

## Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

von A. Panenka<sup>1</sup>, J. Sorgatz<sup>2</sup> und J. Kasper<sup>3</sup>

### Abstract

Dieser Artikel stellt ein interdisziplinäres Forschungsprogramm im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit von Verkehrsinfrastrukturen vor. Das vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) initiierte Programm zielt darauf ab, die zugrunde liegenden risikotragenden Faktoren, ihre Indikatoren und resultierenden Entscheidungskriterien zu beleuchten. Am Beispiel der Bundeswasserstraßen in Deutschland wird der innovative Ansatz veranschaulicht.

### 1 BAW: Fachwissen über Wasserstraßen in Deutschland

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) mit ihrer über 100-jährigen wissenschaftlichen Tradition auf dem Gebiet der Wasserbautechnik befasst sich mit einer Vielzahl anspruchsvoller Aufgaben. Vorgängerinstitution des BAW war die Königliche Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, die 1903 in Berlin gegründet wurde.

Der BAW wurde ein technisch-wissenschaftlicher Auftrag übertragen, der alle Bereiche der Wasserstraßentechnik im Zusammenhang mit den Bundeswasserstraßen abdeckt. Der BAW wurde auch die Verantwortung für den Bau von Spezialschiffen für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) übertragen. Darüber hinaus übernimmt das BAW die Bauplanung von Spezialschiffen für andere zivile Bundesbehörden. Heute ist die BAW von ihrem Hauptsitz in Karlsruhe und ihren Büros in Hamburg aus tätig.

## 2 Das BMVI-Expertennetzwerk: Ein interdisziplinärer Ansatz

### 2.1 Hintergrund

In Deutschland haben die Infrastrukturanlagen einen Investitionswert von rund 430 Milliarden Euro. Die Berücksichtigung der Transportleistung macht den Mehrwert eindrucksvoll deutlich. Neben dem Personenverkehr spielt der Güterverkehr mit seinen rund 655 Milliarden Tonnenkilometern eine zentrale Rolle. Um die Verkehrsleistung zu sichern, sind Investitionen dringend erforderlich. Angesichts der Notwendigkeit, ein belastbares und umweltfreundliches Verkehrssystem in Deutschland zu konzipieren und aufzubauen, geht das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) innovative Wege. Im BMVI-Expertennetzwerk (ExpNW) bündelt sie die Erfahrungen und Kompetenzen ihrer Ressortforschungseinrichtungen und Exekutivagenturen unter dem Leitbild "Wissen - Können - Handeln". Das im Januar 2016 gegründete Netzwerk ist ein neues Format der Ressortforschung, das sich aus sieben Ressortforschungseinrichtungen und Exekutivagenturen des BMVI zusammensetzt (vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR 2017).

Die kooperierenden Institutionen sind:

- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Bundesanstalt für Wasserbau und Gewässerforschung (BAW)
- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Bundesamt für Güterverkehr (BAG)
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Eisenbahn-Bundesamt (EBA)

### 2.2 Aufbau des ExpNW

Das ExpNW umfasst fünf unterschiedliche Themenfelder (siehe Abbildung 1). Jeder dieser Bereiche ist in mehrere Schwerpunktthemen (SPT) unterteilt, die sich mit bestimmten Interessengebieten befassen. Auf administrativer Ebene stellt der Lenkungsausschuss die direkte Verbindung zur Leitungsebene von Regierungs- und Ressortbehörden sowie Verwaltungen her. Unterstützt vom wissenschaftlichen Arbeitsstab sorgt die Gesamtkoordination für eine reibungslose Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Parteien, indem er die Verwaltungs- und Organisationsarbeit leitet.

---

1 Abteilung Bautechnik, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), [andreas.panenka@baw.de](mailto:andreas.panenka@baw.de)

2 Abteilung Geotechnik, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), [julia.sorgatz@baw.de](mailto:julia.sorgatz@baw.de)

3 Abteilung Wasserbau im Binnenbereich, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), [julia.kasper@baw.de](mailto:julia.kasper@baw.de)

# Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

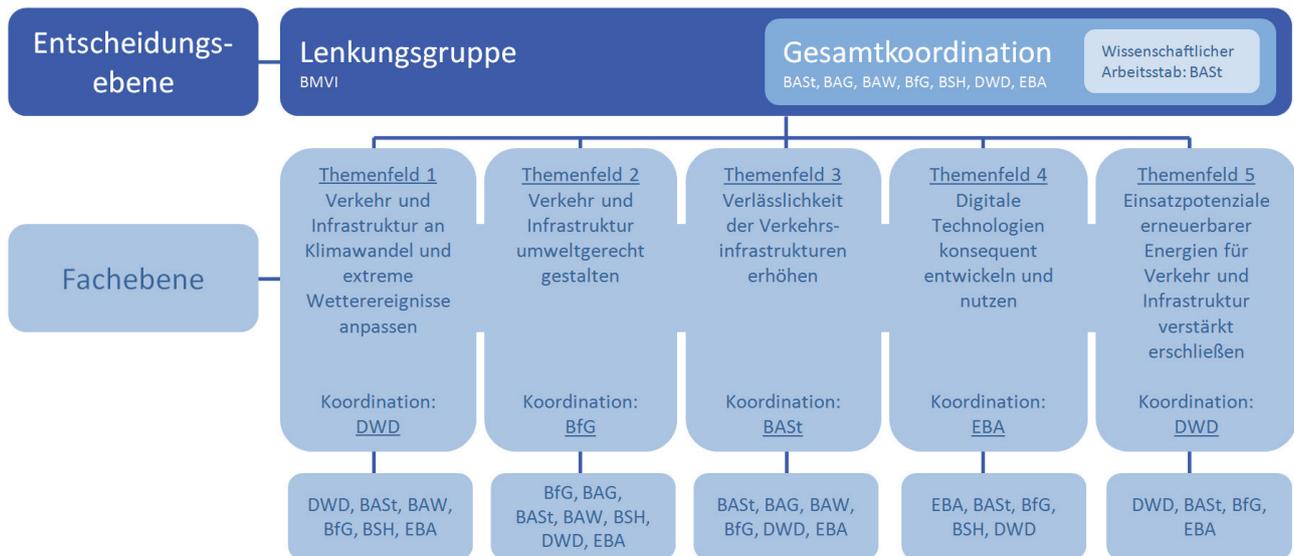


Abbildung 1: Das BMVI-Expertenetzwerk Wissen-Können-Handeln

## 2.3 Die BAW als Teil des interdisziplinären Ansatzes

Als technischer Berater des BMVI ist die BAW Teil des ExpNW. Die Forschungsaktivitäten des BAW berücksichtigen die besonderen Anforderungen an die Wasserstraßeninfrastruktur. Das ExpNW finanziert derzeit 10 FuE-Projekte und 12 Forschungsstellen der BAW. Jedes der Projekte ist einem spezifischen Forschungsgebiet zugeordnet, das bestimmte Aspekte zum Verständnis der risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien im Zusammenhang mit Ingenieurbauwerken abdeckt.

### Themenfeld 1: Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen

Innerhalb des Themenfelds 1 werden die durch Klimaveränderungen und extreme Wetterereignisse bedingten Verwundbarkeiten für Verkehr und Infrastruktur bestimmt und darauf aufbauend entsprechende Anpassungsoptionen entwickelt. Hierbei ist die Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen und den Folgen des Klimawandels sowie eine nachhaltige Nutzbarkeit der Verkehrsinfrastruktur von besonderer Bedeutung. Durch die Vernetzung des Expertenwissens von DWD, BSH, BfG, BAW, EBA und BAST werden die jeweiligen spezifischen Kenntnisse zur Klimaentwicklung mit praxisbezogenem Wissen zu den drei Verkehrsträgern Straße, Schiene und Wasserstraße zusammengeführt.

Das Themenfeld 1 gliedert sich in neun Schwerpunktthemen, die sich mit der Bereitstellung von Daten bzw. mit konkreten Gefährdungen beschäftigt. Hierzu zählen Hochwasser, Sturm, Hangrutschun-

gen und wasserstraßenspezifische Gefährdungen. Die Ergebnisse gehen in ein Risikomanagementsystem ein, welches ebenfalls weiterentwickelt wird. Hinsichtlich der projizierten Auswirkungen des Klimawandels werden Anpassungsoptionen entwickelt und getestet, sowohl für einzelne Verkehrsträger als auch verkehrsträgerübergreifend. In zwei Fokusregionen Küste und Binnen werden die Simulationsmodelle und Analysemethoden angewendet und validiert.

Die BAW ist in allen Schwerpunkten vertreten und trägt ihre Erfahrung sowie die im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse insbesondere aus Analysen numerischer Modelluntersuchungen bei.

### Themenfeld 2: Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten

Das Themenfeld 2 hat das Ziel den Verkehr und die Infrastruktur nachhaltig und umweltgerecht zu entwickeln. Dieses Ziel wird aufgeteilt in 5 Schwerpunkten verfolgt, die sich der Biodiversität und Strukturvielfalt an den Verkehrswegen, dem Problem von invasiven Arten (Neobiota), die durch den Verkehrsträger eingeschleppt und verbreitet werden, den verkehrsbedingten stofflichen Belastungen, den bau- und bauwerksbedingten Emissionen und Immissionen und der Minderung der Geräusch- und Lärmemissionen widmen. Die BAW ist mit einem Projekt im Schwerpunkt 203 beteiligt, in dem betriebliche und technische Optimierungen in der Binnenschifffahrt zur Verminderung von Emissionen erarbeitet werden. Hierzu wird das fahrdynamische Modell FaRAO zur Simulation von Binnenschiffen eingesetzt und um ein spezielles Motorenmodell erweitert, das auch die Emissionen eines Binnenschiffs bei unterschiedlichen Betriebs-

# Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

---

punkten des Motors nachbilden kann. Zur Kalibrierung und Validierung des Motorenmodells sollen Schiffs- und Motordaten messtechnisch unter realen Betriebsbedingungen erhoben werden. Die mit FaRAO berechneten Emissionen sollen zuletzt auf den Schiffsverkehr in einer Pilotstrecke im Bereich des Duisburger Hafens hochgerechnet werden. Im Schwerpunkt 203 soll in einem letzten Schritt die Ausbreitung der Emissionen aller Verkehrsträger mithilfe eines Luftschadstoff-Transportmodells mit chemischen Reaktionsgleichungen modelliert werden.

## **Themenfeld 3: Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastruktur erhöhen**

Die Zuverlässigkeit der Infrastrukturen wird als wesentlicher Bestandteil eines robusten Verkehrssystems angesehen. Der Großteil des deutschen Verkehrsnetzes besteht aus Bauwerken, die vor mehreren Jahrzehnten errichtet wurden und die einer kontinuierlichen Wartung und Modernisierung bedürfen. Eine Kombination aus alternder Infrastruktur, veränderter bzw. allgemein höherer Verkehrsbelastungen sowie Umweltstressoren erhöhen die Risiken, die von den Bauwerken ausgehen. In diesem Zusammenhang waren die bisherigen Anstrengungen zur Instandhaltung der Bauwerke bei weitem nicht ausreichend und führten zu einem erheblichen Investitionsstau.

Deshalb untersucht Themenfeld 3 Methoden und Konzepte, die dazu beitragen können, die Zuverlässigkeit der Verkehrsinfrastruktur wieder zu erhöhen. Zuverlässigkeit ist definiert als "die Fähigkeit einer Struktur oder eines Bauteils, die spezifizierten Anforderungen zu erfüllen, einschließlich der Lebensdauer, für die sie ausgelegt ist." (DIN EN 1990:2010) Diese Definition impliziert, dass funktionale Anforderungen (d.h. Grenzzustände), strukturelles Verhalten, aktuelle und zukünftige Verkehrslastszenarien sowie mögliche Schädigungsprozesse über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks allgemein bekannt und messbar sind sowie bewertet werden können. In der Folge muss ein effektives Instandhaltungsmanagement auch unvermeidbare Unsicherheiten berücksichtigen, die mit diesen Aspekten verbunden sind.

Themenfeld 3 besteht aus vier Schwerpunktthemen (siehe Abbildung 2 und Kap. 3):

- modernste Feldtestmethoden zur Beurteilung des Zustands der Infrastruktur nach neuestem Stand der Technik
- qualitative und quantitative Werkzeuge zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Bauwerken.

- Verfügbarkeit und Anfälligkeit der Infrastruktur bei extremen Wetterereignissen
- Bauen unter Betrieb

Insgesamt zielen diese Schwerpunktthemen auf die Entwicklung eines proaktiven und zukunftsorientierten Instandhaltungsmanagementsystems ab, das dazu beiträgt, die Zuverlässigkeit der Verkehrsinfrastruktur in Deutschland zu erhöhen (siehe PANENKA et. al 2018).

## **Themenfeld 4: Digitale Technologien konsequent entwickeln und nutzen**

Ziel des Themenfeldes 4 ist es, durch eine Vernetzung der Ressortforschung und Fachbehörden des BMVI die digitalen Technologien positiv zu beeinflussen. Der thematische Schwerpunkt liegt somit in der konsequenten Nutzung der Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologien mit einem Fokus auf die interbehördliche Zusammenarbeit im Bereich der Informationsbereitstellung und IT Nutzung. Das Themenfeld befindet sich derzeit noch in einer Konzeptionsphase, die von der BAW im Beobachterstatus begleitet wird.

## **Themenfeld 5: Einsatzpotentiale Erneuerbarer Energien für Verkehr und Infrastruktur verstärkt erschließen**

Im Themenfeld 5 werden die verschiedenen Einsatz- und Gewinnungspotentiale erneuerbarer Energien in einem intermodalen Ansatz für Verkehr und Infrastruktur erschlossen. Ein verkehrsträgerübergreifendes Pilotprojekt zu dieser Thematik wird mit Beteiligung von DWD, BfG, BAST und EBA zunächst den Nutzen der gemeinsamen Forschung in diesem Themenfeld aufzeigen. Die beteiligten Oberbehörden arbeiten zusammen, um Konzepte für eine deutlich verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien in der Verkehrsinfrastruktur und beim Betrieb von Wartungs- und Instandhaltungsfahrzeugen zu erstellen. Optionen und Empfehlungen werden entwickelt, damit die Verkehrsträger Wasserstraße, Schiene und Straße in Zukunft verstärkt ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten können. BAW und BAG werden das Themenfeld weiter begleiten.

## **3 Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastruktur erhöhen**

Die Infrastruktur der Wasserstraßen weist eine große Anzahl von sehr unterschiedlichen Bauwerken auf. Die Reduzierung der aus diesen Strukturen resultierenden Risiken erfordert daher fundierte technische Kenntnisse und adäquate Bewertungsinstrumente. Für eine effiziente Risikobewertung sind aussagekräftige Indikatoren für die Tragfähigkeit

# Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

in Kombination mit zusätzlichen Datenquellen wie Geographische Informationssysteme (GIS) oder präzise Wettermodelle unerlässlich. Die Kombination aller Informationen ermöglicht ein Verständnis über die risikotreibenden Faktoren. Dies hilft dann bei der Definition von wesentlichen Kriterien, anhand derer über notwendige Instandsetzungsmaß-

nahmen entschieden werden kann. Dieses Wissen steigert die Nachfrage nach neuen Technologien und Methoden, die dazu beitragen können, sowohl die tatsächlichen Auswirkungen disruptiver meteorologischer Ereignisse auf die Infrastruktur als auch die potenziellen Risiken möglicher Ausfallszenarien zu reduzieren.

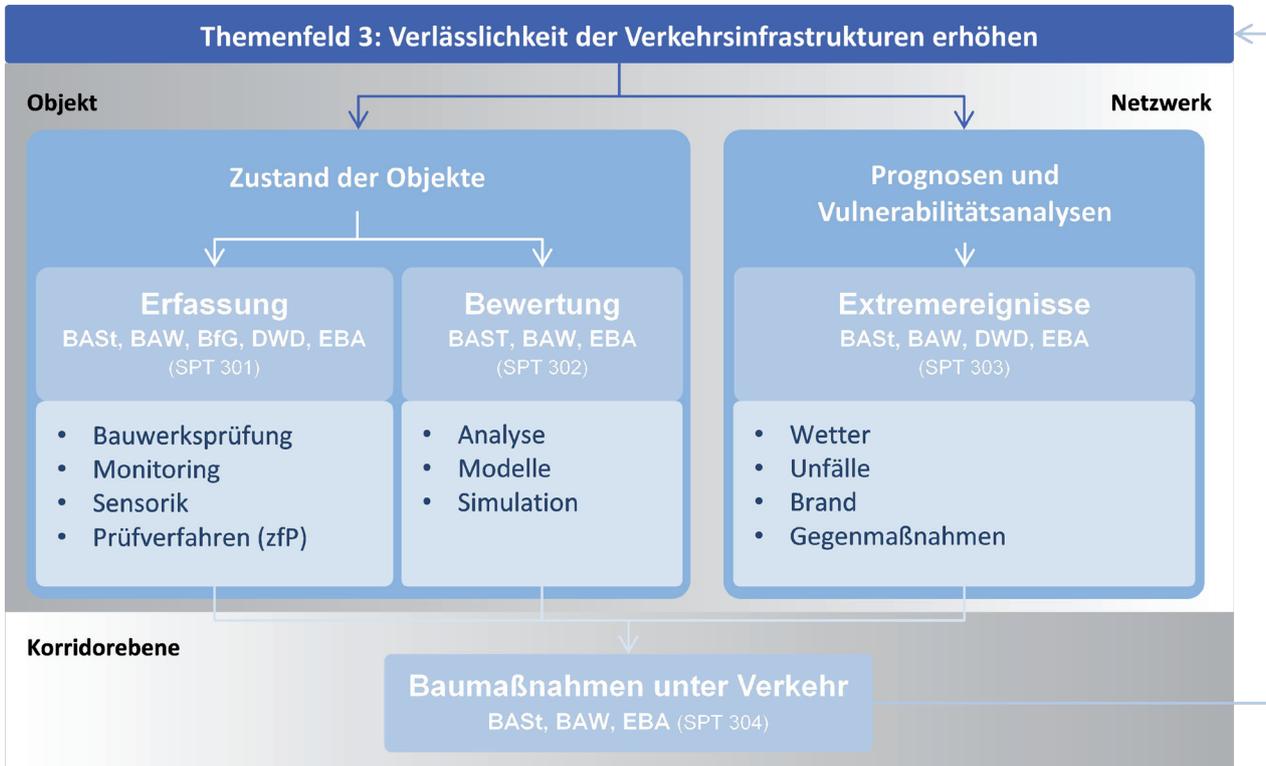


Abbildung 2: Organigramm von Themenfeld 3

In diesem Zusammenhang zeigen die interdisziplinären Forschungsaktivitäten von Themenfeld 3 (siehe Abbildung 2) im ExpNW erste Ergebnisse, die insbesondere die Notwendigkeit einer Verbesserung der Zuverlässigkeit von Wasserstraßeninfrastrukturen verdeutlichen.

### 3.1 Reduzierung der Auswirkungen disruptiver Ereignisse durch eine vorausschauende Wasserstandsregelung

Der Wasserstand an deutschen Wasserstraßen unterliegt oft einer genau vorgeschriebenen Wasserstandsregelung. Störende Ereignisse für die automatisierte Wasserstandsregelung dieser staugeordneten Wasserstraßen werden oft durch seitliche Zuflüsse verursacht, deren Abflussmenge unbekannt ist (z.B. Regenwasserüberläufe aus städtischen Gebieten nach Starkregenereignissen). Um Überschreitungen der Wasserstandstoleranz zu vermeiden und Abflussschwankungen zu reduzieren, entwickelt die BAW eine neue Regelungsstrategie. Eine intelligente Wasserstandsregelung sollte auf einem Modell des aufgestauten Flussabschnitts,

hochauflösenden Niederschlagsvorhersagen für städtische Einzugsgebiete und der Kommunikation zwischen benachbarten Stauhaltungen basieren (KASPER, J. et al. 2017). Der Entwicklungsprozess dieses vorausschauenden Regelungskonzepts zeigt die Vorteile einer engen Zusammenarbeit zwischen Institutionen mit Kompetenzen in Meteorologie, Wasserbau und Regelungstechnik.

Wesentliche Risikofaktoren sind die Vorhersagegenauigkeit von Extremniederschlägen und damit der präzise Steuerungsanteil der resultierenden Abflüsse. Je höher die Differenz ist zwischen sommerlichem Niedrigwasserabfluss und der Entlastung nach einem Starkregenereignis, desto höher ist die Belastung der Wasserstandsregelung. Der wichtigste Indikator für eine gut funktionierende Regelung ist das Ausmaß der Wasserstands- und Abflussschwankungen an den Wasserstraßen.

Abbildung 3 zeigt eine schematische Darstellung der vorausschauenden Wasserstandsregelung. Ein Niederschlags-Abflussmodell schätzt den zukünftigen Seitenzufluss anhand einer wahrschein-

## Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

lichkeitsbasierten Wettervorhersage des DWD. Basierend auf diesen Vorhersagen und der Informationen über die oberwasserseitige Stauhaltung berechnet das von AMANN et al. (2000) entwickelte modellhafte prädiktive Steuerungssystem mit Hilfe von Optimierungsverfahren den idealen Wasserstand und die Abflustrajektorien. Auf diese Weise werden Schwankungen im Abfluss homogenisiert,

was die Zuverlässigkeit der betroffenen Verkehrsinfrastruktur und damit die Sicherheit der Schifffahrt erhöht. Für die Staustufe Hofen am Neckar wird ein Pilotprojekt durchgeführt. Die Wahl fiel auf diese Staustufe, weil der seitliche Zufluss aufgrund von extremen Niederschlagsereignissen in der Sommersaison deutlich größer sein kann als der Abfluss der Wasserstraße.

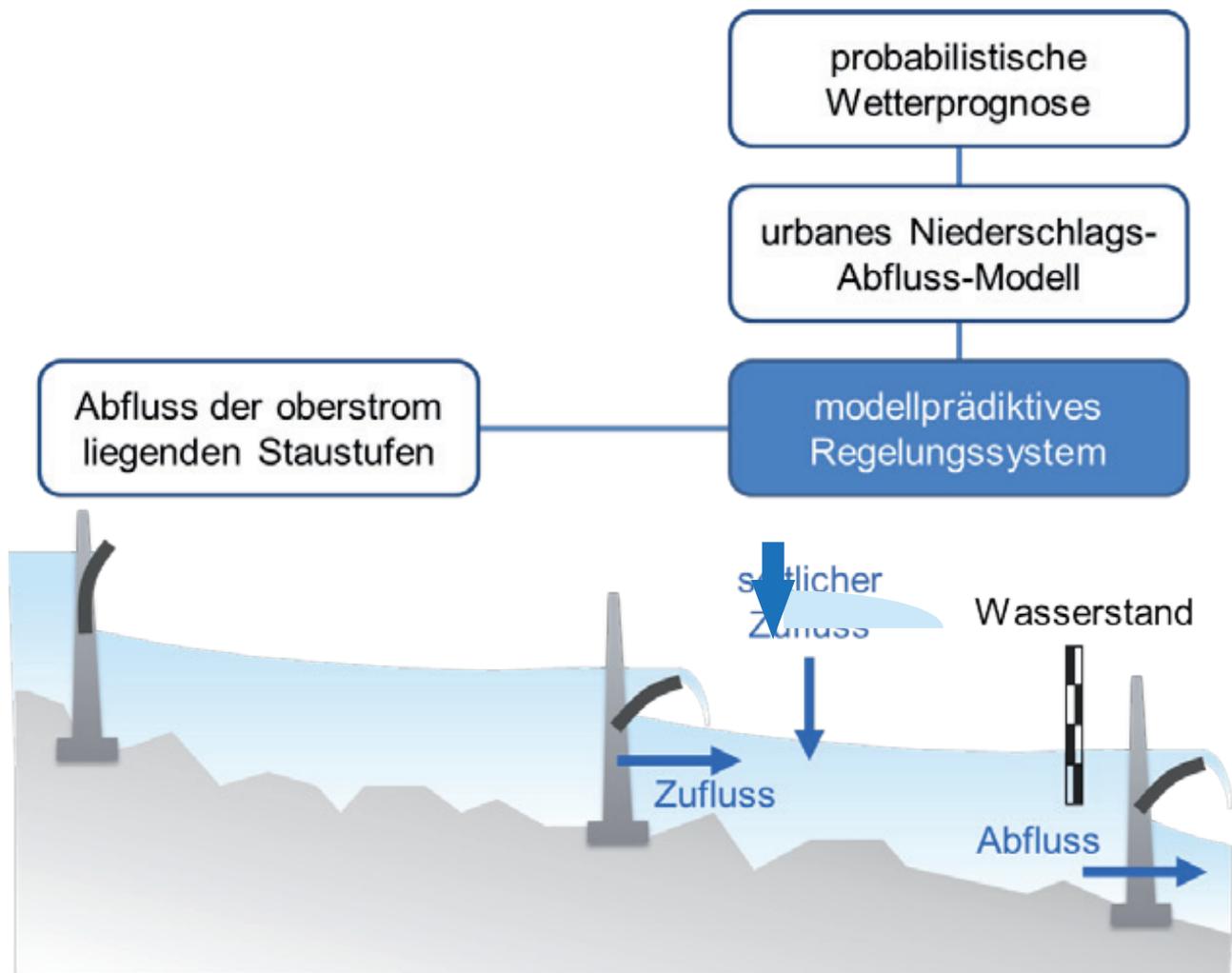


Abbildung 3: Schematische Darstellung der vorausschauenden Wasserstandsregelung

Die Beurteilung von Alterungsprozessen und Schadensentwicklung ist ein wesentlicher Bestandteil einer Zuverlässigkeitsanalyse. Beide sind jedoch abhängig von stark variierenden Anfangs- und Randbedingungen am jeweiligen Bauwerk. Daher ist eine Erhebung und Nutzung des vorhandenen Expertenwissens unerlässlich. Sogenannte Leitfadeninterviews (z.B. BOGNER, A. et al. 2009; MILES, M. B. et al. 2014) wurden zur Planung eines großmaßstäblichen Modellversuchs einer Uferböschung eingesetzt. Die Interviews wurden durchgeführt, um die langfristige Schadensentwicklung von Schüttsteindeckwerken und deren Ursachen zu analysieren (SORGATZ, J. 2018). Basierend auf den Ergebnissen der Expertenbefragungen wurde

der Modellversuch konzipiert (siehe Abbildung 4) und das Modell in einem Wellenbecken der BAW errichtet. In verschiedenen Versuchsreihen konnte schließlich der durch hydraulische Belastungen hervorgerufene Verlauf einer Deckwerkschädigung nach einem Initialschaden beobachtet werden. Ergänzt wird die Arbeit durch Berechnungen mit modernen Methoden der Zuverlässigkeitsanalyse unter Verwendung analytischer und numerischer Berechnungsmodelle (z.B. BAECHER, G.B. & CHRISTIAN, J.T. 2003) sowie durch LangzeitNaturmessungen. Zur Überwachung von Steinverlagerungen werden ein Laserscanner und die Structure-from-Motion-Technik (SfM), eingesetzt.

# Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

Das Forschungsvorhaben nutzt sowohl moderne ingenieurwissenschaftliche Ansätze als auch etablierte Methoden der Sozialwissenschaften. Der interdisziplinäre Ansatz des Projekts stieß innerhalb des ExpNW auf großes Interesse. Darüber hinaus

ist es ein hervorragendes Beispiel dafür, wie verschiedene Datenquellen und Expertenwissen kombiniert werden können, um fundiertes technisches Wissen zu erwerben, das schließlich zu einer fundierten ingenieurtechnischen Lösung führt.

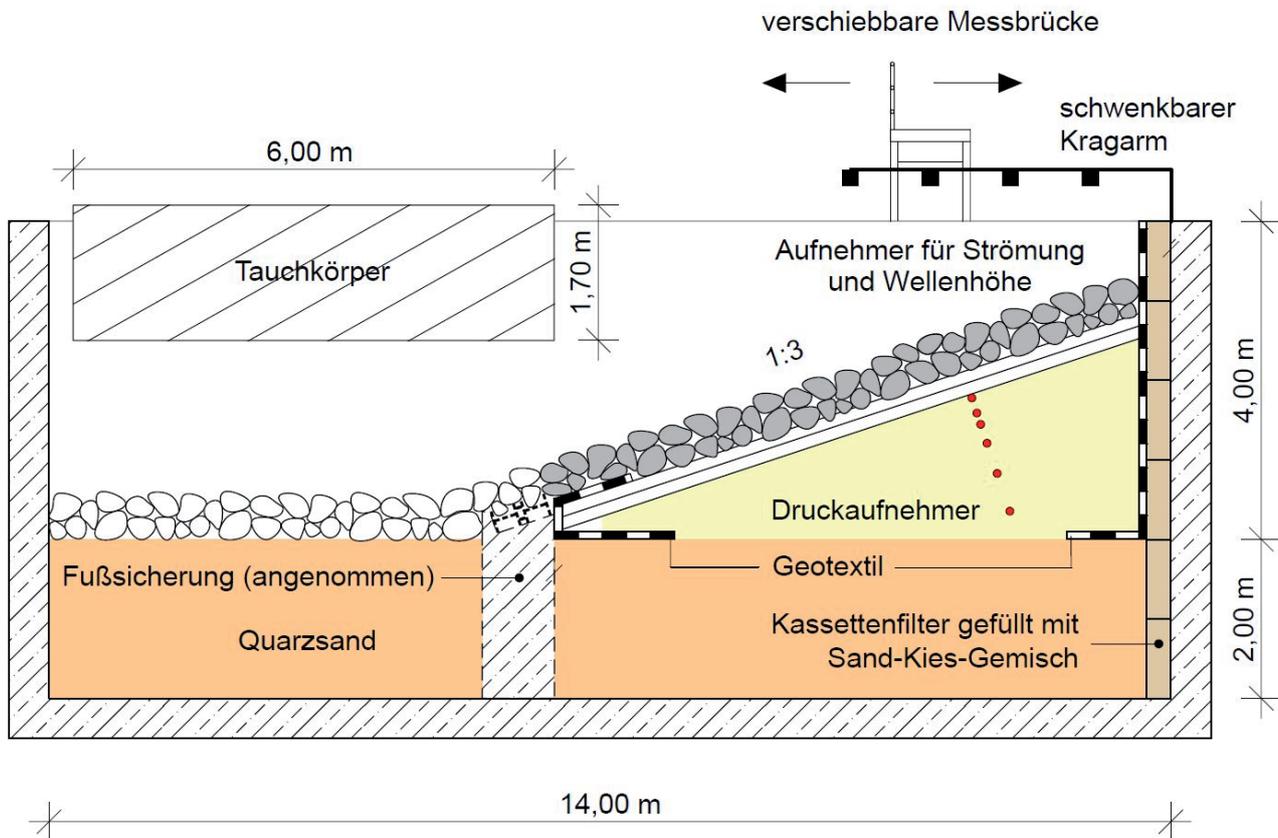


Abbildung 4: Aufbau des Modellversuchs im Wellenbecken der BAW

## 3.2 Risikoabschätzung bei Ingenieurbauwerken basierend auf deren Zustand

Die detaillierte, d.h. quantitative, Beurteilung der Zuverlässigkeit von Bauwerken ist eine komplexe Aufgabe. Soll eine große Anzahl von Bauwerken bewertet werden, stellt sich daher die Frage nach der Machbarkeit. Im Maschinenbau werden häufig qualitative Methoden eingesetzt, um die Zuverlässigkeit von Prozessen und Produkten zu beurteilen. Diese Methoden sind für Bauingenieure weitgehend unbekannt, erweisen sich aber bei der Analyse von Daten aus Bauwerksinspektionen und Expertenwissen als vorteilhaft. Dafür wurde die weit verbreitete Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) angepasst, um die bereits im Instandhaltungsmangementsystem der WSV verfügbaren Daten zu nutzen (siehe Abbildung 5). Die FMEA ist eine sys-

tematische und induktive Methode. Die Grundidee ist es, mögliche Ausfallmodi eines Systems, eines Systemkomponente oder einer Produktkomponente zu finden und zu bewerten. Ebenso werden mögliche Fehlerfolgen und Fehlerursachen identifiziert. Am Ende des Verfahrens stehen eine Risikobewertung und die Festlegung von Optimierungsmaßnahmen. Ziel der Methode ist es, Risiken und Schwachstellen so früh wie möglich zu erkennen, um Verbesserungen frühzeitig umzusetzen (BERTSCHE, B. & LECHNER, G. 2004). Darüber hinaus ermöglicht die Methode die Berücksichtigung sowohl qualitativer als auch quantitativer Daten. Die Risikobewertung führt zu einem Ranking der identifizierten Fehlermodi und unterstützt die Priorisierung von Optimierungsmaßnahmen für die effektivste Verbesserung der Ist-Situation.

## Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

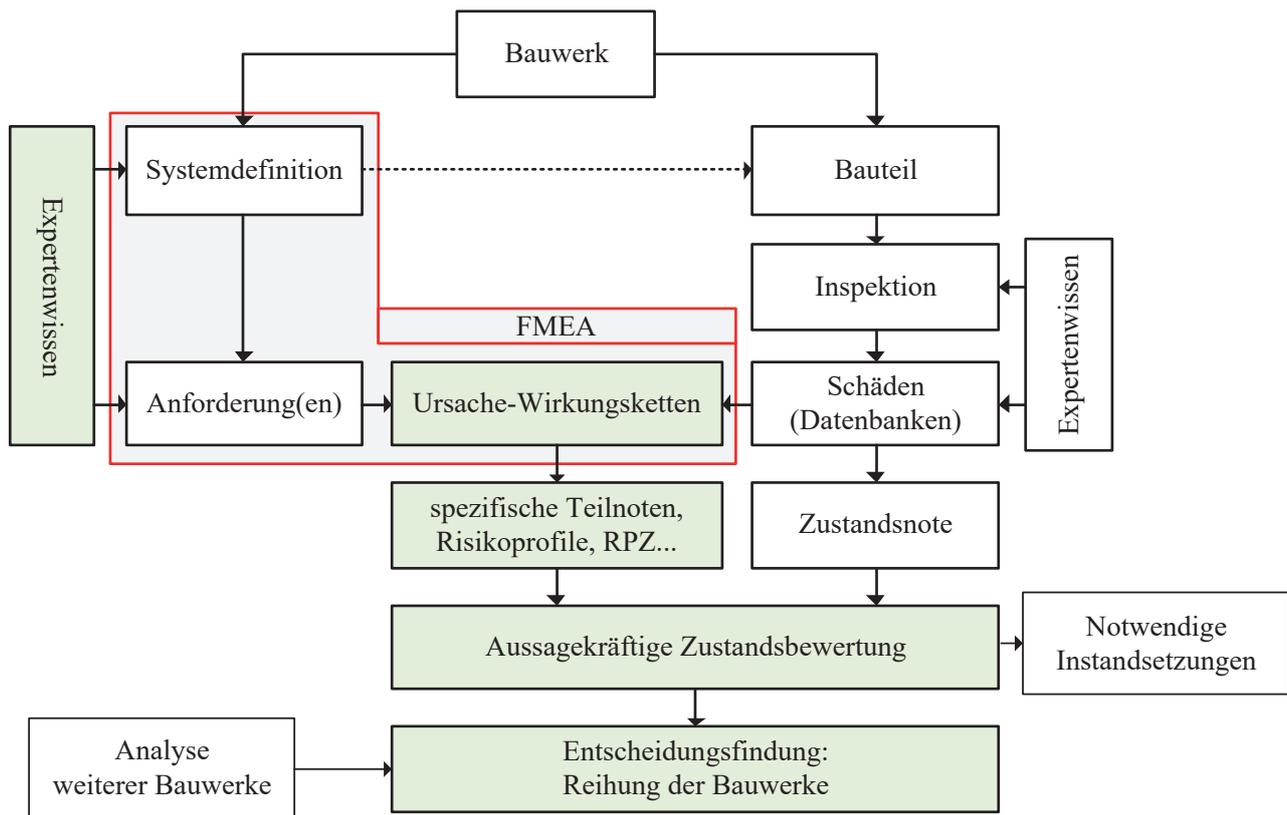


Abbildung 5: FMEA als Teil der Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken

Die klassische FMEA wurde im Rahmen der Forschungsarbeiten um eine auf Fuzzy Logik basierte Bewertungsmethode erweitert, die umfassende Kennzahlen für eine vergleichende Risikobewertung für eine Vielzahl von Strukturen liefert (PANENKA, A. & NYOBEU F., 2018a). In einem zweiten Schritt können darauf aufbauend verschiedene Strukturen verglichen werden (PANENKA, A. & NYOBEU F., 2018b). Dazu werden die Ergebnisse in einem

sogenannten Risikoprofil des Bauwerks zusammengefasst (siehe Abbildung 6). Je höher das Risikoprofil, desto risikobehafteter ist der Zustand der Struktur. Diese qualitative Risikobewertung hilft dann im Entscheidungsprozess über weitere Maßnahmen wie z.B. die Intensivierung von Sanierungsmaßnahmen oder die Installation einer intelligenten Wasserstandsregulierung, um die Belastung durch Schwankungen des Wasserstands zu reduzieren.

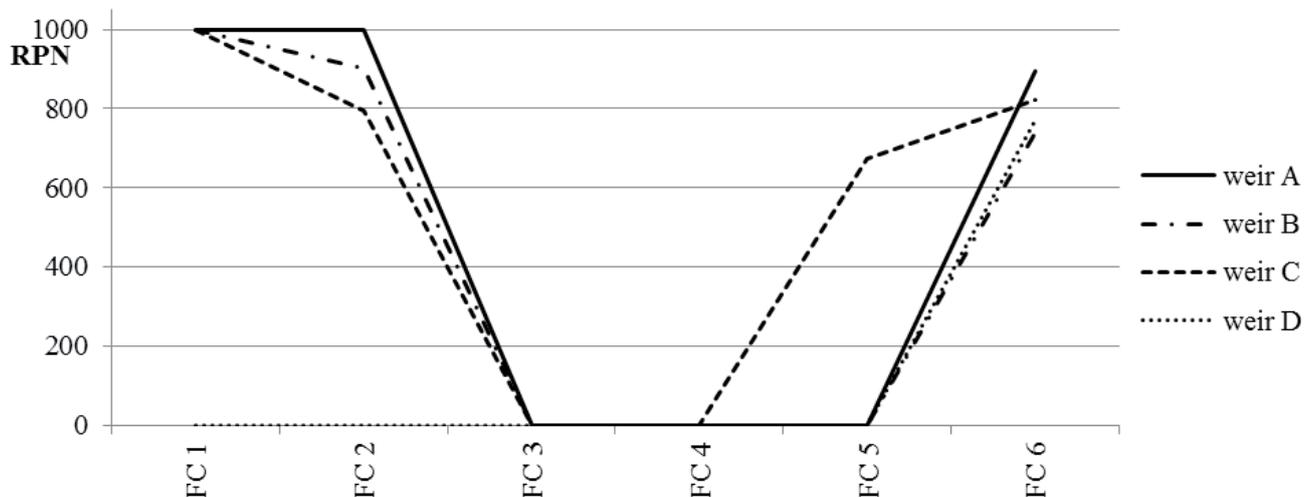


Abbildung 6: Risikoprofile von 4 Wehrbauwerken anhand 6 unterschiedlicher Fehlerursachen

# Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

---

## 4 Zusammenfassung

Die vorgestellten Projekte zeigen den Nutzen interdisziplinärer Forschungsansätze im Hinblick auf das Verständnis der risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien. Die bisher erzielten Ergebnisse ergänzen die laufende Diskussion über effiziente Investitionsstrategien zur Reduktion der Risiken, die mit einer alternden Infrastruktur einhergehen. Auf diese Weise tragen die Forschungsaktivitäten der BAW dazu bei, den dringend erforderlichen Abbau des Instandhaltungsrückstandes und damit eine zuverlässige, hochverfügbare Infrastruktur zu erreichen.

Das ExpNW ist ein zukunftsweisender Ansatz zur Bündelung der Stärken von Forschungseinrichtungen und Behörden. Begleitet werden die Forschungsarbeiten von zukunftsorientierten Roadmaps für die einzelnen Themen und einem umfassenden Strategieplan. Auf der technischen Ebene werden Kontakte geknüpft und eine gemeinsame methodische und technologische Wissensbasis aufgebaut. Auf der Entscheidungsebene werden die notwendigen Organisationsstrukturen und -prozesse entwickelt und an die Bedürfnisse der an den Projekten beteiligten Experten angepasst. Bereits in dieser frühen Phase des ExpNW wurden mehrere Hürden in der Zusammenarbeit über Behördengrenzen hinweg überwunden. Erste Veröffentlichungen auf nationaler und internationaler Ebene sind in Vorbereitung oder werden in Kürze veröffentlicht. In den Jahren 2018 und 2019 werden verstärkt wissenschaftliche und politische Veranstaltungen durchgeführt, um die Vorteile des BMVI-Expertennetzwerks an die Betreiber von Verkehrsinfrastrukturen und an politische Entscheidungsträger zu kommunizieren.

Die Projekte werden fortlaufend auf [www.bmvi-expertennetzwerk.de](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de) präsentiert.

## Danksagung

Die in diesem Artikel beschriebenen Forschungsarbeiten werden durch das BMVI-Expertennetzwerk, ein vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) initiiertes multidisziplinäres Forschungsprogramm, finanziert und unterstützt.

## Literaturverzeichnis

Amann, K.-U., Arnold, E. & Sawodny, O. (2016): Online realtime scheduled model predictive feedforward control for impounded river reaches applied to the Moselle river. In: 2016 IEEE International Conference on Automation Science and

Engineering (CASE): 1276–1281. IEEE, Fort Worth, Texas, USA, 21 – 24 August 2016.

Baecher, G. B. & Christian, J. T. (2003). Reliability and statistics in geotechnical engineering. Wiley, Chichester

Bertsche, B. & Lechner, G. (2004). Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau. Ermittlung von Bauteil- und System-Zuverlässigkeiten. Berlin, Springer Verlag, Heidelberg

Bogner, A. et al (Eds.) (2009). Interviewing Experts. Palgrave Macmillan, Basingstoke

DIN EN 1990:2010. Eurocode - Basis of structural design. Beuth, Berlin

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017). BMVI-Expertennetzwerk: Wissen-Können-Handeln. BMVI, Berlin, online verfügbar: <http://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Publikationen/Medien/Brochure-Expertennetzwerk.pdf>

Kasper, J., Simons, F., Belzner, F. & Schmitt-Heiderich, P. (2017): Einfluss von Starkregenereignissen auf die Abfluss- und Stauregelung am Beispiel der Neckarstauhaltung Hofen. In: Modellierung aktueller Fragestellungen zur Wassermengenbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Veranstaltungen 5/2017, Koblenz, Germany, 13 – 14 September 2016

Miles, M. B. et al. (2014): Qualitative data analysis. A methods sourcebook (3. ed.), Sage Publ, Los Angeles, Calif.

Panenska, A. et al. (2018). Reliability assessment of infrastructure in Germany: Approaching a holistic concept. In Caspeelee, R. et al. (ed.): 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2018). Proc. intern. symp, Ghent, 28 – 31 October 2018; not yet published.

Panenska, A. & Nyobeu, F. (2018a). Maintaining an aging infrastructure based on a fuzzy risk assessment methodology. In Qian, X. D. et al. (ed.): 6th International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management. Proc. intern. symp, Singapore, 31 may – 1 June 2018; not yet published

Panenska, A. & Nyobeu, F. (2018b). Condition assessment based on results of qualitative risk analyses. In Caspeelee, R. et al. (ed.): 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Enginee-

## Risikotreibenden Faktoren, ihrer Indikatoren und der daraus resultierenden Entscheidungskriterien: Der interdisziplinäre Ansatz in Deutschland

---

ring (IALCCE 2018). Proc. intern. symp, Ghent, 28 – 31 October 2018; not yet published

Schmidt-Bäumler, H. (2017). Risk-based maintenance management system for waterway infrastructures in Germany. In Bakker, J. et al. (ed.) Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure: 559-566. London: Taylor & Francis Group

Sorgatz, J. & Kayser, J. & Schüttrumpf, H. (2018): Expert interviews in long-term damage analysis. In Caspeele, R. et al. (ed.): 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, Ghent, 28 – 31 October 2018; not yet published

Sorgatz, J. & Leismann, K. (2018): Damage assessment of bank revetments using SfM and 3D laser scanning. In Qian, X. D. et al. (ed.): 6th International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management. Proc. Intern. Symp, Singapore, 31 May – 1 June 2018; not yet published

Stamatis, D.H. (2003). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. ASQ Press, Milwaukee

Westoby, M. J. et al. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry. A low-cost, effective tool for geoscience applications. In: Geomorphology 179: 300–314