

Zuverlässigkeit von Ingenieurbauwerken der Verkehrsinfrastruktur

Workshop Themenfeld 3:
Verlässlichkeit der
Verkehrsinfrastrukturen erhöhen

Organisationsstruktur des BMVI-Expertennetzwerks

Entscheidungsebene

Lenkungsgruppe

G 11

DG 22, LA 15, LA 18, LA 24,
StB 10, WS 12, WS 14, WS 24

Gesamtkoordination

BASt,

BAG, BAW, BASt, BfG, BSH, DWD,
EBA

Wissenschaftlicher

Arbeitsstab

BASt

Fachebene

Themenfeld 1

Verkehr und
Infrastruktur an
Klimawandel und
extreme
Wetterereignisse
anpassen

Koordination: DWD

DWD, BASt, BAW,
BfG, BSH, EBA

Themenfeld 2

Verkehr und
Infrastruktur
umweltgerecht
gestalten

BfG

BfG, BASt, BAW, BSH,
DWD, EBA

Themenfeld 3

Verlässlichkeit der
Verkehrs-
infrastrukturen
erhöhen

BASt

BASt, BAG, BAW, BfG,
DWD, EBA

Themenfeld 4

Digitale
Technologien
konsequent
entwickeln und
nutzen

BASt

BASt, weitere

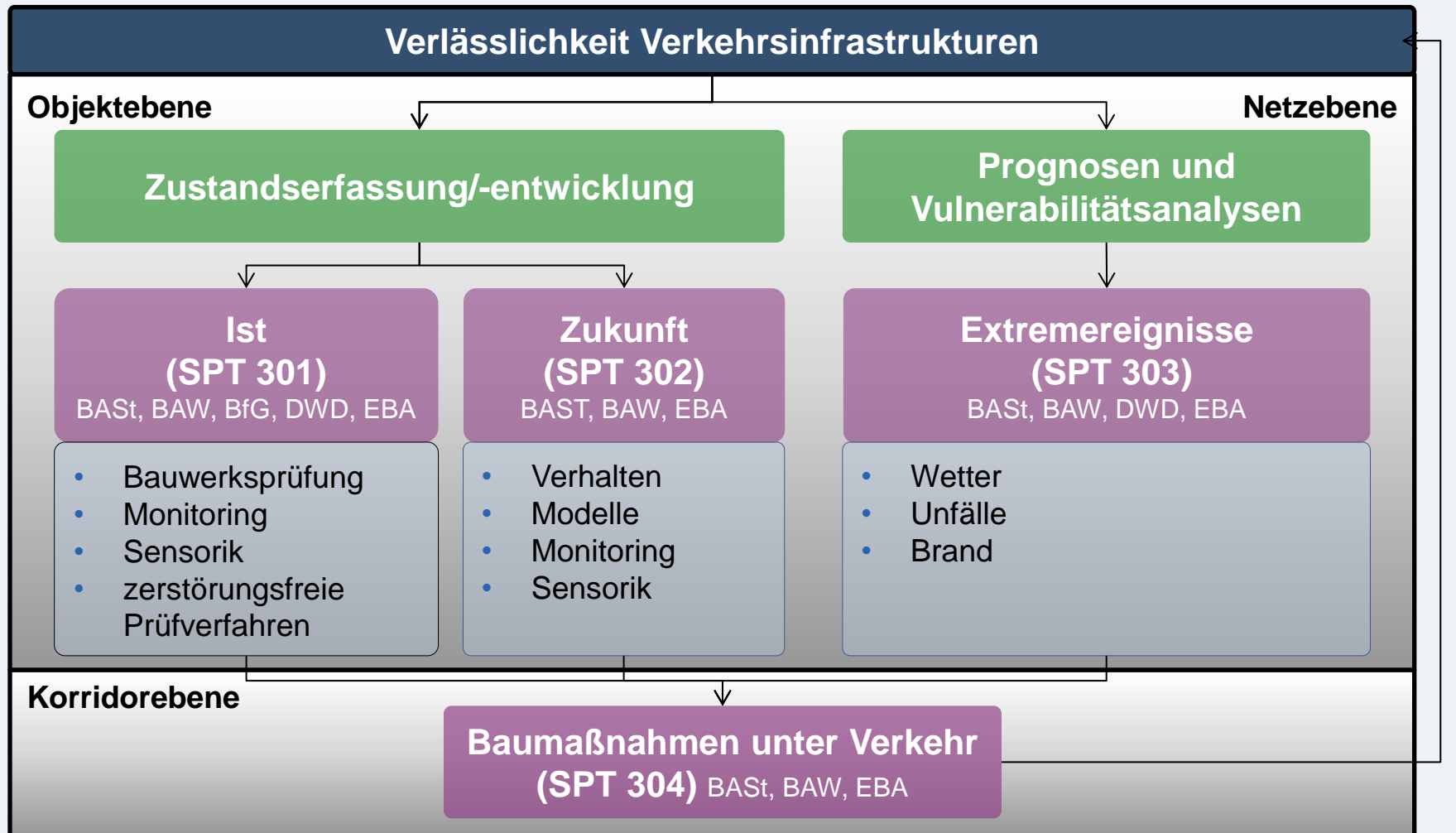
Themenfeld 5

Einsatzpotenziale
erneuerbarer
Energien für
Verkehr und
Infrastruktur
verstärkt
erschließen

DWD

DWD, weitere

Zuordnung der Schwerpunktthemen



SPT 302: „Entwicklung von Verfahren zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Ingenieurbauwerken der Verkehrsinfrastruktur“

- Tragfähigkeitskennzahlen für bestehende Konstruktionen – Bewertung massiv- und stahlwasserbaulicher Tragwerke des deutschen Wasserstraßennetzes
(F. Nyobeu, A. Panenka; BAW)
- Zuverlässigkeit Brückenbestand – Zuverlässigkeitsbasierte Bauwerksprüfung
(R. Rabe; BAST)
- Nachhaltige Auslegung von Brücken zur Berücksichtigung schnellfahrender Züge
(M. Reinhardt; EBA)
- Zuverlässigkeitsbasierte Deckwerksbemessung
(J. Sorgatz; BAW)
- Risikobasiertes Erhaltungsmanagement für Verkehrswasserbauwerke
(H. Schmidt-Bäumler; BAW)



Expertennetzwerk
Wissen Können Handeln

Andreas Panenka
Francois Nyobeu

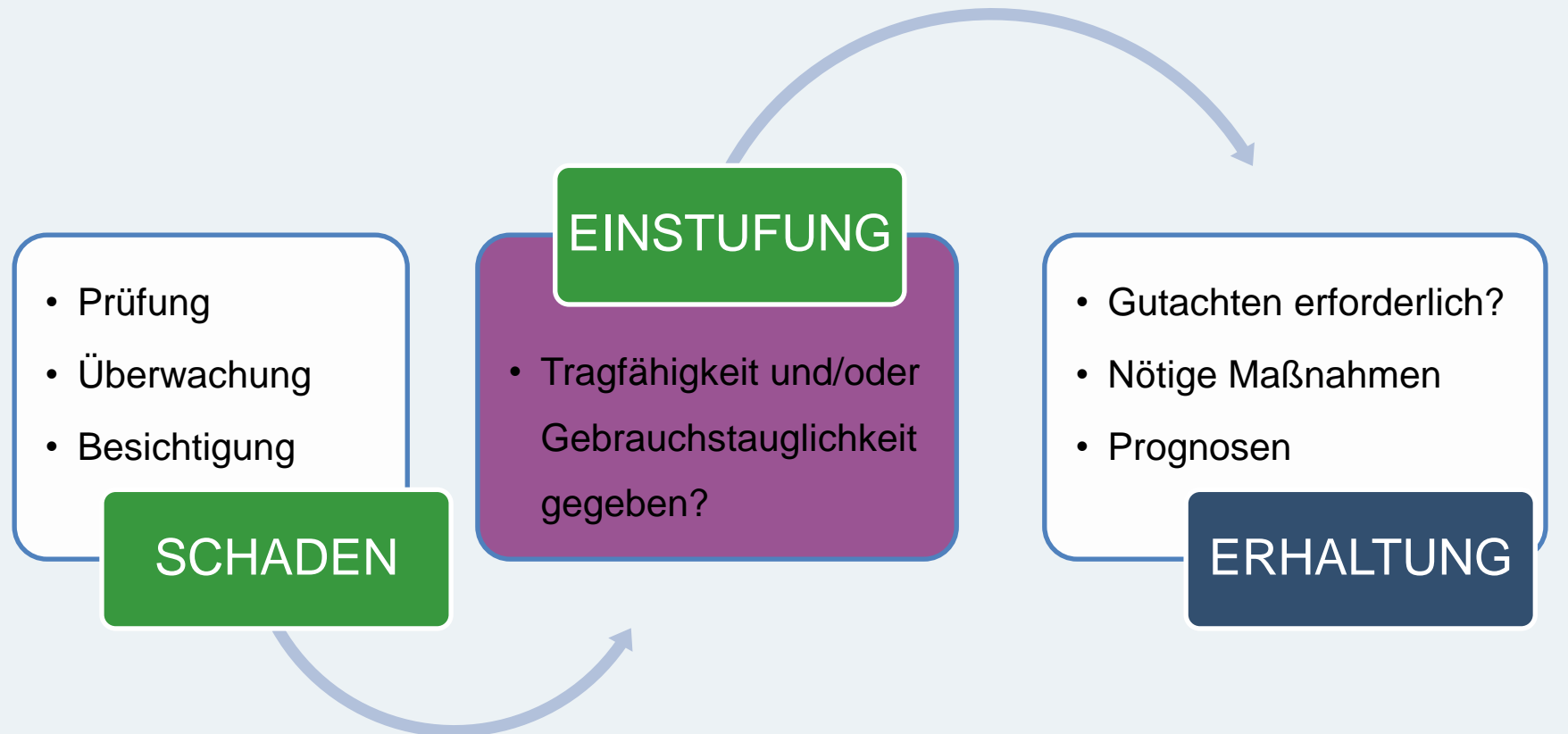
Tragfähigkeitskennzahlen für bestehende Konstruktionen

Bewertung massiv- und stahlwasserbaulicher Tragwerke des deutschen Wasserstraßennetzes

BAW



Grundlagen für die Bearbeitung des Themas: Bauwerksinspektion



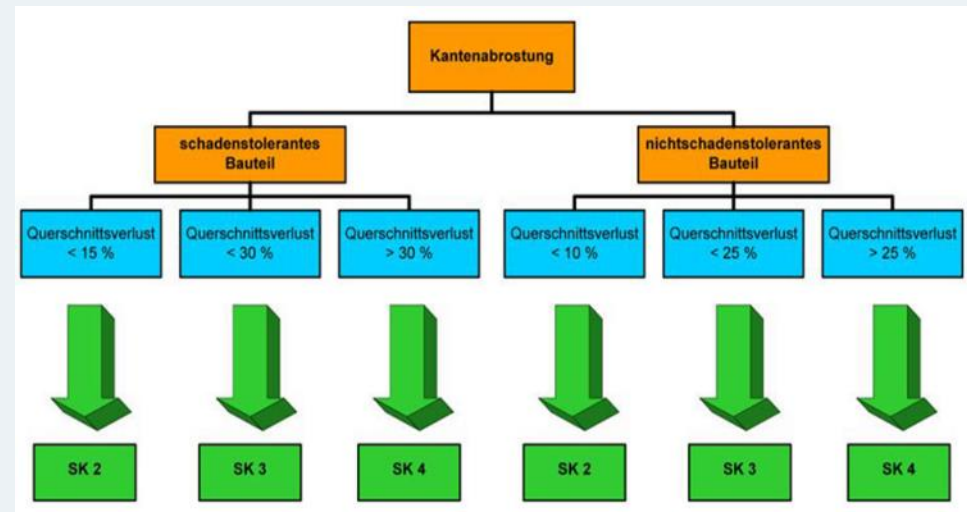
Grundlagen für die Bearbeitung des Themas: Bauwerksinspektion

- Werkzeuge für die Bauwerksinspektion:
- Software „WSV-Pruf“: Datenerfassung durch Inspektoren
- BAW-Merkblätter als Leitfaden
 - „Bauwerksinspektionen“ (MBI): Planung und Ausführung der Inspektionen
 - „Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken“ (MSV): Erkennung und Klassifizierung von Schäden
- Prüfer ist für die Einstufung der Schäden verantwortlich

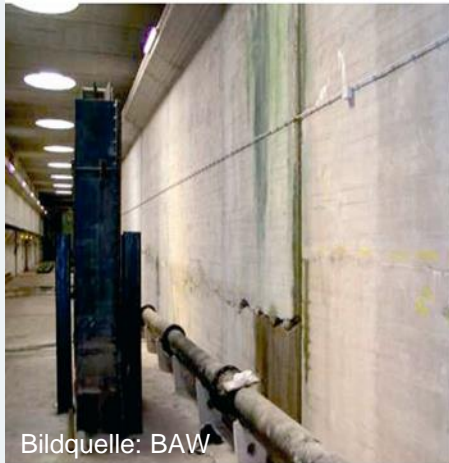


Stahl:
nichtschantolerantes Bauteil
(Knotenblech)
Querschnittsverlust > 25 %
→ **SK 4**

Beschichtung:
Rostdurchbrüche plus sichtbare
Unterrostung des Korrosionsschutzes
→ **SK 4**



Grundlagen für die Bearbeitung des Themas: Bauwerksinspektion



Bildquelle: BAW

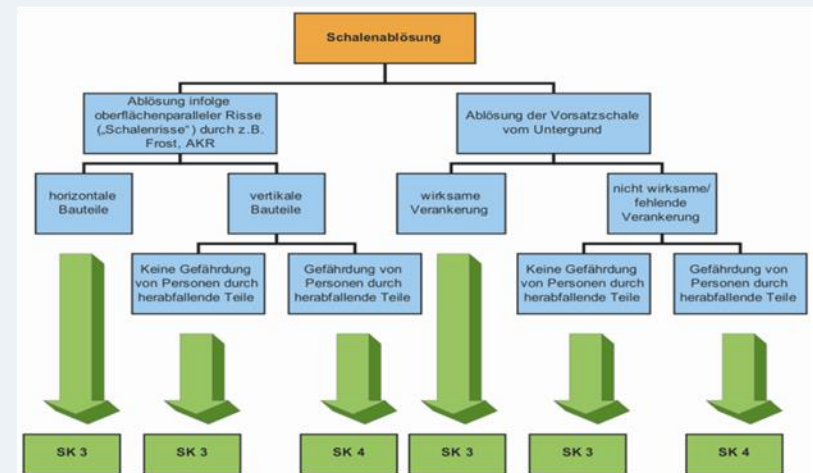
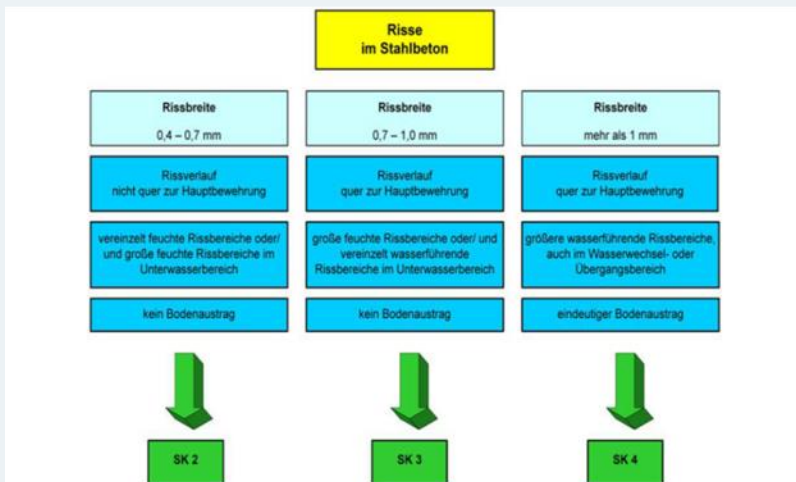
Rissbreite > 1,0 mm
 Riss quer zur Haupttragrichtung
 größere feuchte Rissbereiche
 kein Bodenaustrag
 Bewertung unter Berücksichtigung der Einzeleigenschaften und der örtlichen Randbedingungen: → **SK 4**



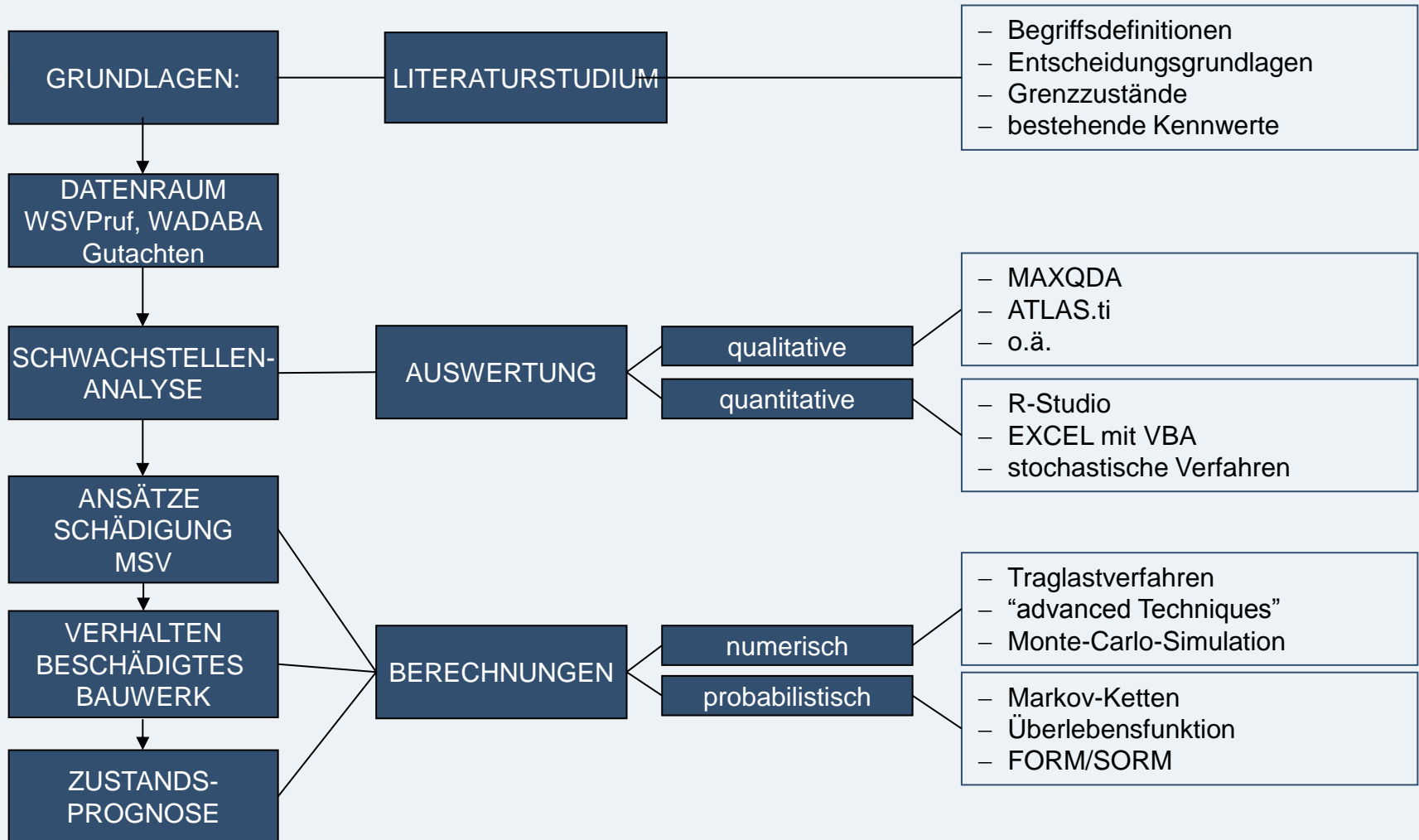
Bildquelle: BAW

Schalensablosung
 Schadensursache:
 Frostangriff, verankerte Vorsatzschale
 wirksame Verankerung → **SK 3**
 nicht wirksame Verankerung, Gefährdung von Personen durch herabfallende Teile → **SK 4**

Gutachten erforderlich!



Methoden



Rolf Rabe

Zuverlässigkeit Brücken

Zuverlässigkeitsbasierte Bauwerksprüfung

BASt



Einleitung

- Steigendes Durchschnittsalter, zunehmende Schädigungen in Kombination mit konstruktiven Schwachstellen
 - Einschränkungen an Bauwerken
- Gewünscht:
 - Möglichst frühzeitige und umfassende Informationen über Veränderungen und bauliche Risiken
- Bislang:
 - Bauwerksprüfung alle 6 Jahre
 - Erfassung und Bewertung nur sichtbarere Schäden
 - Verdeckte Mängel oder Aussagen zu Veränderungen in der inneren Konstruktion nicht oder nur in sehr beschränktem Umfang erkennbar und bewertbar
- Deterministischer Ansatz
 - Auskunft darüber, ob an einer bestimmten Stelle ein Schaden vorhanden ist oder nicht
 - Keine Information, ob weitere Bereiche möglicherweise kurz vor Ausbruch eines Schadens stehen oder nicht

Bildquelle: BAW

Grundlagen für die Bearbeitung des Themas

- **Notwendigkeit:**
 - Einbeziehung wahrscheinlichkeitstheoretischer Ansätze in die Erfassung und Bewertung
 - Ergänzung der zustandsbasierten Bauwerksprüfung um zuverlässigkeitsbasierte Komponenten
 - Spezielle Gegebenheiten und Risiken (statisches System, Vorschädigungen, besondere Beanspruchungen) in Bezug auf festgelegte Kriterien abbilden und zukünftiges Verhalten prognostizieren
 - Erfassung der aktuellen Zuverlässigkeit von Bauwerken
- **Erwartung:**
 - Verbesserte, zuverlässigkeits- und risikobasierte Basis für eine optimierte Erhaltungsplanung



Methoden

- Erarbeitung einer fachtechnischen Konzeption als Basis für eine Überprüfung der Praxistauglichkeit in einer nachfolgenden Pilotstudie
- Aufbau einer Systematik zur zuverlässigkeits- und risikobasierten Bauwerksprüfung auf Basis bestehender Daten
- Notwendigkeit:
 - Einbeziehung wahrscheinlichkeitstheoretischer Ansätze in die Erfassung und Bewertung
 - Ergänzung der zustandsbasierten Bauwerksprüfung um zuverlässigkeitsbasierte Komponenten
- Basis: Datenbank SIB Bauwerke
 - Bestimmung von Zuverlässigkeitsindizes und Versagenswahrscheinlichkeiten
 - Anwendung von Bayes'schen Netzen und Bayes'schem Update



Bildquelle: BAW

Stand der Arbeiten und Ausblick

- Zusammenstellung Stand Bauwerksprüfung
- Ausschreibung eines externen Projektes FE 15.0628/2016/LRB
„Zuverlässigkeitsbasierte Bauwerksprüfung - Konzeption und fachliche Lösungen“
- Angebotsprüfung und Vergabe



Bildquelle: BAW



Eisenbahn-Bundesamt



Expertennetzwerk
Wissen Können Handeln

Markus Reinhardt

Nachhaltige Auslegung von Brücken zur Berücksichtigung schnellfahrender Züge

EBA



Problemstellung & Ziel

- Neuartige Züge stellen andere Anforderungen an die Infrastruktur als bisher (IC-X)
- Lastmodelle nach TSI sind veraltet bzw. heutigen Anforderungen nicht mehr gewachsen
- Tendenz zu schnellerem Schienenverkehr erhöht die Einwirkungen aus Verkehr
- Ziel: Lastmodell dass aktuelle Einwirkungen besser abdeckt als verfügbare Modelle



Bildquelle: www.bahn.de

Vorgehensweise

- Ab 2017 (erster Schritt evtl. durch Masterarbeit)
- Untersuchung neuer Züge und sich verändernde Parameter (Geschwindigkeit, Achsabstand, Gewicht, Gewichtsverteilung,...)
- Ermittlung relevanter abgeleiteter Größen (Erregerfrequenzen, Lastverteilungen, ...)
- Entwicklung eines modernen/flexiblen Lastmodells
- Mögliches Ergebnis: Vorschlag für neue Normung → TSI



Bildquelle: www.bahn.de

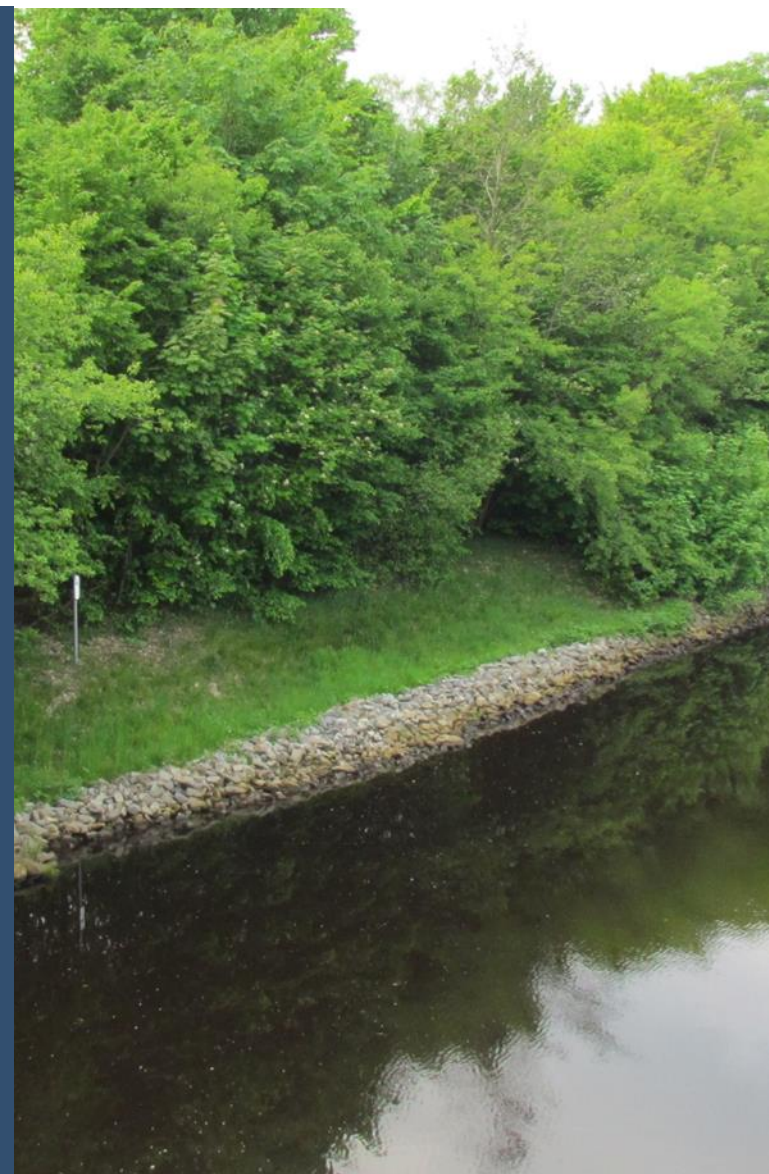


Expertennetzwerk
Wissen Können Handeln

Julia Sorgatz

Zuverlässigkeitsbasierte Deckwerksbemessung

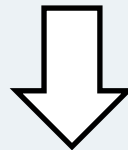
BAW



Ziele des Forschungsvorhabens

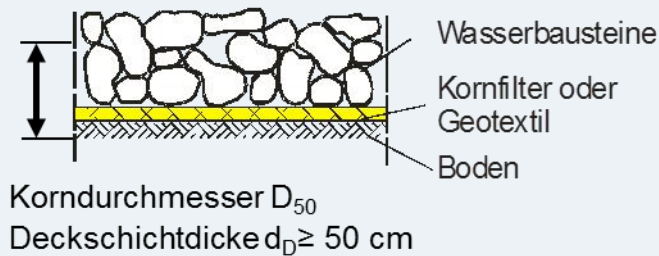
Ausgangssituation:

- Begrenzte finanzielle Mittel erfordern eine Konzentration der Ausbaumaßnahmen auf große Binnenwasserstraßen sowie reduzierte Unterhaltungsmaßnahmen.
- Größere Schiffe führen zu größeren Belastungen am Ufer und damit verbunden steigt das Risiko eines Schadens.
- Insbesondere kleinere Wasserstraßen haben oftmals eine veraltete Bausubstanz und sind sanierungsbedürftig.



- **Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit deutscher Wasserstraßen im Kern-, Rand- und Nebennetz**
 - **Ökologische Aufwertung der Ufer**

Forschungsvorhaben



Ist:

Bemessung erfolgt derzeit deterministisch unter Berücksichtigung

- hydraulischer und
- geotechnischer

Einwirkungen und Widerstände.



Soll: wahrscheinlichkeitsbasiertes

Bemessungskonzept unter Berücksichtigung der

- Schadensentwicklung und
- Häufigkeit bzw. Wichtung der schadensverursachenden Prozesse

Dazu **erforderlich:**

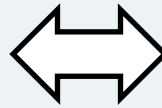
- Definition und Entwicklung

eines Deckwerkschadens und die akzeptable Zuverlässigkeit des Gesamtsystems

Methoden: Ursachen und Wahrscheinlichkeiten

Theoretische Systematisierung von Deckwerksveränderungen

- Identifikation primärer Schadensursachen
- Beurteilung der Systemsensitivität
- Fault Tree Analysis / Bayesian Network / Hidden Markov Chain Model



Datenermittlung

- mehrstufige Experteninterviews/-umfragen zur qualitativen und quantitativen Ermittlung möglicher Schadensursachen und Beschreibung der Deckwerksveränderungen



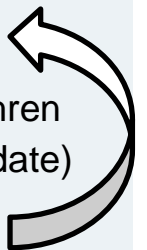
Natur- und Modellversuche

- Untersuchungen im Wellenkanal zur Schadensentwicklung
- Naturversuche an Binnenwasserstraßen zur Ermittlung statistischer Kennwerte



Modellbildung

Erarbeitung eines Bemessungskonzepts unter Verwendung wahrscheinlichkeitsbasierter Verfahren der Stufe III (Markov-Ketten, Kohortenüberlebensmodell, Monte-Carlo Simulation, Bayesian Update)





Expertennetzwerk
Wissen Können Handeln

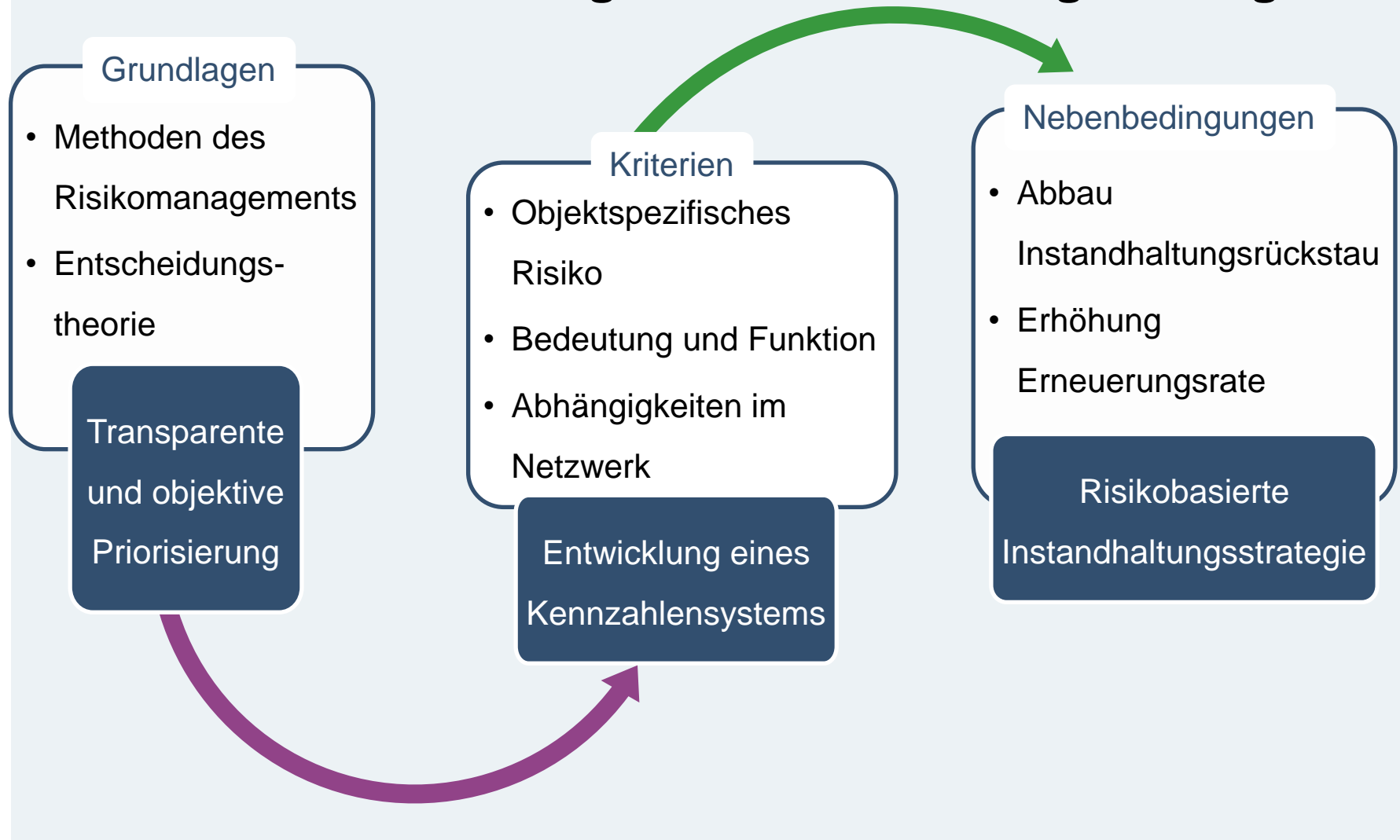
Heike Schmidt-Bäumler

Risikobasiertes Erhaltungsmanagement von Verkehrswasserbauwerken

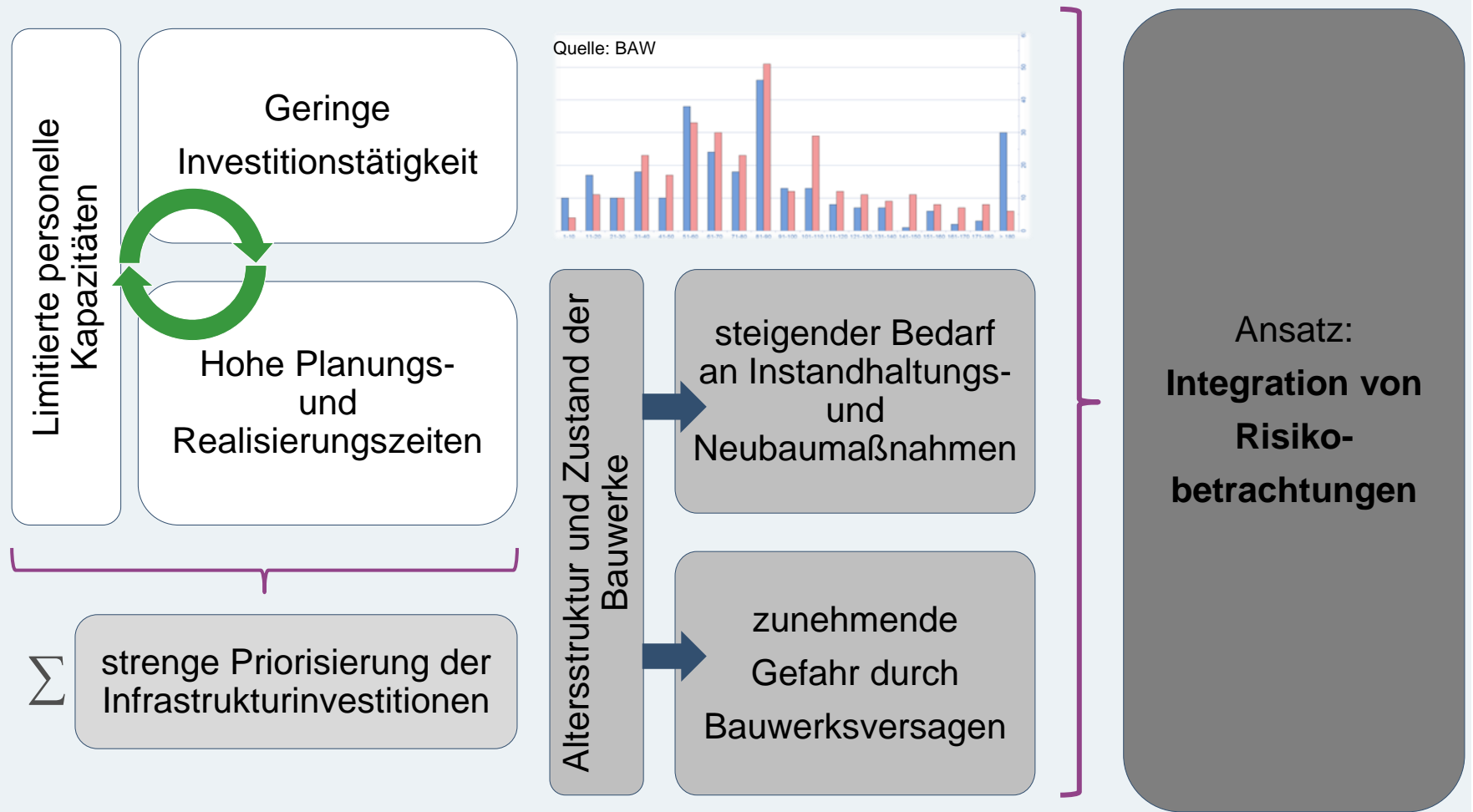
BAW



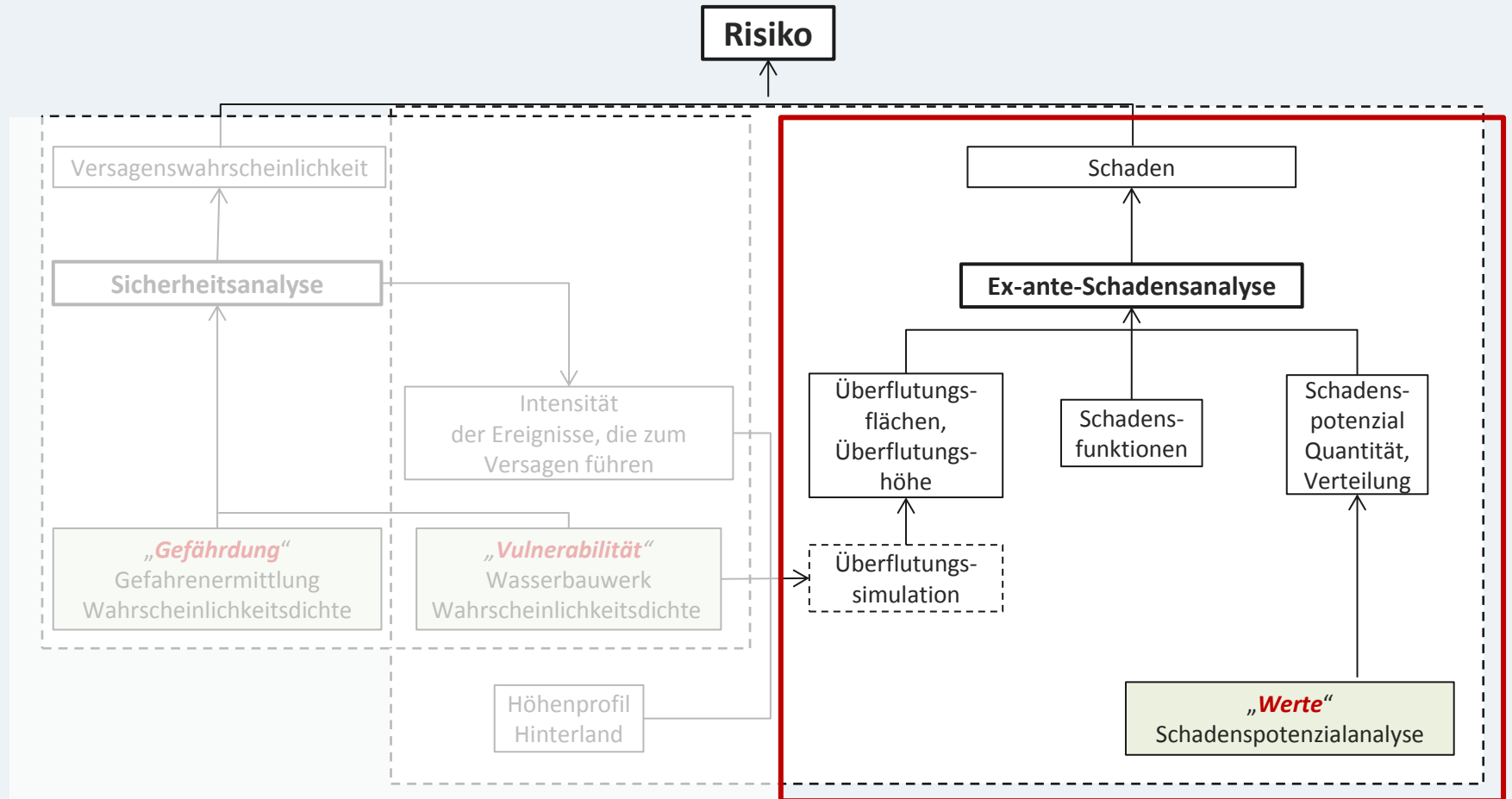
Ziel ist die Verbesserung der Instandhaltungsstrategie



Die Priorisierung von Investitionsmaßnahmen soll um systematische Risikobetrachtungen ergänzt werden



Verwendung bekannter Vorgehensweisen und Fokus auf Schadensausmaße



Quelle: Elemente von Risikoanalysen (Meyer, 2005)

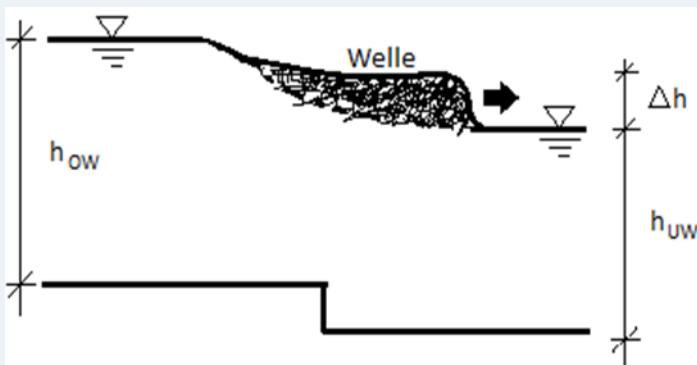
Schadensszenarien für Wehranlagen

| Auslösendes Ereignis | | Systemantwort | Folgen | Ausmaß | Einflussfaktoren | Konsequenz |
|----------------------|--------------------------------------|--|---|--|--|---|
| kurzfristig | Erdbeben | <ul style="list-style-type: none"> Antriebsprobleme Unplanmäßige Außerbetriebnahme Mechanische Schäden Alterung, Verschleiß Chemische Schädigung Blockierung | <p>Beeinträchtigung der äußeren Standsicherheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geländebruch - Grundbruch - Kippen - Gleiten <p>Beeinträchtigung der inneren Standsicherheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Querkraft - Biegung - Verformung - Bruch <ul style="list-style-type: none"> Überströmen Auftrieb Unterströmen Kolk | <ul style="list-style-type: none"> Kein Versagen Teilversagen Totalversagen | <ul style="list-style-type: none"> Notfallplan Raum-zeitliche Dynamik <ul style="list-style-type: none"> - Jahreszeit - Wochentag - Uhrzeit - (Geographische) Lage - Anlage in Revision - n-1-Bedingung | <ul style="list-style-type: none"> Sachschäden Irreparable Bauwerksschäden Reparable Bauwerksschäden Personenschäden Volkswirtschaftliche Schäden Umweltschäden |
| | Hochwasser | | | | | |
| | Kältewelle | | | | | |
| | Hitzewelle | | | | | |
| | (Schiffs-)Unfall | | | | | |
| | Sabotage, Vandalismus Terrorismus | | | | | |
| | Bedienungsfehler | | | | | |
| langfristig | Unsachgemäßer Bauwerksentwurf | | | | | |
| | Qualität der Bauausführung | | | | | |
| | Unzureichende Baugrunduntersuchung | | | | | |
| | Änderungen der Grundwasserhältnisse | | | | | |
| | Nicht ausreichende Instandhaltung | | | | | |

Ermittlung von Risikokennzahlen am Beispiel von Abflussintensitäten bei plötzlichem Anlagenversagen

Für eine Abschätzung der Welle ($\rightarrow \Delta h$) bei einem plötzlichen Anlagenversagen (Kollaps) kann die Formel zur Berechnung der Überfallmenge von Poleni genutzt werden:

$$Q = \frac{2}{3} \mu * B_W * \sqrt{2g} * h_{OW}^{3/2}$$



Quelle: BAW

| Wehranlage | Zustandsnote | Fallhöhe | BuWaStr | Δh |
|---------------|--------------|----------|---------|------------|
| Standort | WSVPruf | m | Name | m |
| Koblenz | 4 | 4,95 | Mosel | 0,68 |
| Diez | 4 | 3,44 | Lahn | 3,99 |
| Duisburg | 4 | 7,33 | Ruhr | k.A. |
| Hollerich | 4 | 5,19 | Lahn | 1,83 |
| Hannover | 3,2 | 3,50 | Leine | 1,33 |
| Neckarzimmern | 3,2 | 5,60 | Neckar | 0,82 |
| Lisdorf | 4 | 3,80 | Saar | 0,53 |
| Würzburg | 4 | 2,75 | Main | 0,25 |
| Trier | 3,9 | 7,25 | Mosel | 0,82 |
| Geesthaacht | 4 | 4,00 | Elbe | 0,24 |
| Güdingen | 4 | 2,41 | Lahn | 1,37 |
| Rothenfels | 4 | 5,26 | Main | 2,02 |
| Kachlet | 4 | 9,80 | Donau | 0,07 |
| Schlüsselburg | 4 | 4,50 | Weser | k.A. |
| Viereth | 4 | 6,00 | Main | 1,94 |



Bildquellen: BAW

DANKE



Dr.-Ing. Jörg Bödefeld

joerg.boedefeld@baw.de

+49 721 9726 - 3140

www.baw.de