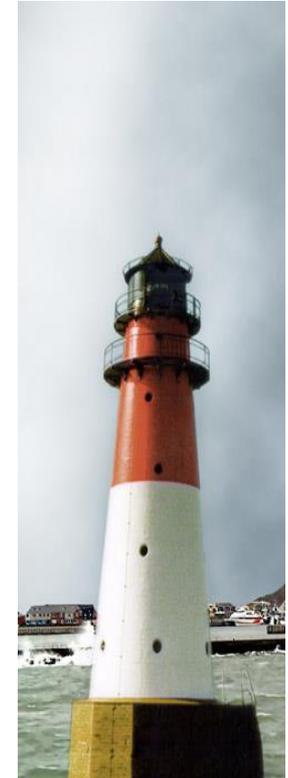
davon

- 2830 km freie/ geregelte Flusstrecken
- 2790 km staugeregelte Flusstrecken
- 1730 km Kanalstrecken

- 23.000 km² Seewasserstraßen



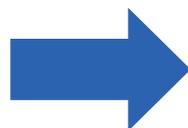
Objektvielfalt



Besonderheit 1

Anlagen WSV

- 319 Schiffsschleusenanlagen
- 307 Wehranlagen
- 5 Schiffshebwerke
- 41 Kanalbrücken
- 354 Dükeranlagen
- 72 Durchlassanlagen
- 675 Leuchtfeueranlagen
- ca. 1600 Brücken
- ...



4356 Objekte in 67 Objektarten

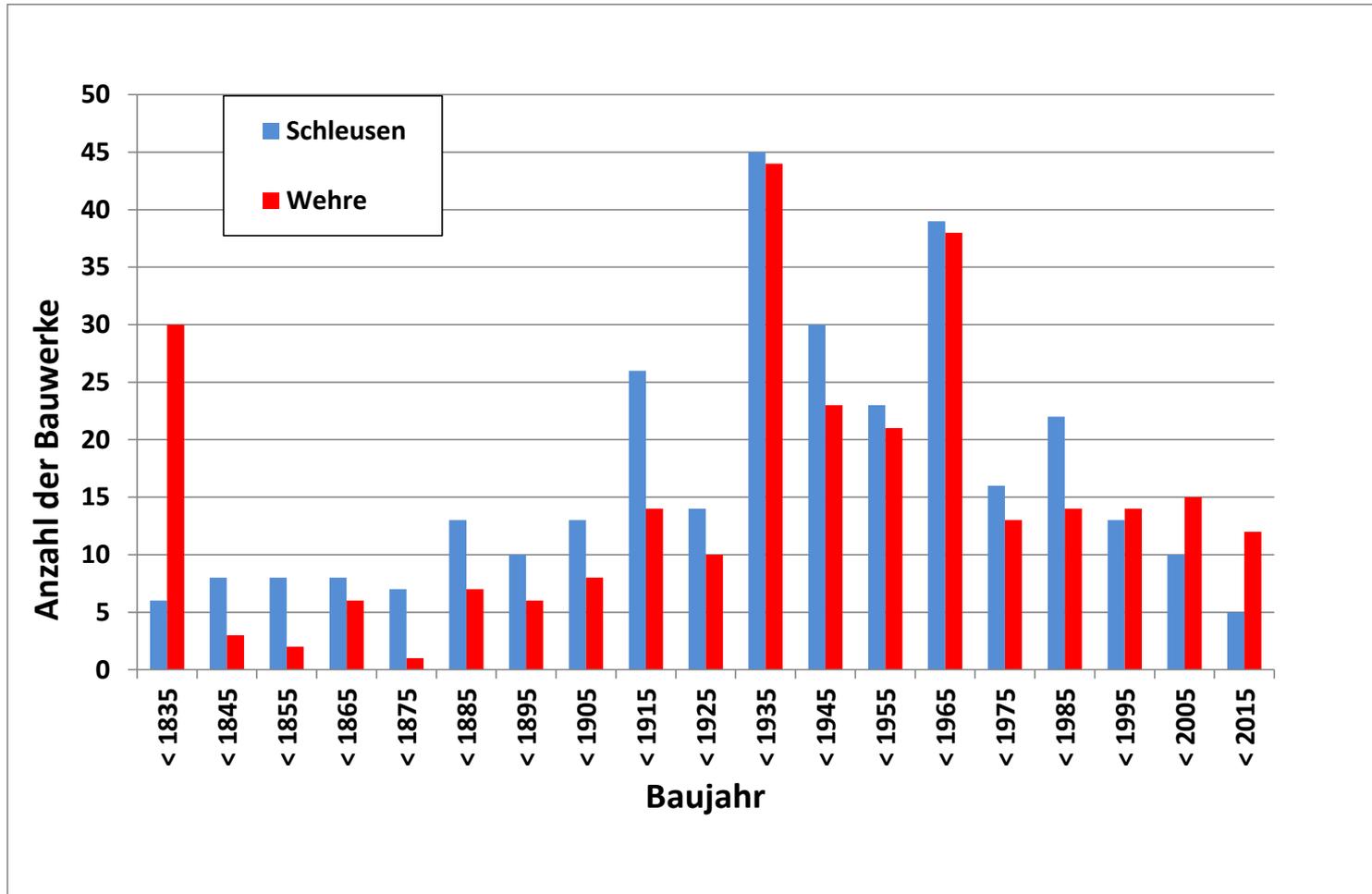
Besonderheit 2



Besonderheit 2



Besonderheit 3



Altersstruktur WSV- Schleusen

Besonderheit 3

Schatzkiste

- Wehranlage Wetzlar (oberes Wehr 1050, unteres Wehr 1250)
- Wehranlage Großes Wehr Naunheim 1550
- Überlauf Würzburg 1644
- Wehranlage Nievern 1671
- Wehranlage Oberbiel 1681
- Fulda/Werra, 11 Bootsschleusen / 12 Wehre 1752
- Saale, 5 Schleusen 1820/1822
- 1824, 1826, 1828, 1830, 1831, 1833, 1834

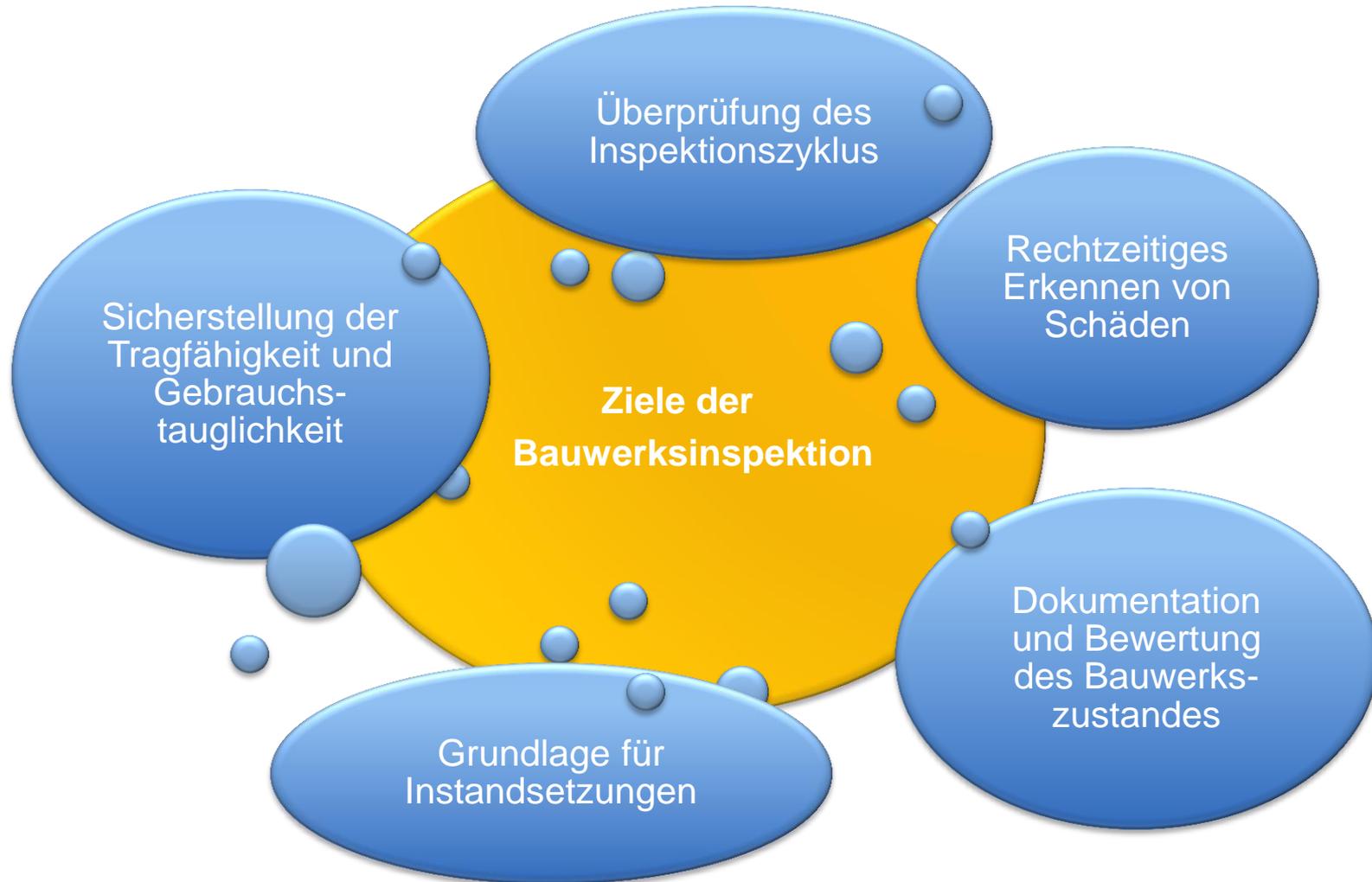
Besonderheit 4

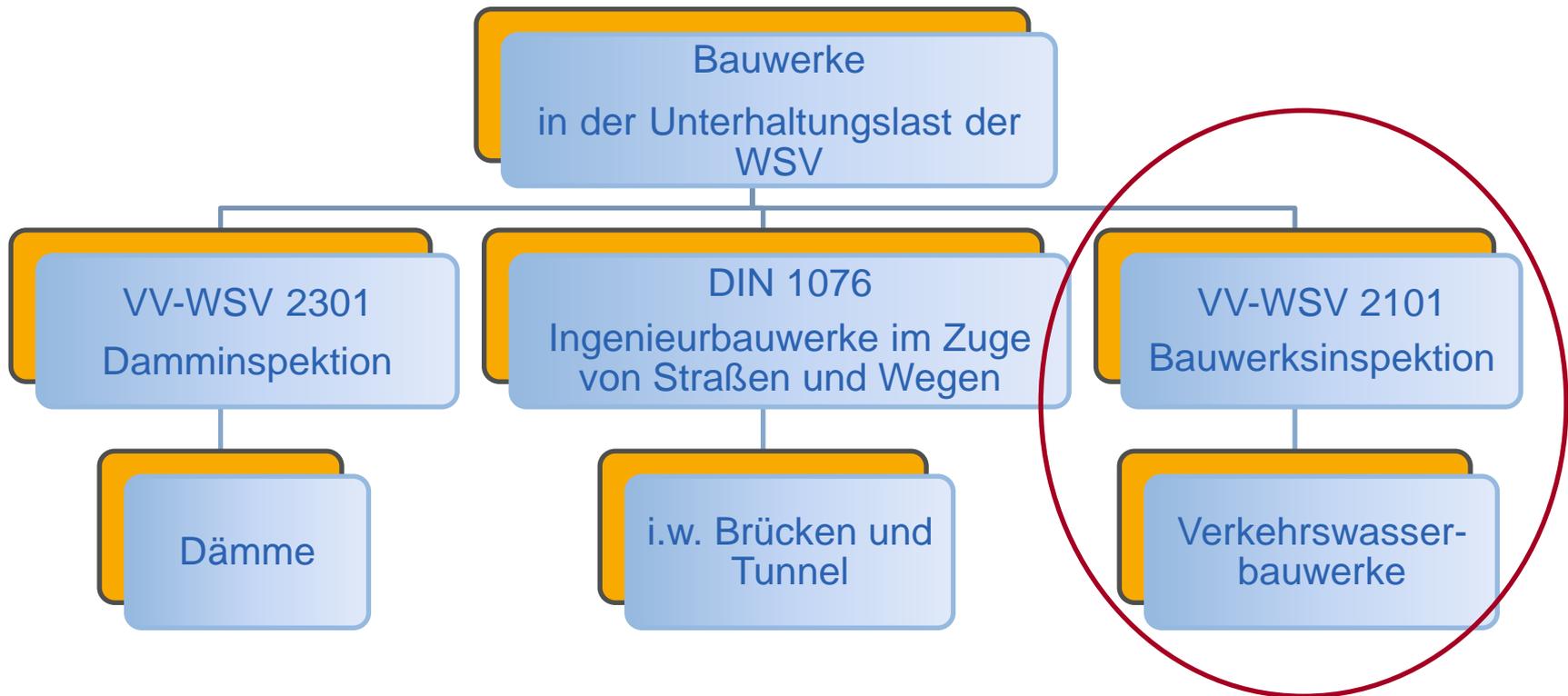


Zusammenfassung

1. viele, unterschiedliche Objektarten
 - unterschiedlichste Expositionen
2. einzelne Objektarten in sehr unterschiedlicher Ausprägung
3. Bauwerksalter sehr hoch
 - unterschiedlichste Bauweisen, Normen, Bemessungen
 - unterschiedlichste Materialien und Techniken
4. unterschiedlichste Verfallsprozesse

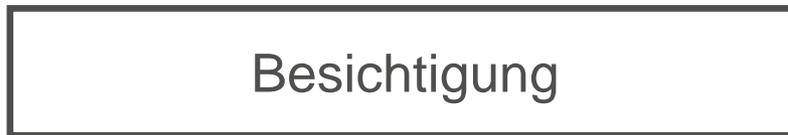
→ **sehr inhomogener Bestand!**





Kategorie B

Kategorie A



Besonderheiten

- Zugänglichkeit
- nur Teilinspektion möglich
- Sperrung der Wasserstraße
- Trockenlegung
- Reinigung
- Verknüpfung mit anderen Maßnahmen



Dokumentation

Besonderheiten: Aufgabenblätter für Überwachung und Prüfung

Dokumentation:



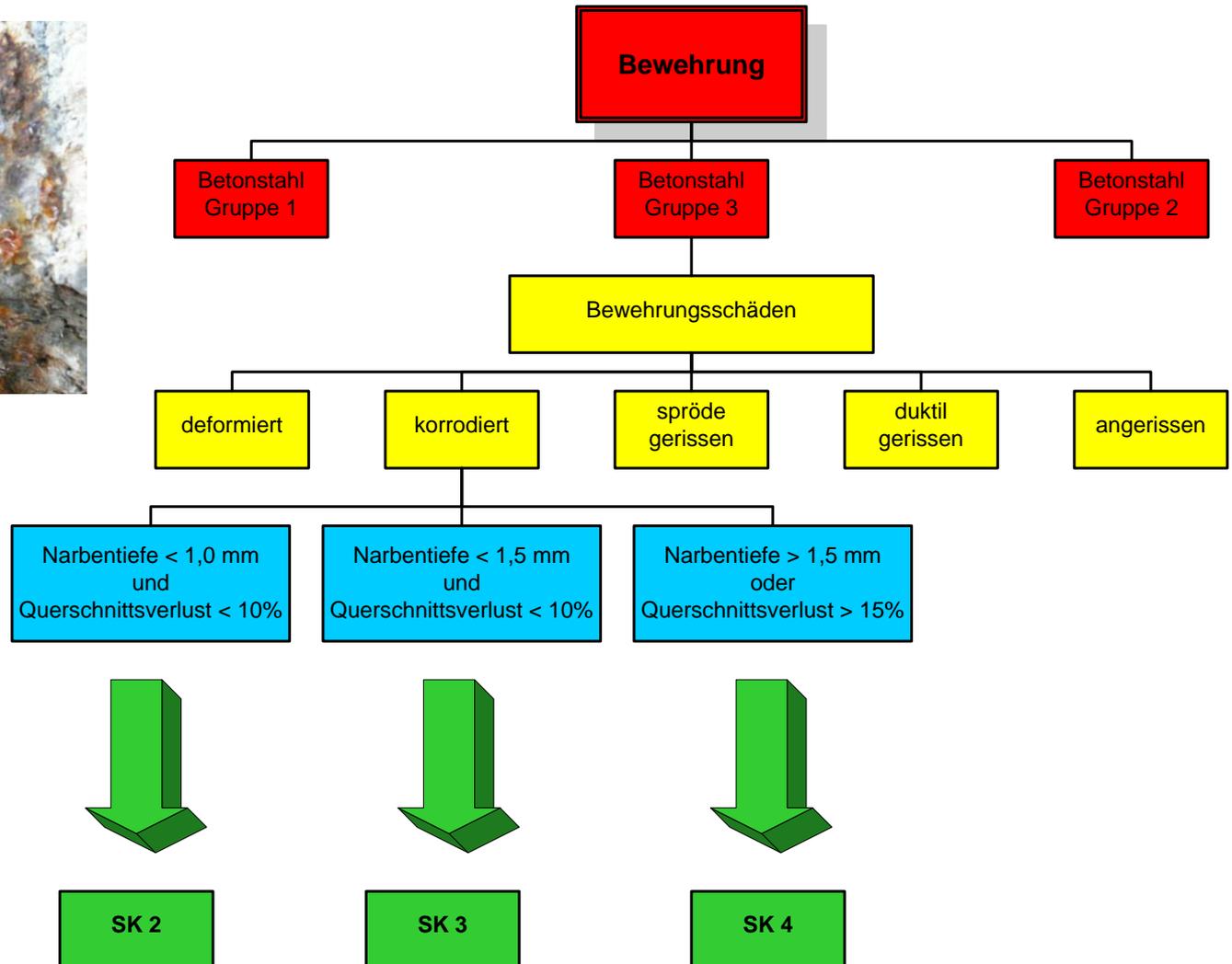
Bewertung: SK 1 bis SK 4
Merkblatt Schadensklassifizierung

Kennzahlen: Prüfnote

Definition der Schadensklassen



Schadensklassifizierung





WSD Mitte
WSA Minden
ABz Bramsche
Schiffsschleusenanlage Hollage

Objektidentnr.: 3113712001
WaStr.-km: 7.238
WaStr.: 3103

Prüfbericht

Schiffsschleusenanlage



Berichtsnummer: 2012-0122
Inspektionsjahr: 2012
Baujahr: 1915

Prüfnote: 4

Bauwerksprüfer-in:
Bauwerksprüfung vom: 23.05.2012 bis 31.07.2012
Inspektionsrichtung:

vom 20.09.2012

1 von 34



WSD Mitte
WSA Minden
ABz Bramsche
Schiffsschleusenanlage Hollage

Objektidentnr.: 3113712001
WaStr.-km: 7.238
WaStr.: 3103

| Nr. | Ort | Schadensbeschreibung | SK |
|-----|---|--|----|
| 1 | oberer Vorhafen Ausrüstung Leitwerk, West | unlegierter Stahl (Baustahl), flächige Korrosion, an allen Bauteilen, Flächige Korrosion bis 30 % der Gesamtfläche, größtenteils im Bereich der Tragkonstruktion [122] | 2 |
| 2 | oberer Vorhafen Ausrüstung Leitwerk, West Beschichtung | Korrosionsschutz, schadhaft, an allen Bauteilen, Beschichtungsschäden bis 30 % der Gesamtfläche [20] | 3 |
| 3 | oberer Vorhafen Ausrüstung Leitwerk, Ost | unlegierter Stahl (Baustahl), flächige Korrosion, an allen Bauteilen, Flächige Korrosion bis 30 % der Gesamtfläche, größtenteils im Bereich der Tragkonstruktion [123] | 2 |
| 4 | oberer Vorhafen Ausrüstung Leitwerk, Ost Beschichtung | Korrosionsschutz, schadhaft, an allen Bauteilen, Beschichtungsschäden bis 30 % der Gesamtfläche [21] | 3 |
| 5 | unterer Vorhafen Ausrüstung Leitwerk, Ost | unlegierter Stahl (Baustahl), flächige Korrosion, an allen Bauteilen, Flächige Korrosion bis 30 % der Gesamtfläche, größtenteils im Bereich der Tragkonstruktion [124] | 2 |
| 6 | unterer Vorhafen Ausrüstung Leitwerk, Ost Beschichtung | Korrosionsschutz, schadhaft, an allen Bauteilen, Beschichtungsschäden bis 30 % der Gesamtfläche [22] | 3 |

vom 20.09.2012

2 von 34



Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
WSD Mitte
WSA Minden
ABZ Bramsche

Objektidentnr.: 3113714001
WaStr.-km: 12.694
WaStr.: 3103

Zustandsbericht

Schiffschleusenanlage



Baujahr: 1915

Teilnoten:

| | |
|------------------|-----|
| Konstruktion | 3,2 |
| Stahlbau | 3,2 |
| Ausrüstung | 3,1 |
| Korrosionsschutz | 4 |
| Sonstiges | -- |

Zustandsnote: 3,2

(Schäden im Bereich des korrosionsschutz sind Bestandteil der Zustandsnote)

Bericht erstellt am: 02.10.2012

vom 02.10.2012 1 von 30

- Schadensklasse
- Teilnoten
- Zustandsnote

Teilnoten:

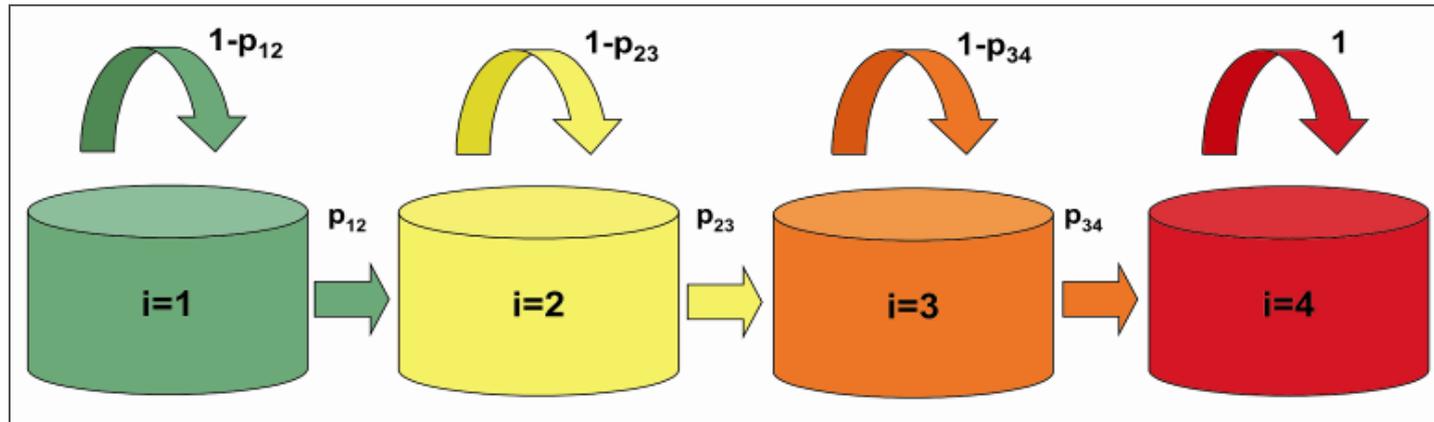
| | |
|------------------|-----|
| Konstruktion | 3,2 |
| Stahlbau | 3,2 |
| Ausrüstung | 3,1 |
| Korrosionsschutz | 4,0 |
| Sonstiges | -- |

Aktueller Zustand!

Überblick



| Objektidentnr. | Baujahr | Konstruktion | Stahlbau | Ausrüstung | Korrosionsschutz | Sonstiges |
|----------------|---------|--------------|----------|------------|------------------|-----------|
| 2135916001 | 1934 | 2,1 | 3,2 | 1,8 | -- | 2,1 |
| 2135916002 | 1934 | 3,2 | 2,2 | 2 | -- | 3,2 |
| 2135916003 | 1932 | 3 | 3,2 | -- | -- | -- |
| 2135918001 | 1953 | 3,2 | 2,1 | -- | -- | -- |
| 2135918005 | 1988 | 1 | 2,2 | 1 | -- | 1,9 |
| 2135918004 | 1981 | 3,1 | 1 | 2,8 | -- | -- |
| 2135920001 | 1971 | 3,2 | 3,1 | -- | 2,8 | -- |
| 2136120002 | 1930 | 3 | 2,1 | -- | -- | -- |
| 2136320001 | 1930 | 3,2 | 3,2 | -- | -- | 2 |
| 2136320002 | 1932 | 4 | 3 | -- | -- | 2 |
| 2136322001 | 1935 | 2,2 | 2 | -- | 3,2 | -- |
| 2136322002 | 1937 | 2,2 | 1 | -- | -- | -- |
| 2136122001 | 1937 | 3,2 | 1,9 | -- | -- | -- |
| 2136124001 | 1939 | -- | 3,1 | -- | 2,1 | -- |
| 2136324001 | 1954 | 3,2 | 4 | 3 | 3 | 1,9 |
| 2136324002 | 1950 | 3,1 | 3,2 | -- | 3,1 | -- |
| 2136326001 | 1952 | 2 | 3,2 | 2,9 | 2 | -- |
| 2136326002 | 1954 | 2,1 | 3,2 | 1 | 2,8 | -- |
| 2136326003 | 1955 | 3,2 | 3,2 | 3 | 2,9 | -- |
| 2136326004 | 1958 | 2,1 | 3,2 | 2 | 3 | -- |
| 2136126001 | 1957 | 1,9 | 3 | 1,8 | 3,2 | -- |
| 2136126002 | 1951 | 2,1 | 3,2 | -- | 3,1 | -- |
| 2136126003 | 1955 | 2,9 | 3,2 | 2,9 | 3,1 | -- |
| 2135926001 | 1962 | 3 | 3,2 | 3 | 1,9 | -- |
| 2135928001 | 1961 | -- | 3,2 | 2,8 | 3 | -- |
| 2135928002 | 1958 | 2,2 | 2,9 | 3,1 | 3 | -- |
| 2136128001 | 1951 | 2,1 | 3,1 | 3 | 1,9 | -- |
| 2136130001 | 1925 | 3 | 4 | -- | 1,8 | -- |



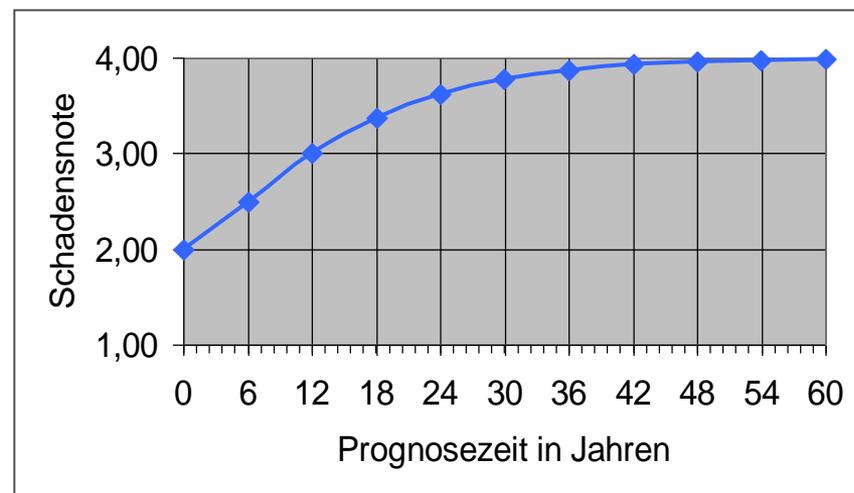
$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & 0 \\ \dots & p_{22} & p_{23} & 0 \\ \dots & \dots & p_{33} & p_{34} \\ \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Markov-Ketten

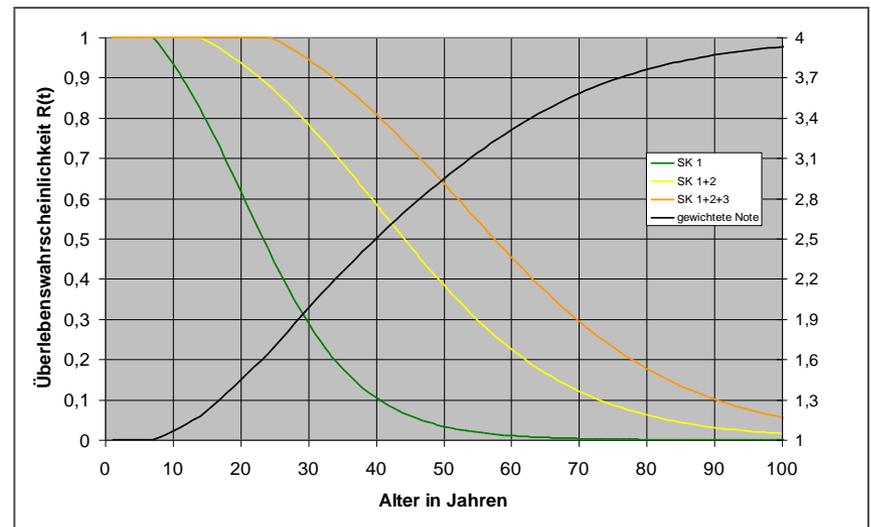
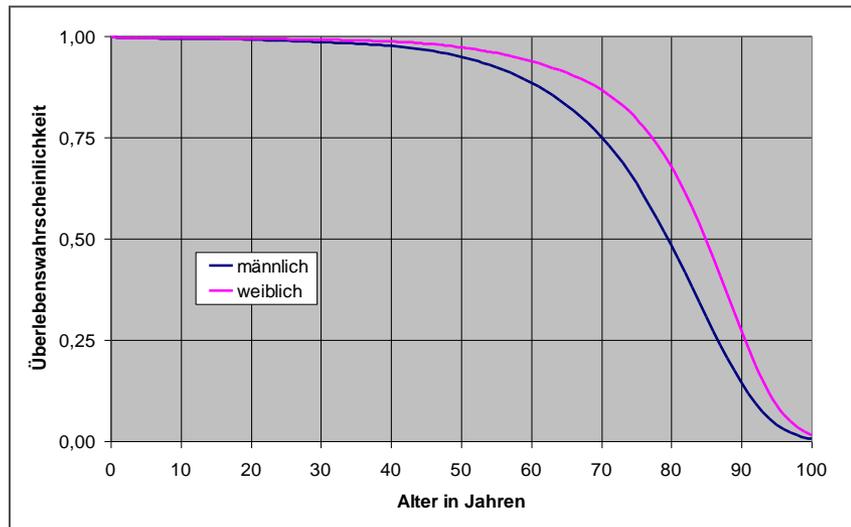
Prognose von erfassten Schäden:

- Erfasste Schäden werden mit Markov-Matrizen prognostiziert.
- Jeder Schadensbegriff ist einem Verfallsprozess zugeordnet.
- Jeder Verfallsprozess besitzt eine Markov-Matrix.

$$\begin{bmatrix} 0,72 & 0,28 & 0 & 0 \\ 0 & 0,87 & 0,13 & 0 \\ 0 & 0 & 0,83 & 0,17 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

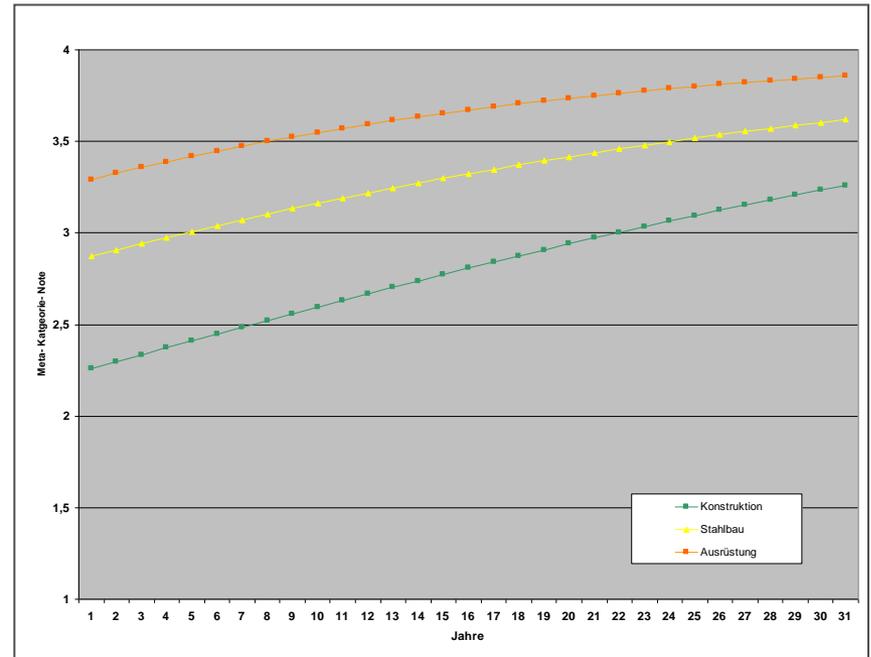
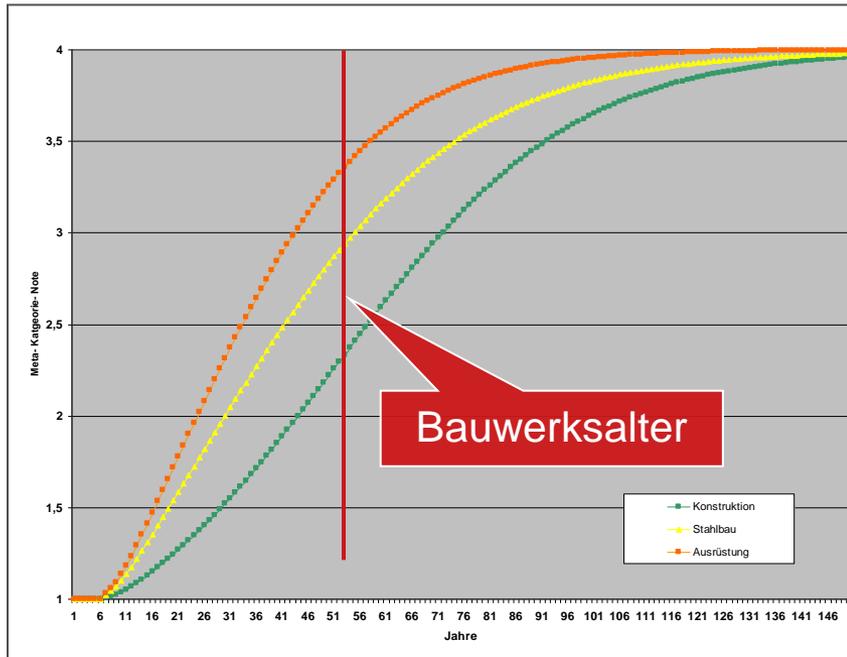


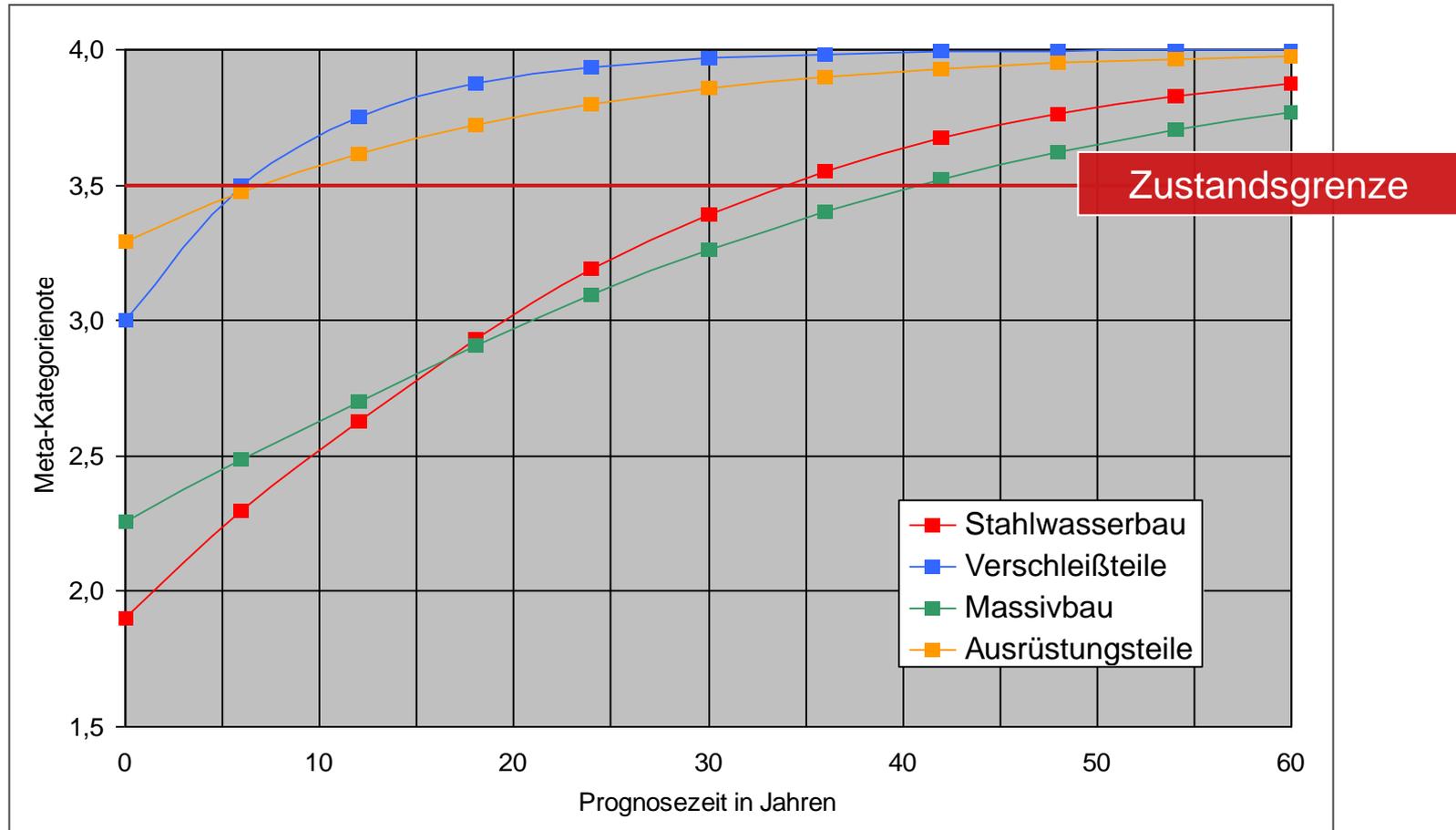
Überlebensfunktionen



Prognose von ungeschädigten Teilnotenkategorien:

Für jede Teilnotenkategorie wird eine Überlebensfunktion aufgestellt.





| Objektidentnr. | Restnutzungsdauer in Jahren | | | |
|----------------|-----------------------------|----------|--------------------|-------------|
| | Zustandsgrenze 3,5 | | Zustandsgrenze 3,8 | |
| | Konstruktion | Stahlbau | Konstruktion | Stahlbau |
| 2135916001 | 5 | 3 | 13 | 6 |
| 2135916002 | 3 | 12 | 7 | 18 |
| 2135916003 | 9 | 14 | 20 | 20 |
| 2135918001 | 5 | 21 | 13 | mehr als 30 |
| 2135918005 | 29 | 12 | mehr als 30 | 18 |
| 2135918004 | 8 | 19 | 19 | 27 |
| 2135920001 | 5 | 3 | 13 | 6 |
| 2136120002 | 9 | 3 | 18 | 7 |
| 2136320001 | 6 | 3 | 13 | 7 |
| 2136320002 | 0 | 15 | 0 | 23 |
| 2136322001 | 24 | 15 | mehr als 30 | 22 |
| 2136322002 | 24 | 19 | mehr als 30 | 27 |
| 2136122001 | 5 | 15 | 13 | 23 |
| 2136124001 | mehr als 30 | 4 | mehr als 30 | 8 |
| 2136324001 | mehr als 30 | 0 | mehr als 30 | 0 |
| 2136324002 | 8 | 2 | 19 | 5 |
| 2136326001 | mehr als 30 | 2 | mehr als 30 | 5 |
| 2136326002 | mehr als 30 | 2 | mehr als 30 | 5 |
| 2136326003 | 5 | 2 | 14 | 5 |
| 2136326004 | mehr als 30 | 2 | mehr als 30 | 5 |
| 2136126001 | mehr als 30 | 4 | mehr als 30 | 9 |
| 2136126002 | mehr als 30 | 2 | mehr als 30 | 5 |
| 2136126003 | 9 | 2 | 20 | 5 |
| 2135926001 | 9 | 2 | 20 | 5 |
| 2135928001 | 10 | 2 | 27 | 5 |
| 2135928002 | mehr als 30 | 15 | mehr als 30 | 22 |
| 2136128001 | mehr als 30 | 2 | mehr als 30 | 5 |
| 2136130001 | 9 | 0 | 18 | 0 |

Umfangabschätzung

1. Bestimmung der geschädigten Bauteile
2. Abschätzung des Umfangs der erforderlichen Maßnahme
 - a) Lokale Maßnahme (1-3 Bauteile betroffen)
 - b) Mehrere lokale Maßnahmen (mehrere einzelne Bauteile betroffen)
 - c) Große Instandsetzung/ Neubau
3. Berechnung des Zustandes nach der Instandsetzung

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------------|-------------------------------|------|------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------|
| Wehr 1 - Konstruktion | große Instandsetzung / Neubau | | | | | | | | | |
| Wehr 2 - Stahlbau | große Instandsetzung / Neubau | | | | | | | | | |
| Wehr 3 - Stahlbau | große Instandsetzung / Neubau | | | | | | | | | |
| Wehr 4 - Stahlbau | | | | | mehrere lokale Maßnahmen | | | | | |
| Wehr 5 - Stahlbau | | | | | mehrere lokale Maßnahmen | | | | | |
| Wehr 6 - Stahlbau | | | | | lokale Maßnahme | | | | | |
| Wehr 7 - Stahlbau | | | | | mehrere lokale Maßnahmen | | | | | |
| Wehr 8 - Stahlbau | | | | | mehrere lokale Maßnahmen | | | | | |
| Wehr 9 - Stahlbau | | | | | mehrere lokale Maßnahmen | | | | | |
| Wehr 10 - Stahlbau | | | | | mehrere lokale Maßnahmen | | | | | |
| Wehr 11 - Stahlbau | | | | | mehrere lokale Maßnahmen | | | | | |
| Wehr 12 - Stahlbau | | | | | lokale Maßnahme | | | | | |
| Wehr 13 - Stahlbau | | | | | | lokale Maßnahme | | | | |
| Wehr 14 - Stahlbau | | | | | | lokale Maßnahme | | | | |
| Wehr 15 - Konstruktion | | | | | | | lokale Maßnahme | | | |
| Wehr 16 - Stahlbau | | | | | | | lokale Maßnahme | | | |
| Wehr 17 - Stahlbau | | | | | | | lokale Maßnahme | | | |
| Wehr 18 - Stahlbau | | | | | | | | große Instandsetzung / Neubau | | |
| Wehr 19 - Stahlbau | | | | | | | | große Instandsetzung / Neubau | | |
| Wehr 20 - Stahlbau | | | | | | | | | lokale Maßnahme | |

Legende

| |
|-------------------------------|
| große Instandsetzung / Neubau |
| mehrere lokale Maßnahmen |
| lokale Maßnahme |

| | | Schadensausmaß | | | | |
|--|-----|------------------|--------|-------|------|--------------|
| | | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| | | vernachlässigbar | gering | mäßig | groß | katastrophal |
| Eintrittswahrscheinlichkeit über die Teilnote | 4 | 400 | 440 | 480 | 520 | 560 |
| | 3,9 | 390 | 429 | 468 | 507 | 546 |
| | 3,8 | 380 | 418 | 456 | 494 | 532 |
| | 3,2 | 320 | 352 | 384 | 416 | 448 |
| | 3,1 | 310 | 341 | 372 | 403 | 434 |
| | 3 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 |
| | 2,9 | 290 | 319 | 348 | 377 | 406 |
| | 2,8 | 280 | 308 | 336 | 364 | 392 |
| | 2,2 | 220 | 242 | 264 | 286 | 308 |
| | 2,1 | 210 | 231 | 252 | 273 | 294 |
| | 2 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| | 1,9 | 190 | 209 | 228 | 247 | 266 |
| | 1,8 | 180 | 198 | 216 | 234 | 252 |
| | 1,2 | 120 | 132 | 144 | 156 | 168 |
| | 1,1 | 110 | 121 | 132 | 143 | 154 |
| | 1 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |

- 4er- Schäden sind immer inakzeptabel,
- 3er-Schäden sind immer im ALARP-Bereich,
- 3er-Schäden sind inakzeptabel, wenn das Schadensausmaß mindestens groß ist.

| | |
|--------------|-----------------|
| inakzeptabel | $R \geq 350$ |
| ALARP | $250 < R < 350$ |
| akzeptabel | $R \leq 250$ |



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Bundesanstalt für Wasserbau
76187 Karlsruhe

www.baw.de