



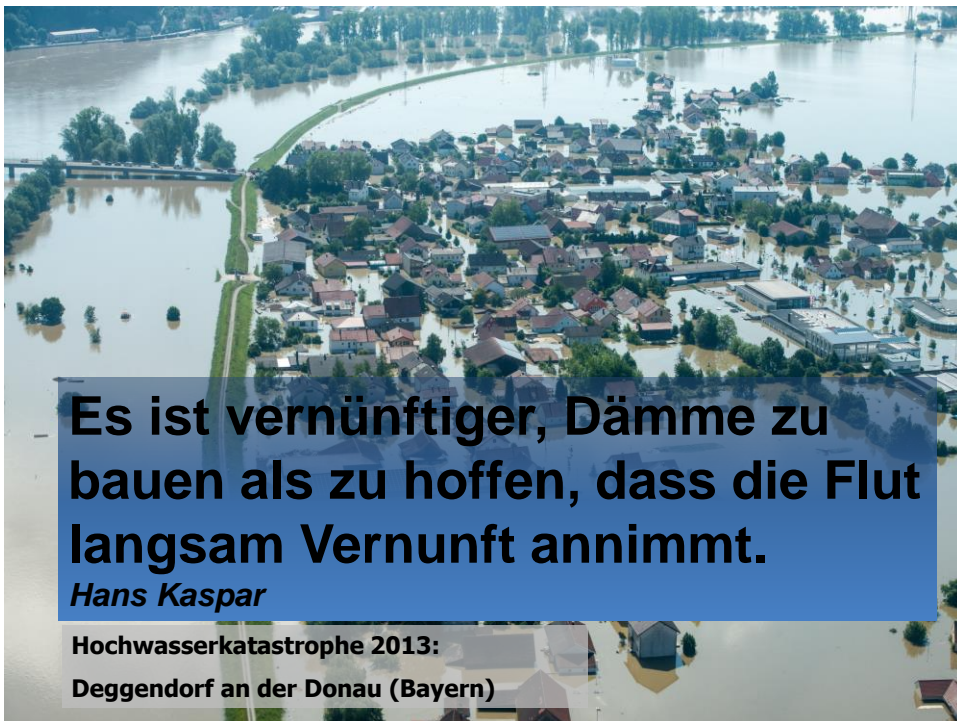
  
MINISTERIUM  
FÜR EIN  
LEBENSWEERTES  
ÖSTERREICH  
WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG

## VOM INTEGRALEN SCHUTZSYSTEM ZUM „SCHUTZ SYSTEM ENGINEERING“:

Weiterentwicklung der Grundsätze des Naturgefahren-  
Ingenieurwesens

Privatdozent Dr. Florian Rudolf-Miklau

München, 13. Oktober 2015





## INHALT DES VORTRAGS

- Denken in Schutzsystemen:  
Vom klassischen Schutzkonzept zum Schutzsystem-Engineering
- Komplexe Schutzsysteme:  
Charakterisierung, Komponenten, Lebensphasenmodell
- Konkretisierung komplexer Schutzsysteme:  
2 Beispiele: Hochwasserschutz, Lawinenschutz
- Instrumente des Schutzsystem-Engineering





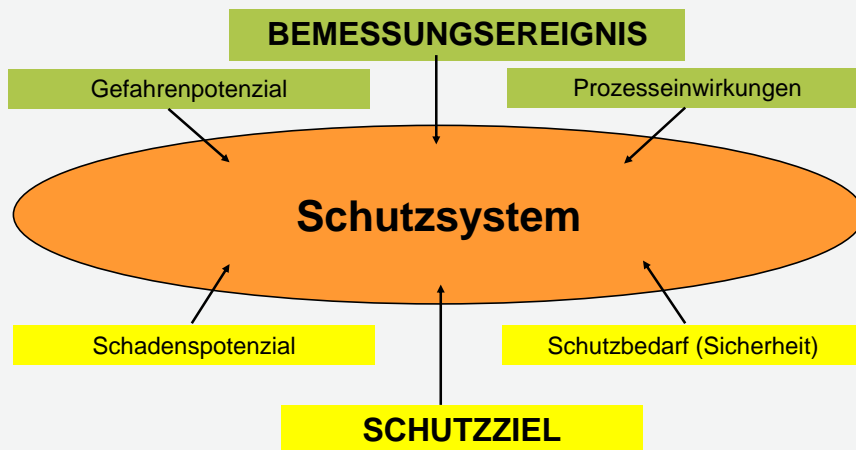
## DENKEN IN SCHUTZSYSTEMEN:

### VOM INTEGRALEN SCHUTZKONZEPTE ZUM SCHUTZSYSTEM-ENGINEERING

--- 5 ---

München, 13. Oktober 2015

## SCHUTZSYSTEME GEGEN NATURGEFAHREN



--- 6 ---

München, 13. Oktober 2015

## DEFINITIONEN

### Schutzsystem

iSd Definition der ONR 24800 (4.6.3.10.6) eine technisch, funktional oder räumlich abgegrenzte Menge von zusammenwirkenden Maßnahmen, die dem Schutzziel – in der Regel die Reduktion der Gefahren und Risiken auf ein akzeptables Ausmaß – dient.

### Schutzkonzept

eine Strategie zur möglichst effektiven und wirtschaftlichen Kombination aller relevanten Maßnahmen. (ONR 24800, 4.5.2.6).

### Schutzmaßnahmen

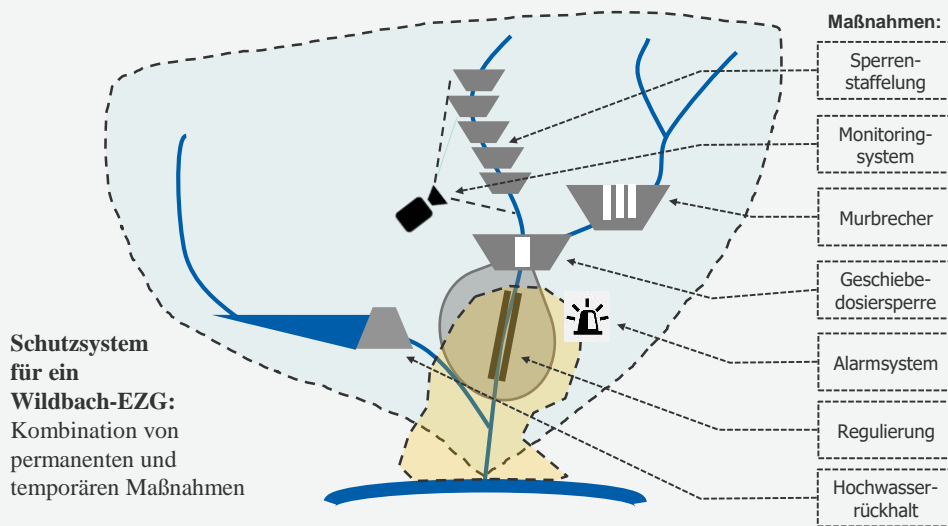
Summe aller Maßnahmen, mit denen die Sicherheit vor Naturgefahren erhöht werden kann. (ONR 24800, 4.5.2.1).

Im klassischen Verständnis planerische, technische, biologische und organisatorische Maßnahmen, im weiteren Sinne auch Rechtsnormen und wirtschaftliche Instrumente.

--- 7 ---

München, 13. Oktober 2015

## SCHUTZSYSTEM WILDBACHVERBAUUNG: BEISPIEL



--- 8 ---

München, 13. Oktober 2015



## KLASSISCHE SCHUTZKONZEPTE

z.B. „Hochwasserschutz“ nach DIN 4047-2:1988 oder „Wildbachverbauung“ nach ONR 24800:2009

→ zielen in erster Linie auf die Vorbeugung eines Gefahrenpotenzials durch strukturelle (bauliche) Maßnahmen ab.

→ sind aus mehreren Gründen in ihrer Anwendung **limitiert**:

- **Zeitlich**: eingeschränkter Fokus der Projekte auf die Planungs- und Ausführungsphase; Betrieb, Erhaltung und Abtrag untergeordnet
- **Kausal**: linearer Planungsprozess, ausgerichtet auf ein definiertes Schutzziel; Wechselwirkung mit anderen gesellschaftlichen Zielen und Nutzungsansprüchen untergeordnet
- **Ausmaß der Schutzwirkung**: gewährleistete Sicherheit bis zum Ausmaß eines Bemessungsereignis bestimmter Jährlichkeit (z.B. HQ100); Versagensrisiko bei Überschreitung (Katastrophenfall) nur tw. berücksichtigt
- **Sektoral**: isolierte Betrachtung einzelner Gefahrenarten oder Sektoren der Naturgefahrenprävention (z.B. Hochwasserschutz), Wechselwirkung mit anderen Naturgefahren untergeordnet, ...

München, 13. Oktober 2015



## INTEGRALE SCHUTZSYSTEME

basieren auf einer die gesamtheitlichen Kombination aller (strukturellen und nicht-strukturellen) Schutzmaßnahmen in einem Schutzkonzept, ausgerichtet auf die Reduktion der Risiken auf ein akzeptables Ausmaß (Restrisiko).

Die Planung und Umsetzung von **Schutzsystemen** beschränkt sich nicht auf einen rein technischen Vorgang, sondern hat auch

- rechtliche,
- politische,
- sozio-ökonomische und
- ökologische Dimensionen.

→ Folge: **Hohe Komplexität der Schutzsysteme** mit vielschichtiger Interaktion mit der Systemumwelt (Natur, Gesellschaft).

--- 10 ---

München, 13. Oktober 2015

## INTEGRALE SCHUTZSYSTEME: BEISPIELE



--- 11 ---

München, 13. Oktober 2015

## WARUM SCHUTZSYSTEM-ENGINEERING?

Die **Komplexität multifunktionaler Schutzziele** erfordert eine Weiterentwicklung der Schutzkonzepte und damit verbundenen Ingenieurplanungen hin zu einem → „**Systemansatz**“.

**Anforderungen** an das «Design» von Schutzsystemen:

- Ausrichtung der Schutzsystem an den technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Anforderungen → Wirkungsorientierung entsprechend der Sicherheitserwartung der „Kunden“ und dem gesellschaftlichen Zielrahmen
- Laufende Optimierung von Schutzsystemen auf Grundlage von Monitoring, Evaluierung und Dokumentation der Systemfunktion, Anpassung an den Rechtsrahmen, den „Stand der Technik“, die Wirtschaftsziele, die gesellschaftliche Akzeptanz und die ökologische Verträglichkeit
- Optimale Integration in bestehende oder nächst höhere Schutzsysteme
- Laufende Qualitätssicherung der Schutzleistung einschließlich des Risikomanagements für ein Systemversagen
- Nachhaltigkeit der Schutzsysteme: Ausrichtung auf den gesamten Lebenszyklus

--- 12 ---

München, 13. Oktober 2015



## KOMPLEXE SCHUTZSYSTEME:

CHARAKTERISIERUNG,  
KOMPONENTEN,  
LEBENSPHASENMODELL

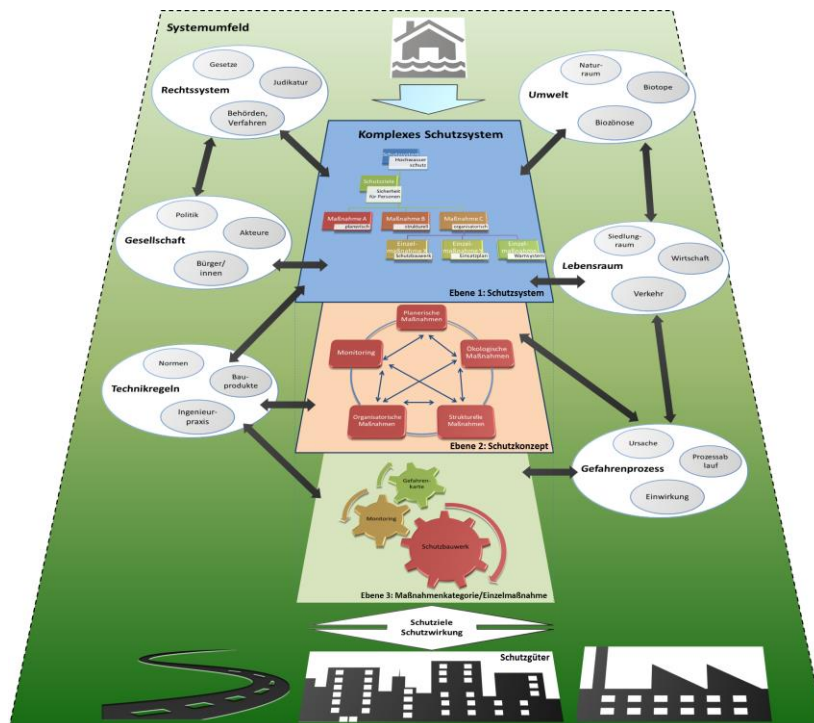
## KOMPLEXE SCHUTZSYSTEME: UMFELD, GLIEDERUNG

Schutzsysteme stehen in ihrem **Umfeld** (Gesellschaft, Naturraum) in **Interaktion mit anderen Systemen** (Rechtssystem, politisches System, Regeln der Technik, Naturgefahrenprozesse, Umwelt) und sind auf **multifunktionale Ziele** (Schutzziele, Umweltziele, Wirtschaftsziele, gesellschaftspolitische Ziele) ausgerichtet.

Sinnvoll ist weiters eine **hierarchische Gliederung von Schutzsystemen**, um die Wechselbeziehungen zwischen den Maßnahmen bzw. des Schutzsystems mit den Umsystemen besser darstellen und analysieren zu können:

- **Ebene 1:** Integrales (abstraktes) Schutzsystem → z.B. Hochwasserschutz der Region Wachau (Donau)
- **Ebene 2:** Konkretes (räumlich oder funktional abgegrenztes) Schutzsystem oder Systemteile → Zusammenwirken verschiedener Maßnahmen mit permanenter und temporärer Wirkung
- **Ebene 3:** Maßnahmenkombination und Einzelmaßnahme, z.B. Hochwasserdammssystem oder Wildbachsperre

München, 13. Oktober 2015





## „ADDEND VALUE“ DES SCHUTZSYSTEMANSATZES

- Differenzierte Betrachtung der Schutzwirkung der Maßnahmen: Funktion, Wirkungsdauer, aufeinander aufbauende (kaskadische) Schutzwirkung; differenzierte Lebensdauer der Systemkomponenten
- Kombination von Maßnahmen, für die unterschiedliche Rechtsgrundlagen, Technikregeln, Erhaltungspflichten (-strategien) und Betriebssicherheitskriterien gelten
- Berücksichtigung der Interessen einer Mehrheit von Begünstigten und Betreibern mit divergierenden Sicherheitserwartungen, Nutzungsansprüchen, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und -bereitschaft
- Kombination baulicher, mechanischer, mechatronischer und digitaler Komponenten mit unterschiedlicher Lebensdauer (auch Material bezogen), Robustheit, Wartungsanforderungen und Ausfallrisiken
- Kombination von Maßnahmen mit unterschiedlichem Erhaltungszustand und Funktionserfüllungsgrad; mit unterschiedliches Versagensrisiko im Überlastfall und differenzierten Sicherheitsredundanzen

--- 17 ---

München, 13. Oktober 2015

## LEBENSPHASENMODELL VON SCHUTZSYSTEMEN

setzt die Betrachtung eines Schutzsystems über alle Phase  
**von der Initiierung bis zum Verfall oder der Erneuerung**  
in eine zeitliche und kausale Abfolge.

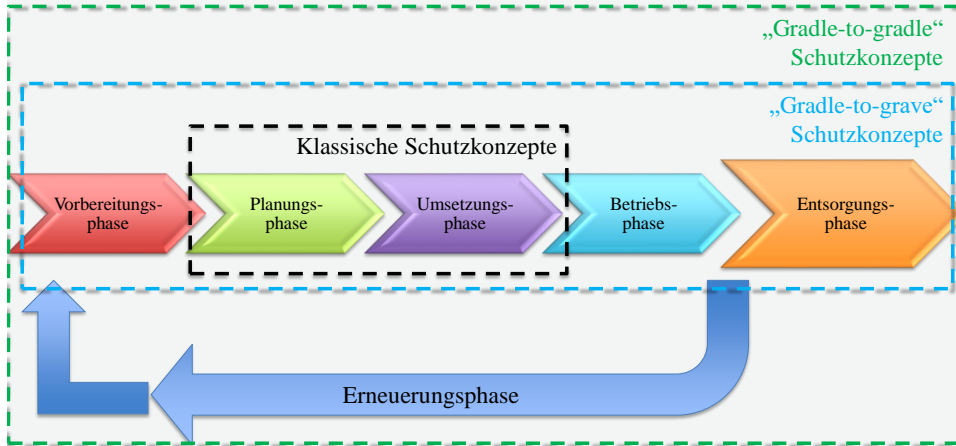
Das Lebensphasenmodell ermöglicht

- für jede Phase die Zuordnung und Überprüfung von Systemkomponenten, Maßnahmen, organisatorische Aufgaben, Investitionen oder Qualitätskriterien.
- eine vorausschauende Analyse der Systemfunktionen, mit der Hilfe mögliche Funktionsmängel, Fehlerquellen und negative Wechselwirkungen offen gelegt werden können.
- eine verbesserte Prognose über die technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen der Schutzmaßnahmen, die erst in einer späteren Phase und in einem anderen Raum-Zeit-Kontext wirksam werden.

--- 18 ---

München, 13. Oktober 2015

## LEBENSZYKLUSMODELL VON SCHUTZSYSTEMEN





## KONKRETISIERUNG KOMPLEXER SCHUTZSYSTEME:

### 2 BEISPIELE - HOCHWASSERSCHUTZ, LAWINENSCHUTZ

## KONKRETISIERUNG KOMPLEXER SCHUTZSYSTEME

Zur Veranschaulichung komplexer Schutzsystem zwei Beispiele:

- Mobiler Hochwasserschutz
- Kombiniertes technisches Lawinenschutz

Charakteristisch für beide Beispiele ist die Kombination von Maßnahmen mit unterschiedlicher Wirkungsweise, Einsatzzeit und Lebensdauer, die üblicherweise hinsichtlich der Rechtsgrundlagen, Zuständigkeit der Institution, Planungsprozess und Betreiberpflichten aufgesplittet sind. Die Abstimmung aller dieser Maßnahmen (Komponenten) in einem gesamtheitlichen Schutzkonzept ist bisher kaum etabliert, entsprechend komplex gestalten sich die Finanzierung, der Betrieb und die Erhaltung dieser Schutzsysteme.

## BEISPIEL 1: MOBILER HOCHWASSERSCHUTZ

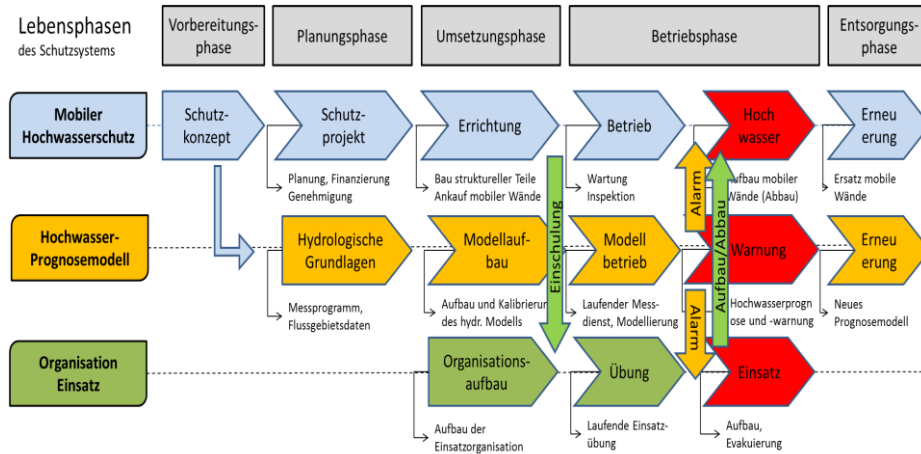
Nach den Hochwasserkatastrophen 2002 und 2005 wurden an der Donau in Ober- und Niederösterreich Siedlungsräume mit **mobilem Hochwasserschutz** (Hochwasserleitwände) temporär gesichert, die bei vorhersehbaren Flutwellen errichtet werden.

Voraussetzung der Effizienz dieser Maßnahme ist eine Koppelung **mobiler Leitwände** mit

- einem Hochwasserprognosemodell,
- einem Warn- und Alarmsystem und
- den organisatorischen Voraussetzungen für den Aufbau der Anlagen durch die örtlichen Feuerwehren.



## BEISPIEL MOBILER HOCHWASSERSCHUTZ



## BEISPIEL 2: KOMBINIERTER LAWINENSCHUTZ

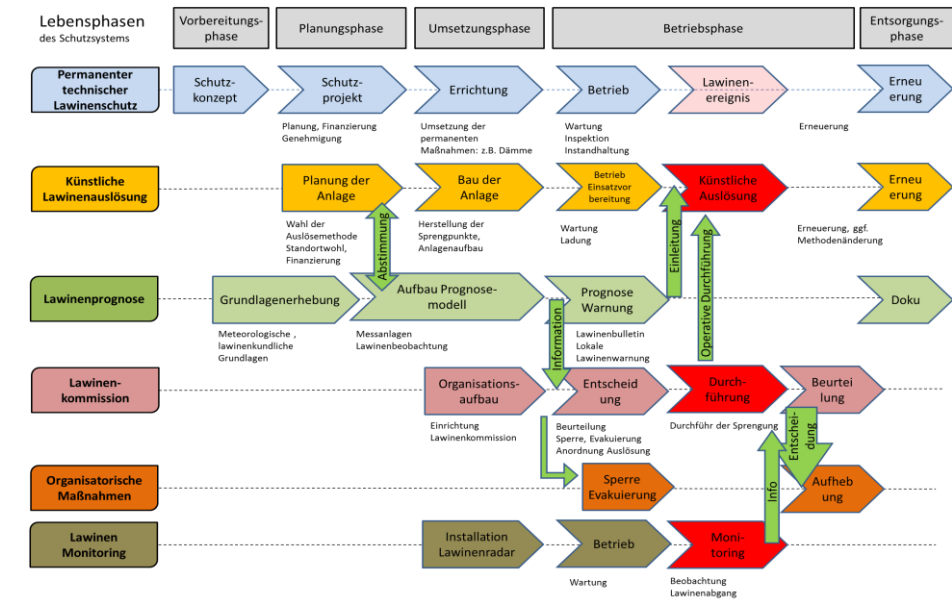
Auch im Lawinenschutz für Verkehrswege werden zunehmend **strukturelle Lawinenschutzmaßnahmen** (Anbruchverbauung, Leitdämme, Lawingalerien) mit Anlagen zur **künstlichen Lawinenauslösung** kombiniert.

Letztere erfordern für einen wirkungsvollen Einsatz

- eine verlässliche Lawinenprognose,
- organisatorische Sicherheitsmaßnahmen (Sperrungen, Evakuierung),
- den Betrieb durch eine sach- und ortskundige Lawinenkommission sowie
- ein Wirkungsmonitoring mittels Lawinenradar.



## BEISPIEL KOMBINIERTER LAWINENSCHUTZ





## INSTRUMENTE DES SCHUTZSYSTEM- ENGINEERING

## INSTRUMENTE DES SCHUTZSYSTEM-ENGINEERING

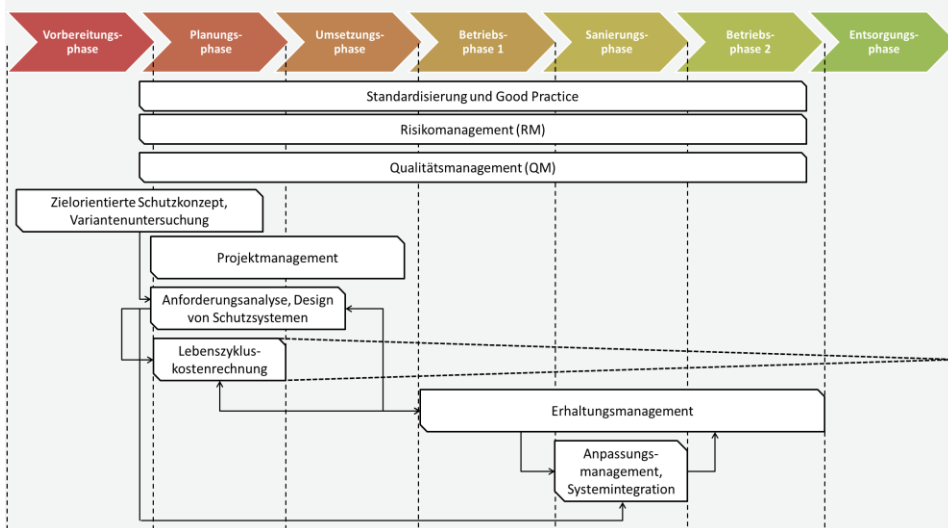
Das Management von großen und komplexen Schutzsystemen erfordert aufgrund der Komplexität eine systematische Erweiterung dieser klassischen Instrumente des Naturgefahren-Ingenieurwesen im Sinne der Grundsätze des „Systems Engineering“ um folgende Funktionen:

- Multifunktionale Schutzziele, Variantenplanung
- Sektor übergreifendes Projektmanagement
- Anforderungsanalyse und -design von Schutzsystemen
- Lebenszykluskostenrechnung
- Erhaltungsmanagement
- Technisches Anpassungsmanagement, Systemintegration
- „Allphasen“-Instrumente: Standardisierung, Risikomanagement, Qualitätsmanagement

--- 31 ---

München, 13. Oktober 2015

## INSTRUMENTE DES SCHUTZSYSTEM-ENGINEERING



--- 32 ---

München, 13. Oktober 2015



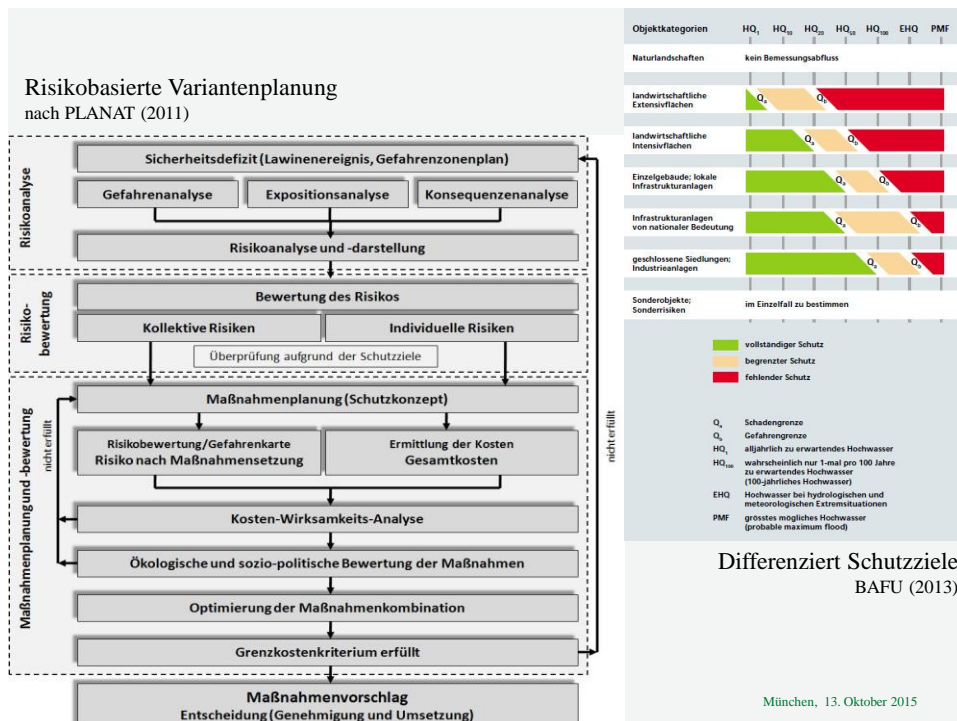
## MULTIFUNKTIONALE SCHUTZZIELE, VARIANTEN

### Multifunktionale Schutzziele als Teil eines gesellschaftlichen Zielrahmens.

Der Ansatz ermöglicht

- die Ausrichtung der Schutzsysteme (mit einer Mehrheit von Akteuren) nach divergierenden, individuellen Risikobewertung, Sicherheitserwartung und Bereitschaft zur Kostenbeteiligung der Nutznießer von Schutzmaßnahmen
- die Differenzierung der Schutzziele, abgestimmt auf die unterschiedlichen Nutzenkategorien und den Wert der Schutzgüter sinnvoll.

Eine **Variantenoptimierung des Schutzkonzepts** in einem formalisierten Planungsprozess (z.B. risikobasierte Variantenplanung nach PLANAT, Schweiz) kann beispielsweise durch einen auf der Risikobewertung aufbauenden Vergleich aller sinnvollen Varianten erfolgen, der sich aus der Risikoreduktion vor und nach Umsetzung der Maßnahmen für eine angenommene Exposition der Schutzgüter ergibt.



## SEKTOR ÜBERGREIFENDES PROJEKTMANAGEMENT

Steuerung und Koordination der Planung und Umsetzung von komplexen Schutzsystemen mit multifunktionalen Schutzziele, räumlich und zeitlich unterschiedlich wirksamen Maßnahmen sowie einer Mehrheit aus Akteuren.

Eine besondere Herausforderung stellt Projektmanagement bei Planung und Umsetzung von Schutzsystemen

- mit uneinheitlicher Rechtsgrundlage,
- einer Mehrheit von rechtlich und wirtschaftlich voneinander unabhängigen Akteuren und Betreibern sowie
- einer langen, unstrukturierten Umsetzungszeitraum dar.

Erfolgreiches Projektmanagement setzt voraus, dass komplexe Schutzsysteme zunächst von allen Akteuren als Projekteinheit aufgefasst werden und eine Vereinbarung über die Projektleitung (-steuerung) erzielt wird.



## ANFORDERUNGSANALYSE UND -DESIGN

Die **Anforderungsanalyse** für Schutzsysteme zielt

- einerseits auf die Erfüllung der Kundenerwartung (Sicherheitsansprüche und Leistungsbereitschaft der Nutznießer und Betreiber, gesellschaftliche Risikoakzeptanz)
- andererseits auf die Entwicklung effizienter und fehlerarmer Systeme ab.

Kriterien für das **Anforderungsdesign** sind

- Technische Anforderungen: entsprechend Gefahrenprozess (Einwirkung) und Funktionserfüllung (Standicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit; Auswirkung auf Gefahrenzonen)
- Wirtschaftliche Anforderungen: Kosten- und Wirkungseffizienz
- Gesellschaftliche Anforderungen: „Kundenerwartung“ → Wirkungsorientierung
- Betriebs- und Wartungsfreundlichkeit der Anlagen
- Umweltverträglichkeit

--- 37 ---

München, 13. Oktober 2015



## LEBENSZYKLUSKOSTENRECHNUNG

ist eine Methode der Kostenkalkulation, die alle Phasen des Systemlebenszyklus hinsichtlich der darin anfallenden und somit zu unterschiedlichen Zeiten auftretenden Kosten berücksichtigt.

Die Kostenkalkulation für Schutzmaßnahmen ist traditionell auf die Planungs- und Bauphase begrenzt, während die Kosten der Betriebsausgaben und Instandhaltungskosten sowie der Sanierung häufig nicht berücksichtigt werden.

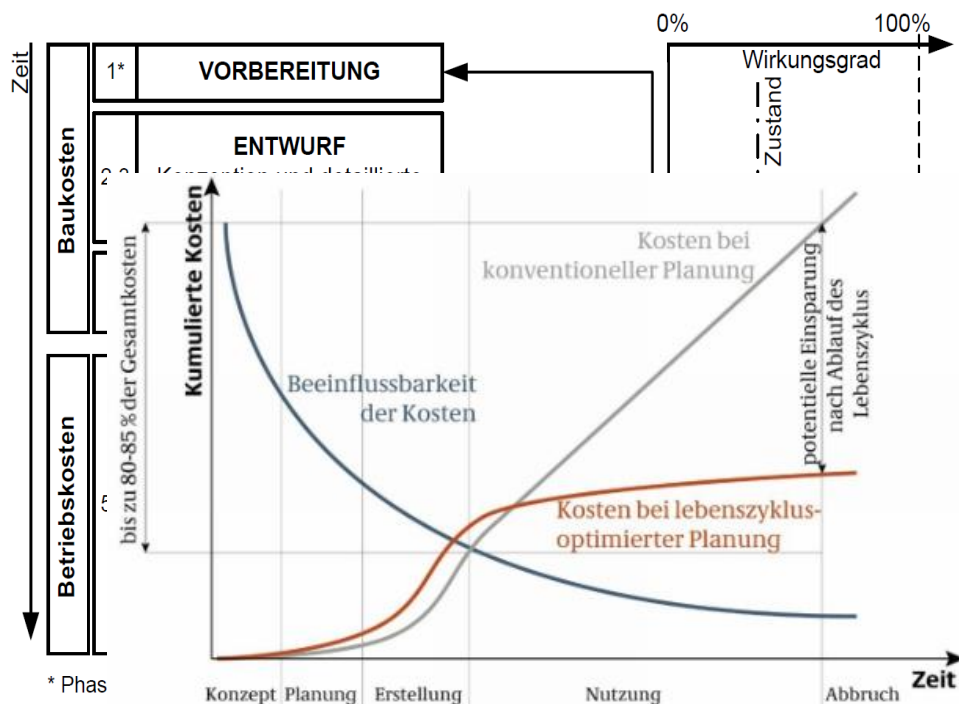
Je nach Funktion, Konstruktion und Betriebsaufwand eines Bauwerks (Anlage) können jedoch die Betriebs- und Erhaltungskosten über die Lebensdauer die reinen Baukosten deutlich übersteigen.

Für komplexe Schutzsysteme stellt daher die Lebenszykluskostenrechnung eine wichtige Funktion der wirtschaftlichen Planungssicherheit und „Kostenwahrheit“ von Schutzsystemen dar, insbesondere, wenn die Errichtungs-, Betriebs- und Erhaltungskosten von unterschiedlichen Personen zu tragen sind.

### → Lebenszyklusoptimierte Kostenplanung

--- 39 ---

München, 13. Oktober 2015



## ERHALTUNGSMANAGEMENT

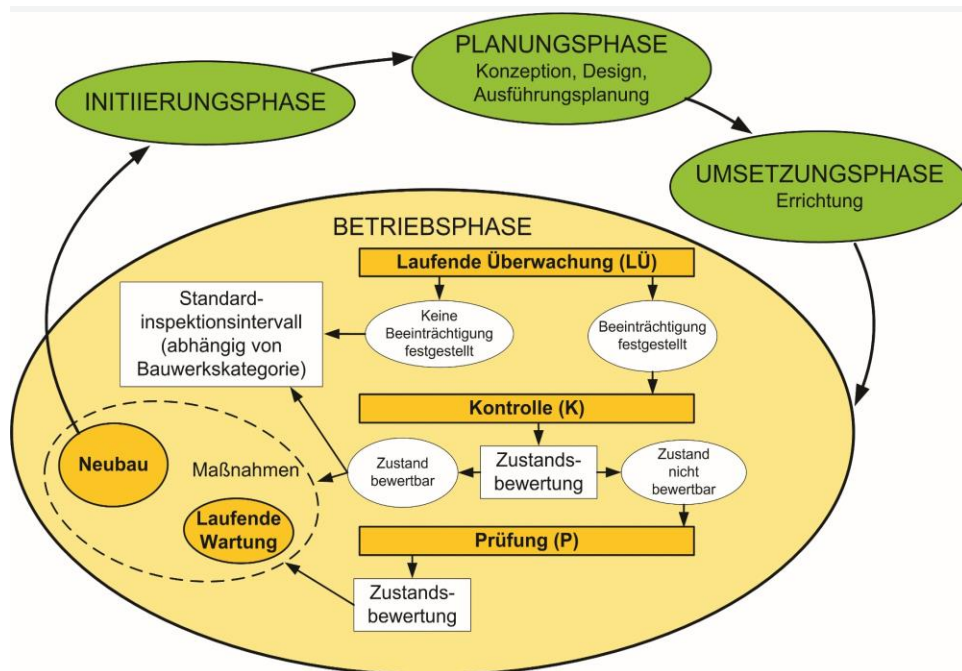
Voraussetzung für eine nachhaltige Wirkung von Schutzsystemen über die gesamte Lebensdauer ist die **kontinuierliche Inspektion und Zustandsbewertung** (einschließlich Funktionsbewertung) der Schutzbauwerke.

Die Ergebnisse der Zustandsbewertung bilden die Grundlage für

- die **Erhaltungsstrategie**,
- den Zeitpunkt und Umfang von **Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen**,
- die Identifikation und Umsetzung von **Verbesserungen am Schutzsystem** sowie d
- die Entscheidung über die **Behandlung der Maßnahme am Ende der Lebensdauer** (Erneuerung, Abtrag, kontrollierter Verfall).

→ Umsetzung eines standardisierten Erhaltungsmanagementsystems (z.B. nach ONR 24803 für Wildbachschutzbauwerke)

München, 13. Oktober 2015



## TECHNISCHES ANPASSUNGSMANAGEMENT, SYSTEMINTEGRATION

Schutzsysteme unterliegen aufgrund der sich ändernden Umweltbedingungen (insbesondere den Klimawandel), der Folgen und Konsequenzen von Extremereignissen, der technologische Entwicklungen und der notwendigen Anpassung an den Stand der Technik sowie geänderter Sicherheitserwartungen (Risikoakzeptanz) einem **ständigen Anpassungsbedarf**.

Das **Technische Anpassungsmanagement** steuert die Planung, zeitgerechte Umsetzung und Dokumentation dieser Adaptionen am Schutzsystem.

Die **Systemintegration** zielt auf die Neukonfiguration, Erweiterung und Neuausrichtung vorhandener Systeme im Rahmen einer Sanierungskampagne am Ende des ersten Lebenszyklus bzw. nach schweren Schäden infolge Extremereignissen ab. Weiters umfasst sie die Einbindung neuer Komponenten in bestehende Schutzsysteme.

--- 43 ---

München, 13. Oktober 2015

### Systemintegration Trattenbach (Salzburg):

Integration eines Rechens an eine bestehende Schlitzsperrre und Durchzüge zur Aussteifung der nicht standsicheren Vorfeldscheiben



## ALL-PHASEN INSTRUMENTE: NOSt, RM, QM

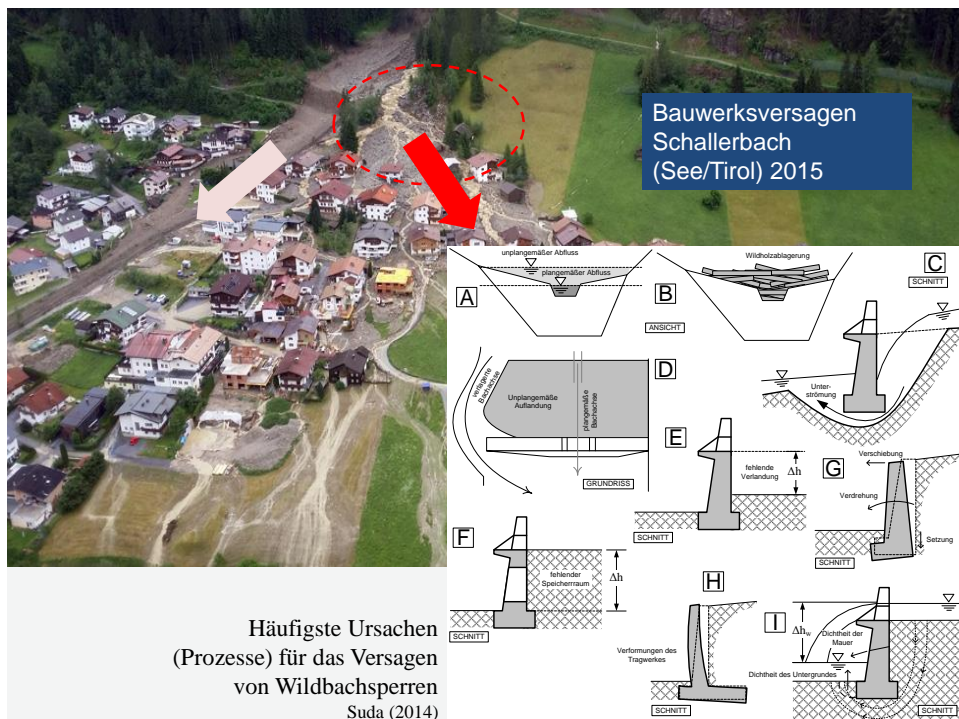
Komplexe Schutzsysteme, die eine Vielzahl von Planern, Akteuren, Betreibern und Verantwortlichen integrieren, erfordern allgemein anwendbare und verbindliche Technikregeln (**N**ormen, **S**tandards) sowie einen allgemein anerkannten „Stand der Technik“, um reibungslose und fehlerfreie Planungsprozesse und Schnittstellen sowie die Gewährleistung der Schutzfunktion sicher zu stellen.

Das **Risikomanagement (RM)** für Schutzsysteme ist ein Hilfsmittel, um potentielle Gefahren und Risiken für die Stabilität, Gebrauchstauglichkeit und Lebensdauer des Systems (Bauwerks) früh genug erkennen und Systemstörungen (-ausfälle) oder Systemversagen durch angemessene Maßnahmen und Sicherheitsreserven (-redundanzen) vorbeugen zu können.

**Qualitätsmanagement (QM)** umfasst planerische und betriebliche Maßnahmen für eine Nachhaltigkeit der Schutzfunktion.

--- 45 ---

München, 13. Oktober 2015





## ZUSAMMENFASSUNG

--- 47 ---

München, 13. Oktober 2015

## ZUSAMMENFASSUNG

**Komplexe Schutzsysteme** mit multifunktionalen Zielen, einer Mehrheit von Akteuren mit divergierenden Sicherheitserwartungen und Maßnahmen mit unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Wirkung erfordern

- die systematische Erweiterung der klassischen Planungs- und Umsetzungsprozesse des Naturgefahren-Ingenieurwesens im Sinne des „Systems Engineering“,
- die Ausrichtung der Maßnahmen auf den gesamten Lebenszyklus und Analyse der Wirkung nach dem Lebensphasenmodell,
- den Einsatz neuer Instrumente, wie z.B. Variantenplanung, Anforderungsanalyse, Lebenszykluskostenrechnung, Risikomanagement, Systemintegration oder Sektor übergreifendes Projektmanagement.

München, 13. Oktober 2015





**DANKE FÜR IHRE  
GESCHÄTZTE  
AUFMERKSAMKEIT!**