alpenkonvention • convention alpine
convenzione delle alpi • alpska konvencija

Tagung der Alpenkonferenz
Réunion de la Conférence alpine
Sessione della Conferenza delle Alpi
Zasedanje Alpske konference

XIV

10.08.2016

TOP / POJ / ODG / TDR

A4

DE

OL: EN

ANLAGE/ANNEXE/ALLEGATO/PRILOGA

2

alpenkonvention • convention alpine
convenzione delle alpi • alpska konvencija
www.alpconv.org

REPORT OF CHAIR OF THE PLATFORM
PLANALP on the mandate 2015-2016

1. Overview of mandate 2015 - 2016

Summary of the main mandate points
1. Knowledge transfer and exchange of natural disaster risk reduction practices within the Alpine region (summary included in meeting minutes); 2. Implementation of flood (risk) management plans –linking integrated risk management with disaster management by strengthening information availability and knowledge transfer (joint workshop with water platform); 3. Stimulating the dissemination and use of quality standards for natural hazard and risk mitigation in the Alpine region (to further disseminate and promote the brochure "Persistence of Alpine natural hazard protection" / "Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren" plus the recommendations flyer); 4. The role of women in natural hazard management focusing on the Alpine region (contribution to museum exhibition). The platform PLANALP operated under the presidency of Austria.

2. Meetings and activities

Report on activities carried out (including meetings, conferences)
• 2 – 3 October 2014 | 19th PLANALP meeting | Vaduz, Liechtenstein • 4 – 5 March 2015 | 20th PLANALP meeting | Salzburg, Austria • 12 October 2015 | 21st PLANALP meeting | Munich, Germany • 6 April 2016 | 22nd PLANALP meeting | Padua, Italy • 21 – 22 September 2016 | 23rd PLANALP Meeting | Annecy, France • 13 – 14 October 2015 | Conference on "Protection Systems against Natural Hazards

- Durability through Systems Engineering?" | Munich, Germany
- 5 April 2016 | Joint workshop with the Water Platform on "The importance of communicating and sharing relevant data on water- and risk- related issues" | Padua, Italy

3. Outputs

Description of main outputs achieved
• **Minutes** of the regular knowledge exchange of the members of the platform (included in meeting minutes) • **Brochure** "Persistence of Alpine natural hazard protection" which was also translated by the members from Germany: "Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren" as basis for the PLANALP conference in Munich • **Summary / recommendations flyer** for further dissemination and promotion of the brochure "Persistence of Alpine natural hazard protection" / "Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren" and the outcome and recommendations of the conference "Protection Systems against Natural Hazards - Durability through Systems Engineering?" • **Contribution to exhibition** "Ich am Gipfel. Eine Frauenalpingeschichte" in the women´s museum Hittisau, Austria (14. Juni 2015 bis 26. Oktober 2016): filmed interviews of women from the AC region working in natural hazard management

4. Cooperation with other WGs/PFs

Description of cooperation initiatives and activities with other WGs/PFs
5 April 2016 | Joint workshop with the Water Platform on "The importance of communicating and sharing relevant data on water- and risk- related issues" | Padua, Italy

5. Links to EUSALP

Description of concrete links and contribution to EUSALP
Most of PLANALP members are also officially members of EUSALP Action Group 8 "To improve risk management and to better manage climate change, including major natural risks prevention" and therefore contribute directly to both processes.

6. Attachments

List of the attached documents
1. Brochure: “Persistence of Alpine natural hazard protection”; 2. Brochure: “Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren”; 3. Summary / recommendations Flyer: Protection Systems against Natural Hazards - Durability through Systems Engineering? Summary and Recommendations. Report on knowledge exchange is included in the meeting minutes of PLANALP and the videos of the interviews are large files and cannot be attached or published online for download.



Persistence of Alpine natural hazard protection

Meeting multiple demands by applying systems engineering and life cycle management principles in natural hazard protection systems in the perimeter of the Alpine Convention

alpenkonvention • convention alpine
convenzione delle alpi • alpska konvencija
www.alpconv.org

MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

Persistence of Alpine natural hazard protection

Meeting multiple demands by applying systems engineering and life cycle management principles in natural hazard protection systems in the perimeter of the Alpine Convention

Imprint

Published by:
Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention
c/o Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW)

AT-1010 Vienna, Austria

Concept and coordination:
Andreas Rimböck
Florian Rudolf-Miklau
Andreas Pichler

Authors:

Austria:	Florian Rudolf-Miklau, Andreas Pichler, Jürgen Suda
Germany:	Andreas Rimböck, Rainer Höhne
Italy:	Bruno Mazzorana
Slovenia:	Jože Papež

Good practice examples:

Austria:	Rudolf Hornich, Florian Rudolf-Miklau, Andreas Pichler
Germany:	Andreas Rimböck, Rainer Höhne
Italy:	Bruno Mazzorana, Pierpaolo Macconi
Liechtenstein:	Stephan Wohlwend
Slovenia:	Jože Papež, Milica Slokar
Switzerland:	Olivier Overney, Eva Gertsch

Layout:
Stephanie Oberleitner, Andreas Pichler, Andreas Rimböck

Photo credit cover page: LfU (Bavaria)
Photo credit last page: Jože Papež (SI)

Distribution:
BMLFUW
abt.35@bmlfuw.gv.at
http://www.bmlfuw.gv.at/forst/schutz-naturgefahren.html

Permanent Secretariat of the Alpine Convention
info@alpconv.org
www.alpconv.org

Preface – Maria Patek (PLANALP)

We are at a “cross-road” - in terms of whether it is necessary to set the priority for investing in new future protective infrastructure or “just” to try to keep the present state of functionality (or simply said: the present state) of protective structures throughout the perimeter of the Alpine Convention?

To me – as a representative of all torrent and avalanche-related protective policies, strategies and, - of course - structures in Austria – the answer is not easy (due to all political and citizens’ needs in our provinces or municipalities), but rational and practical: Priority has to be given definitely to maintenance. I clearly understand the upcoming years and decades as a demand / or challenge to further invest in the maintenance of the functionality of all protective infrastructures in place.

As many other Member States within the perimeter of the Alpine Convention, Austria has invested billions of EUR in protective systems against natural hazards and risk for centuries, and they are indeed effective. These systems require permanent monitoring and improving of their structural functionality and also the involvement of all organisations concerned and / or the beneficiaries of these structures. This, however, cannot be the task of the state’s administration or institutions responsible for disaster mitigation alone: this clearly needs the awareness, perception and acceptance of the public society, too.

This publication will contribute to a better understanding of the needs to invest in the maintenance / preservation of existing structural prevention facilities in place. It should be understood as a support, growing awareness or the use of all recommendations / good practices highlighted in the brochure. The close alliance of the countries located within the perimeter of the Alpine Convention – faced with similar challenges – calls for the exchange of transnational experience in order to reassure the increase of resilience of Alpine areas against natural hazards.

The common challenges have to be managed by each Member State individually – but cooperation, harmonisation and coordination will support their individual visions and efforts, too.

My sincere thanks go to all who have actively contributed to this notable publication.



Maria Patek

President of the Platform of Natural Hazards of the Alpine Convention (PLANALP)

Preface – Markus Reiterer (Alpine Convention)

Even the early inhabitants of the Alps needed to protect themselves against natural hazards. So it is no surprise that the systems and infrastructures humans put in place for the purpose of protection have evolved considerably throughout history. Today we have a notable number of protection facilities throughout the Alps and we are constantly improving cooperation as a key factor to minimise and cope with natural hazards. One of the most striking advantages of the Alpine Convention and its PLANALP platform is this emphasis on cross-border cooperation and exchange of knowledge, data, expertise and support between the Alpine countries. This type of cooperation will enhance our ability to prevent, address and manage natural hazards and it will increase our resilience against them. Even though, each of the countries, though facing similar challenges, adopted their own policies, strategies and actions, they all work towards a common goal.

When we talk about long-term investments in protective infrastructures, we should not only consider its financial implications, but also address the knowledge and innovation that these installations require. Applying the methods of systems engineering to protective systems requires considering the entire life cycle starting with the conception, including planning, creation, operation and maintenance. Furthermore, these structures need ongoing monitoring and inspection in order to assess their status quo in terms of operability and functionality as well as any possible need of maintenance or replacement. Lastly, also the disposal or reconfiguration has to be planned.

Most importantly, it is necessary that protection systems meet the expectations and needs of the local inhabitants. These systems also have important functions as a backbone of social and economic prosperity of the Alpine region, since they provide structural and subjective safety to people, our societies as well as to economic investments.

With this brochure the Natural Hazard Platform intends to support national and regional authorities, policy makers as well as practitioners in their work concerning monitoring, inspection and maintenance of prevention facilities and to provide insights into the advantages of integrative methods. It is my sincere hope that the target audience will consider this publication and use it when planning their future activities.

I would like to sincerely thank the authors of this publication for the work done and to all the members of the Platform for their inputs. My special thanks go to the chair of the Natural Hazard Platform, Ms Maria Patek, for all her efforts and finally to all the partners in elaborating, disseminating and applying this publication.



Markus Reiterer

Secretary General of the Alpine Convention

Table of Contents

Prefaces 3
1. Executive summary 6
2. Persistence of Alpine natural hazard protection – Introduction and Challenges 7
3. Systems engineering: consequent holistic answer to multiple demands of integrated risk management 9
3.1 Overview 9
3.2 Principles and definitions 9
3.2 Elements (methods) of systems engineering and system life cycle 10
3.3 Legal, economic and organizational aspects of systems engineering 13
4. Life cycle management (LCM) for protection systems 15
4.1 Introduction 15
4.2 Phases of LCM cycle 16
5. Implications and recommendations 24
5.1 Overall / general recommendations 24
5.2 Structural level 24
5.3 Catchment level 24
5.4 Impact area level 24
Literature 26
ANNEXE 28
ANNEXE A - Country-related facts and figures regarding systems engineering in natural hazard management
ANNEXE B - Good practice examples from Member states
ANNEXE C – Good practice examples from Member states on construction details that support or prolong the lifetime / functionality of a protective infrastructure in place



1. Executive summary


Photo: Jože Papež

Protective infrastructures provide the basis for a smooth development of the regions and countries within the perimeter of the Alpine Convention in terms of economic and societal welfare. Over centuries, billions of euros have been invested by public and private institutions in protection systems within the respective Member States in order to significantly decrease the level of risk against natural hazards and to provide at least an acceptable level of safety.

Although most of these structures are designed and built for long usage (e.g. structures made by concrete or steel for about 80 years), there is always the risk of non-performance – or even failure. Permanent monitoring and maintenance to safeguard the performance of these structures is therefore a conditio sine qua non within the structures' life span and needs long-term planning and strategic decisions.

Based on the current high level of protection and safety standards against Alpine natural hazards in the Alpine Conventions' Member States, the preservation of protective facilities in the future is a great challenge which has direct consequences on life and economy in the Alpine area.

Although the related task of monitoring, inspection and maintenance of protection facilities are mostly regulated in detail by legal and technical standards. Furthermore some organisational structures and financing instruments are available. But in practice we note several deficits in the execution of these tasks. This gap has to be bridged by supporting all organisations concerned with prevention facilities (in whatever manner) with evidence-based, practically tested and future-oriented strategies and actions. By applying further aspects of Systems Engineering (SE) and life cycle management (LCM) principles in natural hazard protection systems a first step towards bridging this essential gap can be set.

Systems engineering is an interdisciplinary field of engineering that focuses on how to design and manage complex engineering systems over their life cycles. SE deals with work processes, optimisation methods and risk management tools in such projects/systems. SE ensures that all likely aspects of a project or system are considered – also in their time flow - and integrated. The approach requires rethinking from linear, one-dimensional to cybernetically orientated planning processes.

Introducing SE into natural hazard and risk management is relatively new and needs common cooperation, coordination and exchange of experiences made with the practical implementation of this complex approach throughout the perimeter of the Alpine Convention. By providing both – information in detail on the background and content of SE, its implementation as well as examples of good practice among the Member States – this brochure will support policy and decision makers, practitioners as well as the scientific community to commonly develop strategies for a foresighted maintenance of the functionality of the protection systems within the Alpine area.

2. Persistence of Alpine natural hazard protection – Introduction and challenges

For centuries, the Member States of the Alpine Convention have invested billions of euros in structural protection facilities against natural hazards in order to provide the basis for a smooth development in terms of economic and societal welfare. Long-lasting decisions of inhabitants (e.g. residence choice, building private wealth, social and familiar dispositions) as well as the economy (e.g. business location, investments, creation of new jobs) in the Alpine region are often based on the (subjective) perception of risk or safety. Public and private investments in protective infrastructure have to be therefore sustainable and include the maintenance and reconstruction of these facilities, too.

From the point of view of regional and local decision makers as well as the population concerned, investments in protection facilities have to contribute considerably to decrease the level of risk against natural hazards and to provide at least an acceptable level of safety. Losing this level of safety (e.g. by deterioration or decreased performance of protective structures) – which would lead to an enlargement of hazard zones – will not be politically or socially accepted.

At present, approximately **2 million structural protection facilities** related to Alpine natural hazards (torrent, avalanche, rockfall, landslide) have been counted in the Alpine parts of Austria, Germany, Italy, Liechtenstein, Slovenia and Switzerland, representing a **replacement value** of about **50 billion euros** (this figures are based on expert opinions, because there is the challenge to count exact figures because of different administrational responsibilities; these figures do not include estimations on structures held / owned by e.g. infrastructure authorities / companies (like railway, roadway etc.) nor do they include figures on protective infrastructure in the Alpine parts of France). Most of these structures are designed and built for long usage (e.g. structures made of concrete or steel for about 80 years). Decisions made during the design stage of such a structure or system are invariably fraught with significant uncertainties. In light of these uncertainties, there is risk of non-performance – or failure – of the structure during its life span (e.g. the loadings may vary significantly due to forces from unforeseen or even unexpected natural hazards). With respect to financial issues, there is a serious risk in underestimating the whole life cost of a given structure or mitigation system. Experience in practice with the holder (operator) or beneficiary of such structures or systems lead to the perception that only a few decision makers are aware of the whole life cost that include costs of development, operation, maintenance and repair, costs of failure, recycling, as well as indirect costs of non-performance or failure. A survey on typical maintenance costs among the Member States resulted in a share of about 1.5% per year of the building costs that has to be dedicated to regular operation and maintenance of prevention structures. This means in practice that over the life span of a given prevention structure refinancing of the original building costs will be necessary in order to provide the intended performance of the structure.

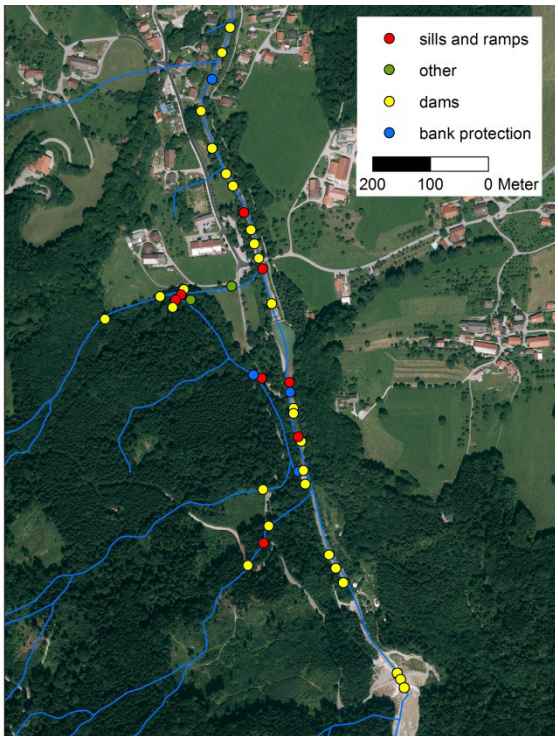


Fig. 1: Example for a high number of protection structures; Jenbach, Bavaria (LfU)

Given the impressive number of existing structural prevention facilities throughout the Alpine area (comp. example in fig. 1) and the capital stock they represent, there is the serious question on how to maintain the performance of these structures best, especially with the **challenges** of

a) *Advanced age* of a number of prevention facilities in the Alps resulting in call for immediate action
b) *Little knowledge on the condition* / performance levels of these structures
c) *Limitations on resources* (mainly financial, but also personal)

d) *Changes in legal frameworks* and implications (implications of EU Water Framework Directive, Flood Directive)
e) *New demands on existing systems, e.g. due to the development of new and sensitive infrastructures or social attitudes*
f) Demographic changes in Alpine regions and altered regional development potentials (also based on the development of transportation infrastructures) which lead to changes in the desired performance needs / functionality of these structures (comp. fig. 2)
g) Decreasing knowledge and awareness of holders (operators) or beneficiaries of such structures on the maintenance needs or life cycle-based interventions (with exception where the federal state / Länder are the holders, like Bavaria) including permanent monitoring
h) Question of responsibility and liability concerning these structures in countries where investment costs have to be shared among the public (administration) and the holder (operator) – especially in terms of non- (or minor) performance during a disaster event
i) *Quick development in the fields of risk management and high interactions, e.g. between structures and risk assessment*

Based on the current high level of protection and safety standards against Alpine natural hazards in the Alpine Conventions' Member States, the preservation of protective facilities is a great challenge in the future, which has direct consequences on life and economy in the Alpine area. Therefore, it should be on the top of the political agenda. Thereby, different impact levels with regard to protection facilities can be distinguished, where each level has its own view on the risk management topic:

- Single structure, where questions of stability, maintenance,… are vital
- Protection system / catchment area, where functionality or resilience are important topics
- Effect area, in which land-use questions, but also societal consequences gain importance
- State level, where mainly questions of funding and security are interesting
- European level, which gives some common basis for guidelines like the flood directive

Although the related task of monitoring, inspection and maintenance of protection facilities are regulated in detail by legal and technical standards and organisational structures and financing instruments are available in general, several deficits in the execution of these tasks exist in practice. This gap has to be bridged by supporting all those concerned with prevention facilities (in whatever manner) with evidence-based, practically tested and future-oriented strategies and actions. By applying systems engineering and life cycle management principles in natural hazard protection systems, the members of PLANALP want to contribute by this comprehensive brochure to a better understanding of the potential of systems engineering, especially in the frame of natural hazard and risk management and the promotion of its advantages.

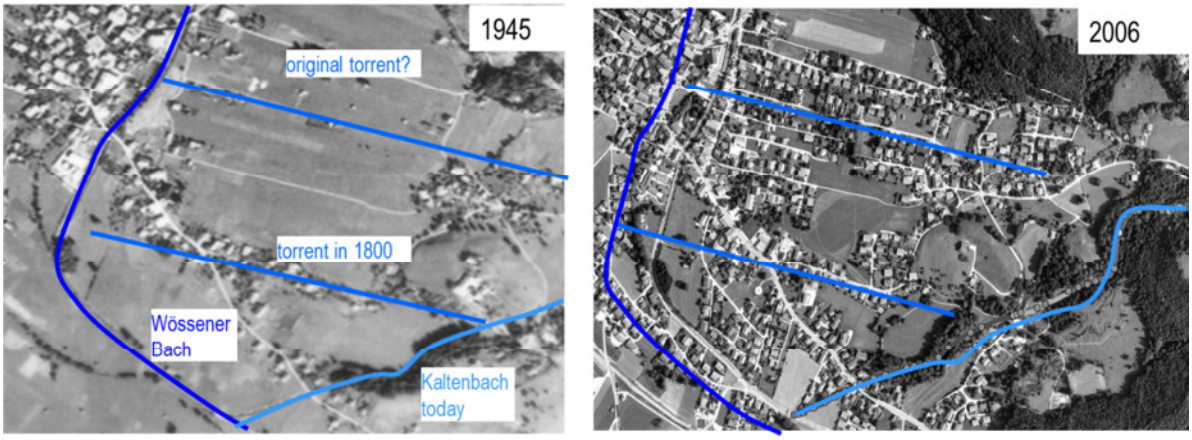


Fig. 2: Example for a change in Alpine regions – municipality of Unterwössen in Bavaria (LfU)

3. Systems engineering: holistic answer to multiple demands of integrated risk management

3.1 Overview

For a long time, the only possibility or strategy dealing with natural hazards was a kind of "hazard defence" determined to avoid hazards. This could be simplified as a "one-dimensional" strategy (compare green area in fig. 5).

A high number of structures were, however, realised over the time. So we have to deal with many single elements in different conditions and different age. While the function of the structures has to be ensured every time, the conditions of the single elements change and so the time perspective becomes more and more important. Especially questions like how to monitor the structures or what to do with elements reaching the end of their life time have to be answered. So in order to stay in the "dimension picture" a second dimension arises, where life cycle management approaches can help to face the challenges.

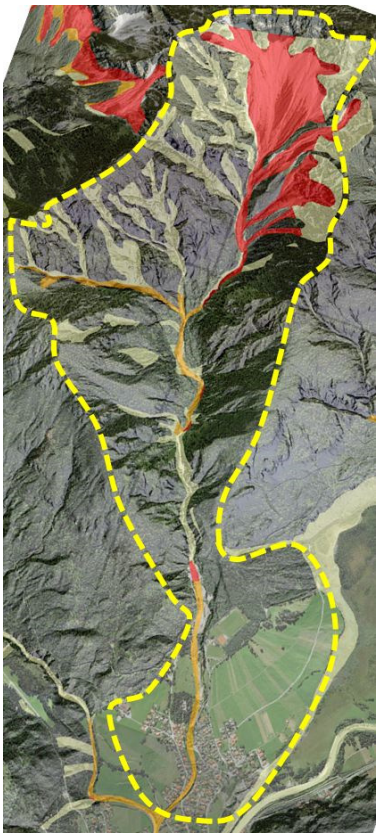


Fig. 3: For example, an Alpine catchment area is a complex system (LfU)

We learned, however, that dealing with natural hazards one obviously faces several complex systems: the catchment area with all the processes and interactions (fig. 3) and the social system which demands for example protection - just to mention two of them. That is the reason that nowadays we promote integral risk management (fig. 4) as best option to cope with natural hazards, which means that we try to live with natural hazards. So it is necessary to develop not only "one-dimensional" single-purpose structures and observe them over their life time (second dimension), but we have to realise complex and multipurpose protection systems consisting of many single elements, which could be regarded as third dimension. In this field systems engineering can provide interesting approaches to improve our protection systems engineering.



Fig. 4: Principle of integrated risk management (ClimChAlp 2008)

3.2 Principles and definitions

The main purpose of technical protection systems and protective structures is the reduction of risks and other negative effects by natural hazards for the endangered zones to an acceptable (reasonable) level. In the evidence of the increasing complexity of protection systems the challenges for configuration, planning and design of these systems go far beyond classical construction engineering. Modern protection systems do not only embrace technical structures, but also measuring devices, regulation and control technology and even biological measures; furthermore, they often consist of various separated structures, functional units or structures in sequences/functional chains and closely interact with other planning, legal and

organisational measures. Some examples of complex protection systems:

- Cascades of controlled flood retention reservoirs
- Avalanche protection systems embracing defence structures in the starting zone, artificial avalanche release systems and deflecting/retarding structures in the run-out zone
- Flood protection systems consisting of permanent control structures, mobile flood protection systems and flood alert systems

Hence complex protection systems represent assemblies of structural, mechanical, mechatronic and digital elements with unequal ruggedness, service life, maintenance requirements and risk of failure. Another characteristic of complex protection systems is the multidisciplinary competence to be planned, designed, constructed, operated and maintained as well as the multitude of responsibilities bringing about a high demand for coordination among planning engineers, approving authorities, operating institutions and beneficiaries of protection. The principle of integrated risk management is not only applicable to the protection function of these systems, but also to reduce risks concerning the stability, serviceability and durability of the protection system itself, mainly to prevent malfunction or even total failure (breakdown) after extreme events.

The management of complex technical systems in general requires approaches oriented at the sustainability, the life-cycle perspective and quality assurance. This principle also applies for natural hazard protection systems, pointing out the gaps of conventional planning procedures and paving the way for the implementation of "systems engineering". Systems engineering is by definition an interdisciplinary field of engineering that focuses on how to design and manage complex engineering systems over their life cycles. Issues such as reliability, logistics, coordination of different teams (requirements management), evaluation measurement and other disciplines become more difficult when dealing with large or complex projects. Systems engineering deals with work processes, optimisation methods, and risk management tools in such projects/systems. Systems engineering ensures that all likely aspects of a project or system are considered and integrated. The approach requires rethinking from linear, one-dimensional to cybernetically orientated planning processes.

Although at first sight the application of the "systems engineering" approach in natural hazard and risk appears to be highly theoretical and strongly limited by the capacity of engineering practice. Hereinafter it will be shown that a wide range of systems engineering elements are already standard in natural hazard engineering. Systems engineering as a comprehensive engineering concept, however, is a new approach and needs further characterisation and specification. In a conceptual sense, systems engineering may also be applied – with some simplifications – to the whole risk management cycle as the criteria of quality life cycle, reliability and service standards also apply to comprehensive protection and safety functions.

Infobox systems engineering (SE):

SE is an interdisciplinary approach and aims at enabling the realisation of successful systems. It focuses on an early definition of customer needs and required functionality early in the development cycle, documenting requirements, and proceeding with design synthesis and system validation in relation to the entire problem.

(Definition by the International Council on Systems Engineering (INCOSE)

SE means: "Build the right system; build the system right." SE considers the whole problem, the whole system, and the whole system life cycle from concept to disposal.

(by UK Chapter of INCOSE)

Origin: 1940s in telecommunication; fundamental enhancements in space flight

3.2 Elements (methods) of systems engineering and system life cycle

When the systems engineering concept is applied to protection systems, the whole life cycle starting with the conception, including planning, creation, operation and maintenance and ending with the decay, disposal or reconfiguration, is covered. One fundamental principle is the compliance of the functionality of the protection system with the "customer expectation", in particular the congruence of protection effects with the protection needs of the beneficiaries. In general, the fulfilment of protection goals is the most important benchmark for the quality of a protection system (structure).

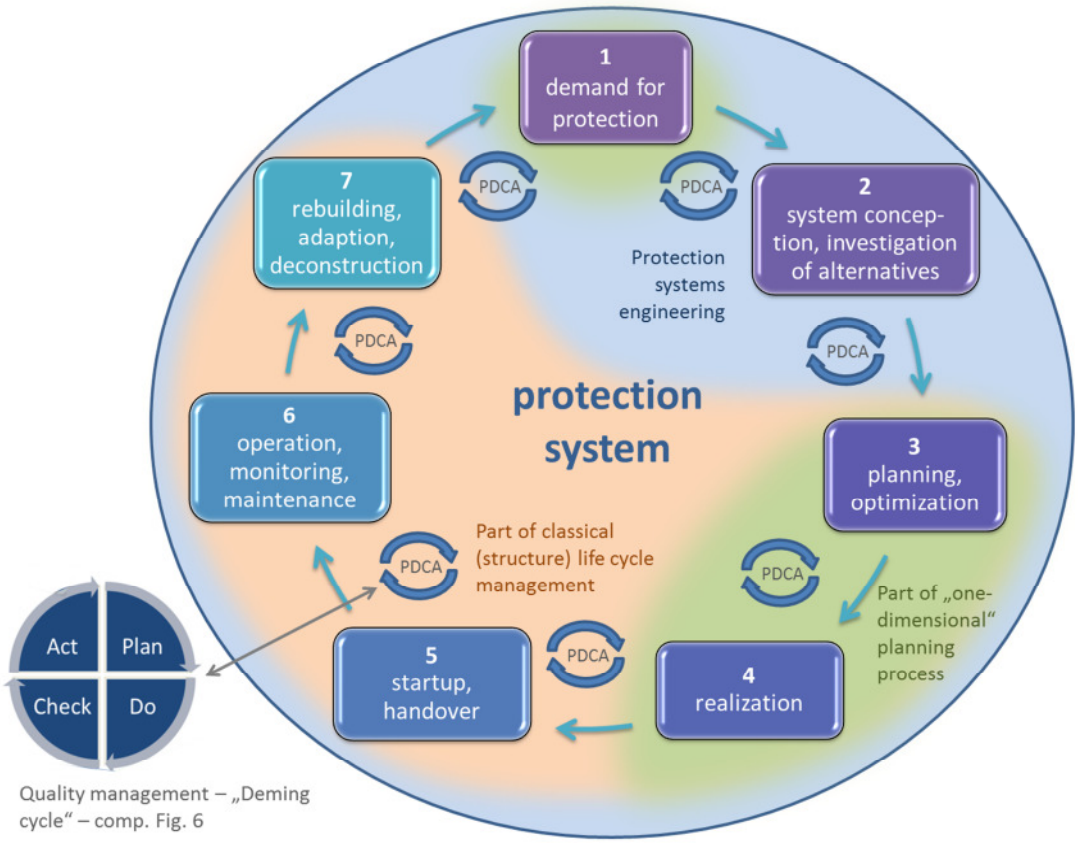


Fig. 5: Systems engineering for protection systems: 7 phases of the system life cycle, sustained by the cyclical reevaluation (feedback) displayed as PDCA cycle ("Deming cycle") of quality management

.

There are **seven main phases of systems engineering** which can be displayed in the "system life cycle" (fig. 5) of natural hazard engineering:

1. **Demand for protection:** identification of protection needs and definition of protection objectives: hazard and risk assessment, analysis of vulnerability, determination of safety level (limit values), determination of system requirements.
2. **System conception and investigation of alternatives:** variant studies including assessment of management alternatives referring to the criteria efficiency, costs/benefits and risks; final target: conception of protection system regarding elements of the whole risk management cycle.
3. **Planning and optimisation:** optimization of protection effects: protection concept, design of measures, functionality assessment, study of the cost-effectiveness.
4. **Realisation:** creation (construction) of the protection system.
5. **Startup, handover:** putting into operation: quality check, functionality test, handover to the holder (operator) of the protection system.
6. **Operation, monitoring and maintenance** of the protection system: service, inspection, recurrent condition assessment, repair and restoration.
7. **Rebuilding, adaption or deconstruction:** what to do after reaching the end of life time - renewal, replacement, adaptation of new boundary conditions or needs, removal (disposal) or controlled decay.

The process in the system life cycle is supported by a constant (recurrent) feedback displayed in the form of the PDCA cycle ("Deming cycle") of quality management. The principles of this feedback are: Plan, Do, Check, Act (fig. 5 and 6).

Hereinafter several **methods (functions) of systems engineering** are presented that show the practical value of implementation of this approach in natural risk management:

- **Project management** is an essential function to steer complex and multi-layered planning, creation and operation processes of protection systems, including the coordination of a multitude of actors and stakeholders in the project.
- **Requirement analysis** and **systems design** aims at the design of solid,

efficient and less failure-prone protection systems and is achieved by definition of specific protection goals, variant study, minimum standards, functionality testing and application of approved technology. System design is oriented at relevant hazard scenarios and has to be carried out already at the start of the planning process. It focuses on the configuration (architecture) of the protection system, the functionality and the design of structures, taking into account effect interrelation and the serviceability of the protection system (structure). Additionally the protection needs, the technical, organisational and economic capacity and the legal requirements of the operators (beneficiaries) are considered.

- **Engineering change management** aims at current adaptation and reconfiguration of protection systems to changing framework conditions, primarily of environment (e.g. climate change), society, technology and societal risk acceptance. A most important function is the documentation and controlling of these changes as well as the current control and recurrent condition assessment. Protection objectives have to be cyclically adapted as well. (comp. e.g. good practice B5)
- **System integration** deals with the reconfiguration, enhancement or realignment of existing systems in the course of a restoration campaign at the end of the first life cycle or after severe damages caused by extreme events. New elements (e.g. protection structures, rakes and grills, measuring and control devices) are integrated into the existing protection system changing the functionality and/or the risk of failure. Hence system integration requires the revision of protection targets and security levels, further functionality testing and the adaptation of maintenance strategies. (comp. e.g. good practice B12 and 13)
- **Standardisation** is a key function of quality assurance in systems engineering and serves the continuous improvement process (CIP). Complex systems with a multitude of planners, performers, operators and responsibilities require strict and applicable regulations and standards (norms) in order to guarantee smooth and error-free planning processes, workflows and interface work. Standards support all phases in the PCDA cycle, while standards themselves recurrently have to be checked concerning their accuracy and applicability and have to be adapted if necessary. (fig. 6) Standardisation refers to all kinds of norms, including legal norms, common technical standards as well as specific standards, guidelines and operation regulation for a specific protection system (structure) and may cover design, dimensioning, steering, organisational as well as safety issues.

Infobox life cycle management (LCM):

(Product) LCM is a process of managing the entire lifecycle of a product from inception, engineering design and manufacturing to service and disposal of manufactured products. LCM integrates people, data, processes and business systems and provides a product information backbone for companies and their extended enterprise.

(Definition by WIKIPEDIA)

Origin: 1930s in product development; fundamental enhancements in regard to mainly the life cycle of industrial products

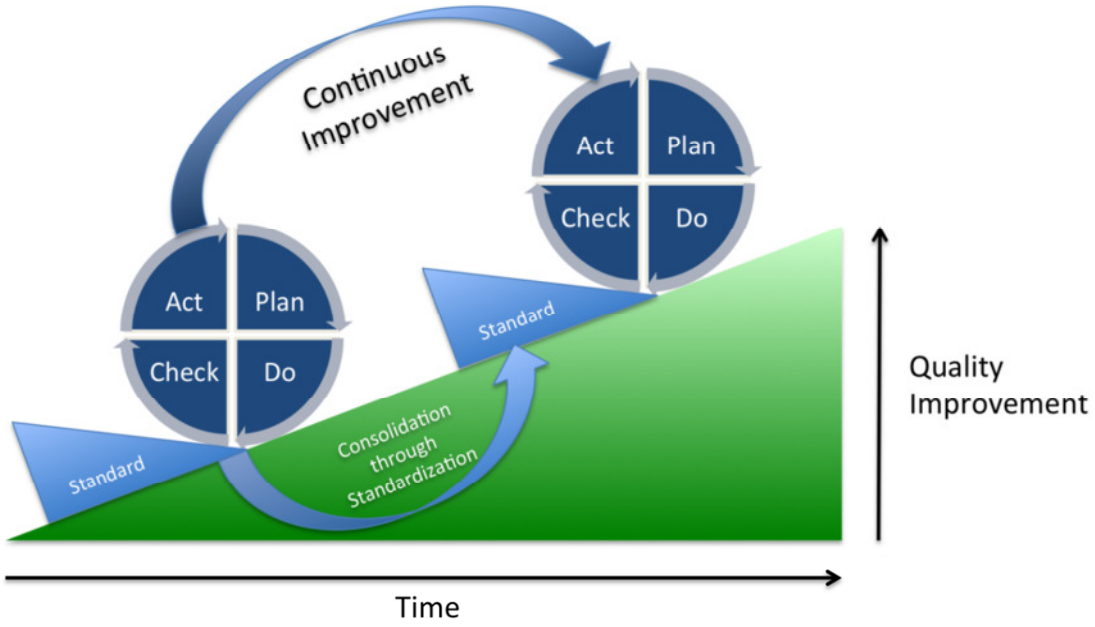


Fig. 6: Continuous improvement of protection systems by recurrent application of PDCA cycle, supported by standardisation.

- **Risk management for protection systems** is a tool to identify potential hazards and risks for the stability, serviceability and durability of the system (structures) early enough and prevent system failures or total breakdown by appropriate measures, safety reserves and redundancies for key elements in the system. Concerning protection systems for natural hazards risk management also has to take into account the impact of extreme (catastrophic) events and the consequences in case of overload. Protection systems that include complex decision support systems based on measuring, controlling or warning devices also need increased attention in regard to electronic (digital) system breakdown, interruption of power supply or simply human failures.

3.3 Legal, economic and organisational aspects of systems engineering

The more complex protection systems are, the more likely is the occurrence of malfunction, failures or total breakdown. Hence increasing complexity also raises the risk of liability for planners, operators or approving authorities. Planning, design, operation and maintenance of complex protection systems involve generally a multitude of actors and decision makers with different levels of expertise, competence, technical and economic capacities or even risk awareness. This unbalanced situation requires the creation of protection systems that are oriented at the capacity of the holders or beneficiaries (as a rule layperson) who are liable and who bear in case of failure or breakdown the risk of compensation of damages to third parties in case of failure or breakdown.

As a rule, legal norms and official approvals of protection systems presuppose the application of a “common state of the art” which hardly exists for protection systems (structures). Protection structures, control devices or warning systems have the characteristic of prototypes to a large extent rather than frequently approved technologies. Due to the rareness of real occurrence of design events few experiences concerning the functionality (serviceability) of protection structures under extreme impact exist. The sustainable serviceability of protection systems that need recurrent supervision, adjustment, inspection or maintenance by the operator (holder) presupposes standardised operation procedures, regular instruction and training. As protection works are rarely in function and responsible persons may vary very often, the documentation and transfer of knowledge are additional challenges for the operation of these systems.

Traditionally, the cost calculation for protection systems (structures) is limited to the planning and construction phase, while operating expenses or maintenance costs are not taken into account. Recent research clearly has proven that these costs may clearly exceed the costs of production over the lifetime (service life) of a protection system (structure) and exponentially increase with crowing complexity. A new approach in systems

engineering is "**life cycle costing**" (fig. 7), a method of cost calculation that takes into account all phases of service life (planning, construction, operation, maintenance, disposal or renewal). An additional problem is that these costs occur at different times and parties (comp. e.g. good practice B3), while planning and construction costs are generally funded by governmental (public) institutions at the beginning of service life, the costs of operation and maintenance primarily concern holders or beneficiaries of protection measures in the operation phase. Life cycle costing guarantees the common truth about costs and supports awareness for all parties: it has to be defined who has to cover which costs in what phase during service life.

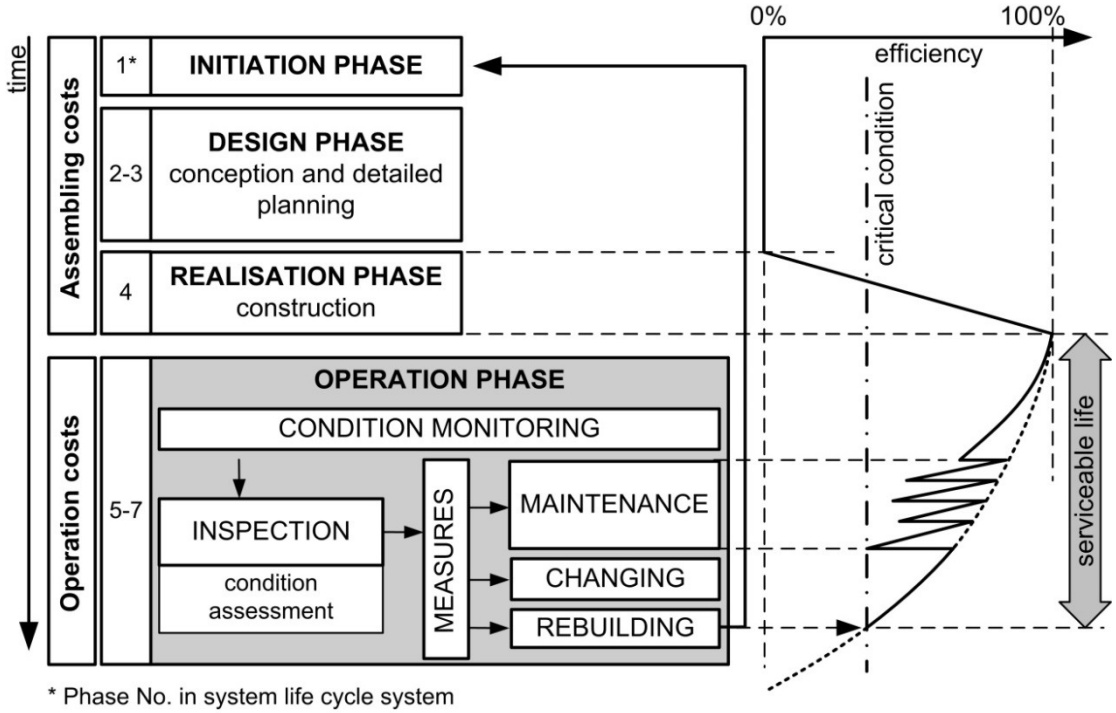


Fig. 7: Principle of life-cycle management of protection systems as basis for life-cycle costing.

Special attention has to be given to the interests of landowners that are involved if protection structures are placed on private properties with beneficiaries other than the landowner himself. This situation requires solutions concerning the utilisation of private real estates and the compensation of economic detriments for the whole service life. This problem is subject to expropriation in the public interest or the granting of rights of utilisation based on contractual agreements.

Furthermore, an important aspect of inspection and maintenance of protection measures are legally determined maintenance obligations of catchments, water courses or water infrastructure. Other legal obligations concern the duty of sustainable management of protection forests, the clearing of torrents from drift wood or the preservation of a good status of water bodies according to the EU Water Framework Directive.

Consequent planning and design of protection systems has by all means take into account the life-cycle costs and the shared responsibility among planners, operators, holders and legally bound persons concerning inspection, operation, maintenance, risk management and public safety assurance. The handover of protection systems to operators (holders) after completion is therefore also a transfer of risks, liability and economic loads that have to be taken into account and to provide awareness for both parties (except for Bavaria). In simple terms: Systems engineering also requires guidelines for the use of protection systems (structures). As protection structures as a rule are created in the public interest and are public good, nobody may be excluded. Zhe instructions concerning functionality, maintenance requirements, operation rules and residual risks involve all beneficiaries (even the citizens of whole municipalities or road users). Hence, the instruction and documentation of operation rules is also part of the common risk communication on local level. In this sense, the life-cycle of public risk awareness and operational knowledge also has to be taken into account.

4. Life cycle management (LCM) for protection systems

4.1 Introduction

Following the comprehensive systems engineering approach, integral protection concepts have to be elaborated in a structured manner aiming at fulfilling the requirements of effectiveness and efficiency with respect to a broad spectrum of objectives (compare section 3.2).

The feasibility of the integral protection concepts has to be evaluated under changing system loadings as well as adapted maintenance strategies. Taking into consideration these aspects, the necessity to optimise the functional performance and the operational reliability over the entire life cycle of the envisaged protection system is mandatory. With such a long-term planning perspective (i.e. a planning horizon of 100 years) a suitable LCM approach is required.

The major principles of the LCM system as an integral part of the systems engineering approach are related to

(1) an improvement of methods to determine the system requirements in terms of functionality according to specific needs at an early stage of the design phase, i.e. the cost/benefits and reliable performance and implementation of mitigation strategies;

(2) an assessment of the entire system including all necessary elements;

(3) a consideration of the intrarelationship between individual system components and interrelationships between higher and subordinate levels within the system hierarchy;

(4) a flexible protection concept and monitoring strategy allowing for adaptations and adjustments throughout its life span; and all points above considered.

In fact, without the consideration of proper design principles and the implementation of suitable maintenance strategies, the effectiveness of protection systems is going to decline faster over the time. In parallel, on several debris cones and alluvial fans a clear increasing tendency of wealth moving into flood prone areas could be retraced over the last decades (compare also fig. 2). This leads to an exacerbation of the flood risk and should be taken into account in integrated risk management or better be avoided in the future. What is particularly worrying in this situation is that resulting flood risk patterns might remain largely concealed, since limited attention has been devoted to the assessment of both the damage susceptibility and the functional performance of protection measures over their entire life cycle in the past.

Structures forming the protection systems are of a dual nature because they are designed to mitigate natural hazards, but on the other hand they are prone to be damaged throughout their life cycle by the same processes they should mitigate, thus reducing their performance over the time. Furthermore, a normally not allowed, but in practice not totally avoidable sudden or unexpected collapse of check dams can result in increased hazards downstream due to the formation of dam-break surges and the release of large volumes of sediments.

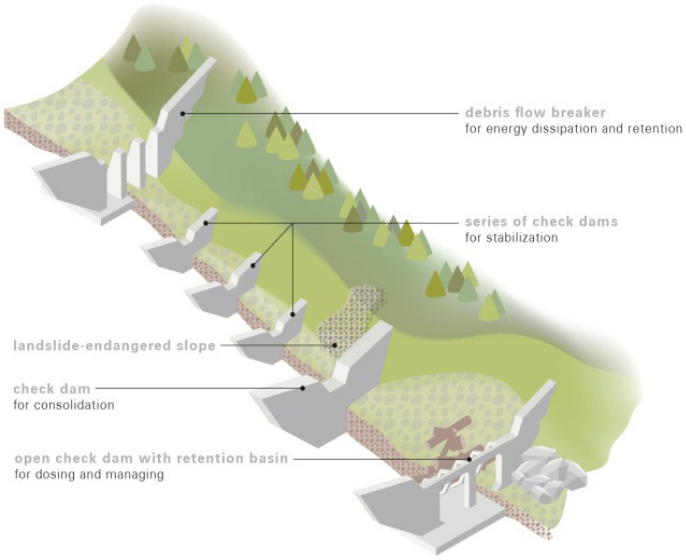


Fig. 8: Several structures form a “function chain”, where interactions have to be considered (LfU)

Following these premises the design of a protection system has to be based on

1. an ex-ante and technically sound verification of its functionality
2. structural reliability of the system including the case of overloading, when no sudden uncontrolled collapse of the structure and/or at least the system should occur

ad 1: That means the determination that the planned system interacts in the desired way with the analytically determined hazard process spectrum. The desired interaction has to be functional in order to the full and cost-efficient achievement of the risk mitigation goal and the defined ecological and hydro-morphological condition targets.

Technically speaking, the verification of the functionality of a particular system entails an ad-hoc definition of the verification concept, which might include, for example, the

computation of hydraulic performance indicator values, the assessment of event-based and long-term sediment balances, peculiar performance indices for certain functional components (i.e. dosing efficiency of open check dams).

Ad 2: It includes that the structural reliability of the system has to be assured by taking into account that this concept is closely linked to the previous one (due to the above-mentioned dual nature of protection systems). Two different types of limit states are considered, namely the ultimate limit state and serviceability limit state. As stated in EN 1990, it has to be verified, based on the application of load models and structural models, that no limit state is exceeded when the design values for actions, material properties and geometrical data are used. Here (a) the Ultimate Limit States – **ULS** – and (b) the Serviceability Limit States – **SLS** – are briefly illustrated in their essential aspects.

(a) Ultimate Limit States – ULS: exceeding these limit states may result in a structural collapse or other forms of structural failures. They are related to the safety of people and/or the safety of the structure. **In this context EN 1990 prescribes the set of verifications listed in the box below**.

(b) Serviceability Limit States – SLS: The design situations to be considered in this case are **structural functions** of the entire structure or of a portion, the **comfort of people** and the **appearance** of the structure. These aspects are generally of limited relevance for typical protection systems in mountain streams. To assess these limit states the following criteria can be adopted: limitation of strain, deformations, crack widths and oscillations.

- **ECU:** Loss of static equilibrium of the entire structure or of specific parts, all considered as rigid bodies. In this case, small deviations of the value and the spatial distribution of the considered action type (e.g. dead weight of the structural parts) are relevant, whereas the strength of construction materials or the building ground are of no influence;
- **STR:** Failure or excessive deformation of the structure or its parts including the foundation piles. Here the bearing capacity and the strength of materials are relevant;
- **GEO:** Failure or excessive deformation of the building ground, whereas the bearing capacity of the soil (or rock) is decisive;
- **FAT:** Failure of the structure as a consequence of fatigue.

The reader may note that the verification approach with respect to structural reliability is of single structures anchored in various directives and norms, whereas the verification of functionality of single structures and even more the system is problem-specific and complementary to a rigorous cost-benefit analysis. Hence, from a LCM perspective, the proper design of highly functional systems is of highest priority.

The adoption of a solid verification concept is crucial to assure quality throughout the system life cycle and helps to clearly define both inspection and maintenance activities, which are very resource-intensive demanding both available finances and personnel.

4.2 Phases of LCM cycle

As shown in figure 7, the system life cycle encompasses different phases.

The whole cycle can be divided into an acquisition phase (fig. 5 parts 1 to 4) and an operation phase (utilisation phase, fig. 5 parts 5 to 7). This allows to distinguish between

a) actions necessary to develop the system and

b) actions necessary to maintain the system at a high performance level and to adapt the system if the performance level becomes sub-optimal.

The acquisition phase, from a theoretical point of view, starts with the identification of needs (critical system analysis) and extends through conceptual and preliminary design to detailed design and development (compare gig. 5 and 7). The utilisation phase is characterised by the use of the product, reconfiguration and phase-out. System life cycle engineering includes concepts of the product life cycle, which is restricted to the manufacturing process, and concepts of maintenance and support capability as well as reconfiguration processes, which are of particular importance with respect to existing hazard mitigation strategies that have proven to be suboptimal and should therefore be enhanced. Possible starting points for such a system life cycle approach in integrated risk management may include



Fig. 9: Operation can also cause high efforts, for example retention basins have to be emptied from time to time

(1) an analysis conducted on a regional scale showing the need to increase the level of risk management against natural hazards (e.g. by further reduction of vulnerability or by higher protection level) in a highly exposed area;

(2) a survey carried out by the respective administrative agency highlighting a particular need to maintain and/or enhance the technical functionality of an existing protection system;

(3) a recently produced hazard map delineating frequency and magnitude of specific hazard processes and overlain with a map of elements at risk exposed provides a valuable indication of the areas at risk. Furthermore, as a result of

(4) post-event documentation which represents an indispensable knowledge base for any intervention aiming at effectively reducing risk.

4.2.1 Structuring the planning process

In this section we outline a conceptual planning approach to tackle planning problems in the field of protection systems engineering. It is flexible enough to face design situations where a completely new protection system has to be conceived as well as maintenance or restoration of existing protection systems. It was ideated as a step-by-step workflow to support practitioners in everyday planning activities:

1. Definition of **the system boundaries** of the considered study site focusing on the extent of the significant catchment and any relevant tributaries and deposition areas.

2. Definition of the **system characteristics** regarding protection system, natural hazard processes, damage potential and vulnerability.

3. **Problem identification** and description: definition of the problems (with the new and enhanced knowledge status) to be solved with a particular focus on risk mitigation and ecological functionality and explicit description of the systemic contradictions to be overcome.

4. **Formulation of the Ideal Final Result (IFR)** to be achieved by the description of a "model" to be approximated. The IRF has to be intended as a specification supporting the planner throughout the planning process. Since the IFR is formulated in an early planning phase, it is essential to explicitly refer to the previously identified system contradictions and to define a continuous target system. Expressed in another way, the targets to be attained are formulated in terms of maximisation (minimisation) objectives. An ideal protection system should have, among other things, the following characteristics (comp. e.g. good practice B5 and B7):

- long **durability** (high reliability), easy and cheap maintainability;
- high **functionality** (efficiency) with substantial mitigation effects for short return periods and just sufficient mitigation effects for long return period events;
- **low uncertainties** about protection system responses to extreme events, which lead to an easier integration and more effective implementation of early warning systems etc;
- a **resilient response** to extreme loadings (beyond design events), which especially requires solid and adaptable systems.

In special cases, like torrent control, further demands can occur, like

- high **sediment transport** regulation capacity with progressive reduction of the remaining sediment yield potential;
- **ecological requirements**, not only by Water Framework Directive, e.g. ecologically careful design of transverse structures prevent erosion and at the same time preserve essential characteristics of the natural water-flow and also allow best development of aquatic ecosystems (comp. good practice B9).

- **social function** of watercourses as important element of landscape- and townscape, recreation facility, water power, …

5. Analysis of all **possible physical, spatial, temporal and financial resources** for an optimal application of the IRF. In this phase the planner should go beyond the assessment of available space for hazard mitigation. For example, in torrent control apart from traditional consolidation and retention concepts also possibilities of dosing transported solid material (woody debris) or smoothing in space and time the peak flow intensity (e.g. diverting excessive loads towards damage-minimising sectors) should be explored. From an integrated risk management perspective it could be essential to identify objects to be "sacrificed" in case of a worst case scenario (i.e. damage-minimising sacrifice).

6. Elaboration of **solution concepts and/or variations** based on the IFR and following the principles shown in table 1.

7. **Evaluation** of the developed solution strategies.

8. **Selection of the optimal solution** concept based on cost/benefit criteria answering for each proposed solution the following questions (comp. e.g. good practice B6):

- what has been enhanced;
- what has worsened;
- what has been substituted and
- what has still to be done with reference to attain the IFR?

9. **Communication of the residual risk** to affected people.

Root Principles	Derived Principles
(i) Separation Principles	a) Spatial separation: The overall aim is to separate areas characterised by relevant process intensities from areas at risk, i.e. with a relevant accumulation of values at risk. Corollary: Concentration of adverse effect in low vulnerable areas. b) Temporal separation: The overall aim is to decouple the maximum intensity of liquid discharge and sediment transport on the process side in time and to displace movable objects at risk from endangered areas during the critical time frames within the extreme event duration (e.g. by evacuating people at risk). c) Separation by change of status: The aim is to achieve a reconfiguration of critical system configurations during the critical timeframes within the event duration (e.g. by avoiding bridge clogging). d) Separation within the system and its parts: It may be possible to create subsystems with a lower degree of susceptibility, while the residual parts of the system remain unaffected (e.g. local structural protection for individual buildings).
(ii) Dynamisation Principles	a) Dynamisation of the sediment transport process: The overall aim is to control the sediment transport process (e.g. by dosing it through open check dams) and the wood transport process (e.g. by preventive trapping through retention structures). b) Ecosystem dynamisation: The overall aim is to enhance ecosystem functionality. c) Dynamisation of mitigation – modularisation of the protection system: The overall aim is to create a flexible modular mitigation concept taking into account the entire range of possible alternatives. This principle allows for adaptation if the parameterisation will change in the future.
(iii) Combination Principles	a) Combination of mitigation: The overall aim is to efficiently reduce effects with respect to hazard and vulnerability and to increase the system reliability and maintainability. b) Multipurpose combination: The overall aim is to design parts of the mitigation concept with respect to alternative usage (e.g. modelling the landscape in order to achieve flow deflection without compromising the agricultural use of the area).
(iv) Redundancy Principles	Redundancy in intervention planning: In particular for a worst-case scenario, certain elements of the mitigation concept should be redundant in order to avoid system failures.

Table 1: Principles for the planning of effective flood risk mitigation strategies.

4.2.2 Realisation

The detailed design is the interface between the planning phase and the realisation phase in the course of the LCM cycle. In this stage the approved draft plans are edited and structural details are elaborated. It is still possible to wield influence on the operation phase of the structure even at this moment. The resulting design plans contain and display all information, which is required for the construction respectively realisation.

A detailed statement of work and a bill of quantities based on the design plans are necessary to find a suitable company carrying out the construction services. All required activities and materials are described in these documents. The bill of quantities can be put together out of single building blocks, which in most cases are available as patterns. To achieve an economical realisation of the measure, an invitation to tender should be implemented. The offered prices are the foundation of the final settlement.

Within the invitation to tender it can be practicable to allow variant solutions of the bidders. Alternative procedures, ways of construction or building materials can be suggested in this way. The assessment of innovations and newly developed solutions should consider the following lifecycle of the structure. Alternative solutions can influence the upcoming monitoring or maintenance of the structure in a positive or negative way. Even adaptions or changes of the building in the future can be affected.

After the placement the offered prices should be compared with the calculated costs. On the one hand, the financial framework has to be maintained. On the other hand, the offered prices can be used as calculation basis for prospective construction projects. Existing standard values can be adapted.

The execution of the construction work is symbolised by the ground-breaking ceremony. It is an important step in the structures life cycle. An accurate implementation of the planning is essential, so that the structure can fulfil its function for the whole life span. The predefined construction materials and quality standards have to be strictly monitored. Building materials like concrete can be sampled and examined for their stability or consistence in a laboratory.

An incorrect or sloppy realisation can cause an accelerated abrasion of the structure or deficiencies, which might be detected only after the end of the warranty period. Constructional faults within realisation require attendance and corrective maintenance works earlier in the life span and this leads to additional maintenance costs. A worst-case scenario as a result of deficiencies can be the failure of a whole structure in the calculated loading case.



Fig. 10: Realisation of a debris flow control structure in the torrent Zillenbach, municipality Hindelang, Oberallgäu (Picture: WWA Kempten)

In the course of realisation it has to be checked also whether the boundary conditions of planning – as for instance the condition of the building site – apply. If the parameters set in the planning phase do not correspond to reality, the stability of the structure can be endangered (e.g. base failure, soil erosion).

Therefore, it is important to manage and supervise the construction progress. Periodical site meetings of the builder-owner or his representative and the construction company lead to a higher quality of realisation and its result.

In certain circumstances it is required to digress from the design plans in the course of realisation. In these cases the changes have to be documented in the as-completed drawings, which are an important basis for adaptations or changes of the structure in the future. The as-built documents can also be a helpful tool to assess the condition of the structure in the context of monitoring. If these plans do not exist, the design plans have to be used instead. The uncertainty whether these plans were implemented one-to-one remains.

The actually performed services are the calculation base for the settlement. Service items, not mentioned in the invitation to tender or occurred during realisation, lead to additional costs. In these cases the approved financial framework has to be kept in mind.

The acceptance of the construction marks the end of the realisation phase and the structure is put into operation. Deficiencies, discovered prior to the handover, have to be documented. The remedy of defects has to be cleared with the construction company.

4.2.3 Operation and maintenance

Operation

In some cases, the operation of protection facilities causes noteworthy permanent efforts. Operation does not change the condition of the structure or facility, it just contains the effort during normal work or steady cost. These efforts can also add up to an important amount, which should be recognised already in the planning phase. Just to mention a few examples for operation costs: power costs for measuring devices, light or pumps; personnel costs for operation including stand-by duties; steady clearing works and (self-)monitoring.

Monitoring concept

A fundamental task to guarantee a reasonable safety level of the protection works is periodic monitoring concerning condition and effectiveness. This task is mainly the duty of the protection works holder (e.g. state, communities, beneficiaries, water cooperatives, or the holder of the protected traffic way (e. g. railway company) – also refer to the good practice examples B1, B3, and B11). The monitoring concept can be divided into two parts: the inspection and the measurement or intervention part (figure 12).



Fig. 11: Monitoring is essential to detect the necessity of maintenance and as a consequence to keep up functionality

The main target of the inspection part is to assess the condition in a comprehensive manner. This is guaranteed by the comparison of the actual state with a reference state. The aim of the inspection is to classify the structure in different condition levels, e.g. in a range from “new” or as “good as new” to “completely destroyed”. For classification of the condition at the actual state, the possible development of the condition in the future and the necessary moment for measures must be taken into account.

Inspection concepts should consider the importance of different structures. Barriers that represent a key structure in the protection system are subject to more frequent inspection

and have to be maintained primarily. A key structure is characterised by massive damages in the protected area in the case of its failure.

The organisation of the inspection is regulated quite differently in the countries of the Alpine region. But in any case it is essential that the inspection is carried out by a qualified person and that the result of the inspection is well documented. In Italy, Austria and Germany for example the results are stored in databases for a further use (refer to annexe A – databases of structures).

It is important not only to monitor (and later on to maintain) structures, but also the watercourse, the banks and the waterside land. Those elements also fulfil functions in the whole system and therefore it can be, for example, necessary to remove deposited debris, excessive vegetation on the bank or woody debris. The interaction between watercourse, banks, slopes and structures have to be taken into account.

Every monitoring concept has of course to be flexible to changes and especially after events a separate monitoring is essential to prove the functionality of the system and to initiate necessary maintenance. To allow monitoring and maintenance a permanent access to the facility is necessary during the whole lifetime.

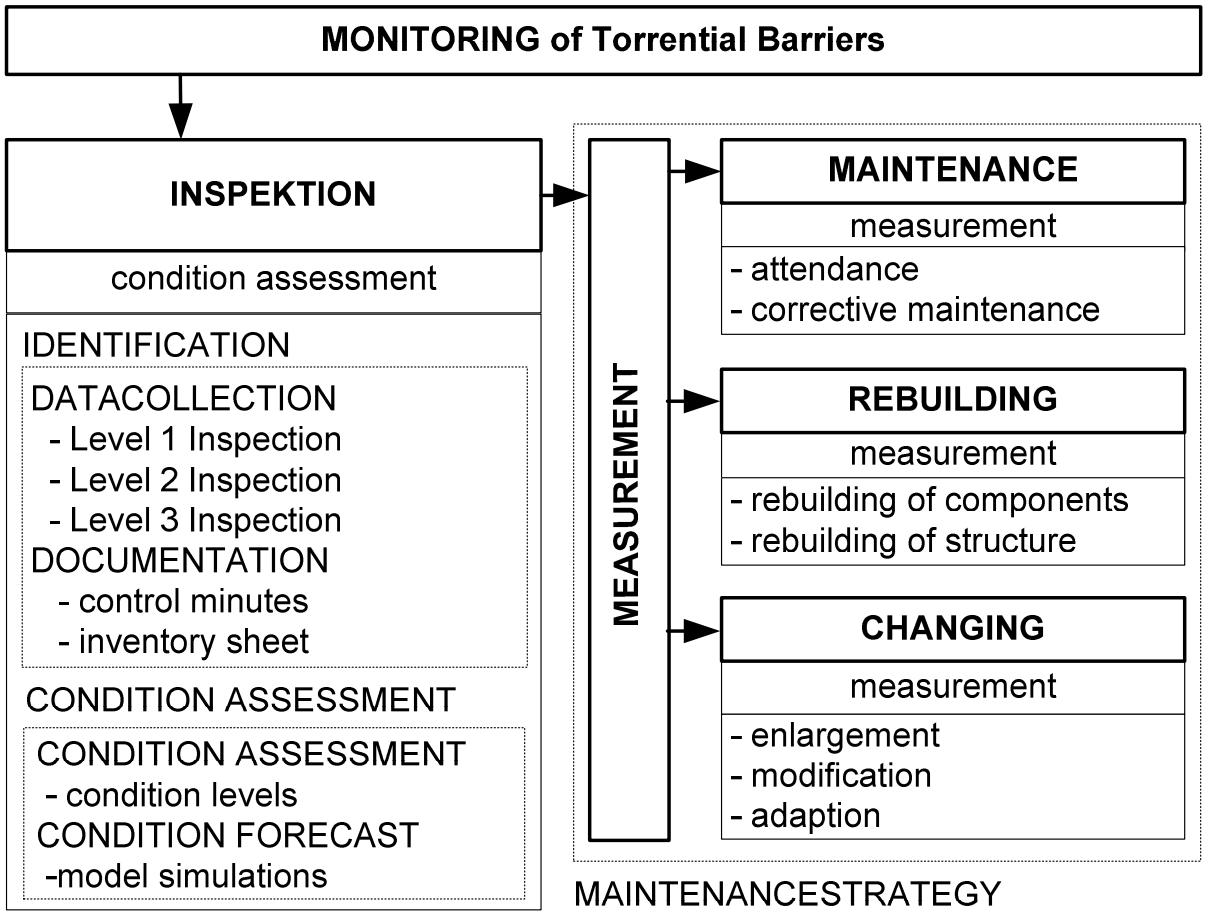


Fig. 12: Configuration of the maintenance concept for protection works

Instruments for inspection, documentation and assessment

To identify the actual condition and to ensure a consistent assessment, standardised instruments are useful (refer especially to good practice example B1). These instruments can be split into operational instruments, instruments of documentation and instruments of assessment.

Example for operational instrument for inspection (Austria)

Three different inspection levels consider economic limits. In level 1 all structures will be periodically inspected e.g. by lumbermen during the annual inspection of the torrents (e.g. task of the community due to the Forest Act). If damage on a structure is identified, a competent expert will do a level 2 inspection. If there is no chance of assessing the structures' actual condition, a level-3 inspection will be performed.

Level 1 and 2 are checked with visual inspection methods. For a level-3 inspection complex engineering methods are used, e.g. analyses of material samples, measuring systems, static and hydraulic simulations. Ideally this inspection level is carried out by an interdisciplinary expert team. These operational instruments are suitable to the RVS 13.03 standards.

A consistent and comparable description of the structures' damages is assured by well-developed control minutes. In Austria for example, a damage catalogue for torrent protection works was developed. This catalogue is based on the experience of practitioners and the theoretical background of researchers. The catalogue contains a classification of damages and detailed descriptions for several types of damages. The classification scheme divides the damage types in those with relations to the ultimate limit state, those with serviceability limit state to those with durability limit state (according to EN 1990). In addition, the classification considers the type of structure and the design material. A consistent and comparable description of the structures' damages can also be assured by well-developed instruments that enable effective decisions regarding type and timing of measures and control form sheets, which guide the inspector.

The collected data will be used for maintenance planning as well as further inspection planning to get a precise and efficient maintenance management. It enables effective decisions regarding type and timing of measures. A completed database could also be used as a base for simulations of further developments depending on different maintenance scenarios and in order to optimise life-cycle costs.

Maintenance

Regular maintenance of protection systems and structures is an important part of integrated natural hazard management. It provides the protection function, improves operation security and keeps structures in a good condition. Thereby no change in the protection function or the whole system is attained, which generally also means that no legal permission is needed. Main elements of maintenance are: reconditioning, repairs, (small) reconstructions.

The life span of a structure is affected by the maintenance strategy, especially the minimum triggering level respectively the frequency of maintenance actions. Regular attendance and corrective maintenance extend its life span. The more the structure approaches the critical condition (fig. 3), the more urgent measures have to be taken.

Maintenance should take into account several boundary conditions like ecological questions. For example, during certain times like spawning season of fish, major measures within the watercourse should be avoided.

Rebuilding or changing the system?

Every structure will reach the end of its life span sometime. In this case several possibilities are available:

- Rebuilding the structure(s) or its components
- Adaptation, modification or enlargement of the structure(s) because of changing boundary conditions (comp. e.g. good practice B 10)
- Controlled decay because no structure is necessary anymore
- Complete removal of the structure, because meanwhile it has a negative impact on the system
- Change of the whole system (e.g. one new large structure replacing several old ones)

For the assessment of the further course of action the whole system (catchment area) has to be observed by an integrated approach (refer e.g. to good practice example B2). This is the only way to identify the best strategy for a protection system that consists of many single structures, erected in different times and under different boundary conditions. An example for such an approach is given in the good practice example of Habichtgraben (B4, Germany), Gadria (B8, Italy) or the management of old avalanche protection structures (B12, B13 Switzerland).

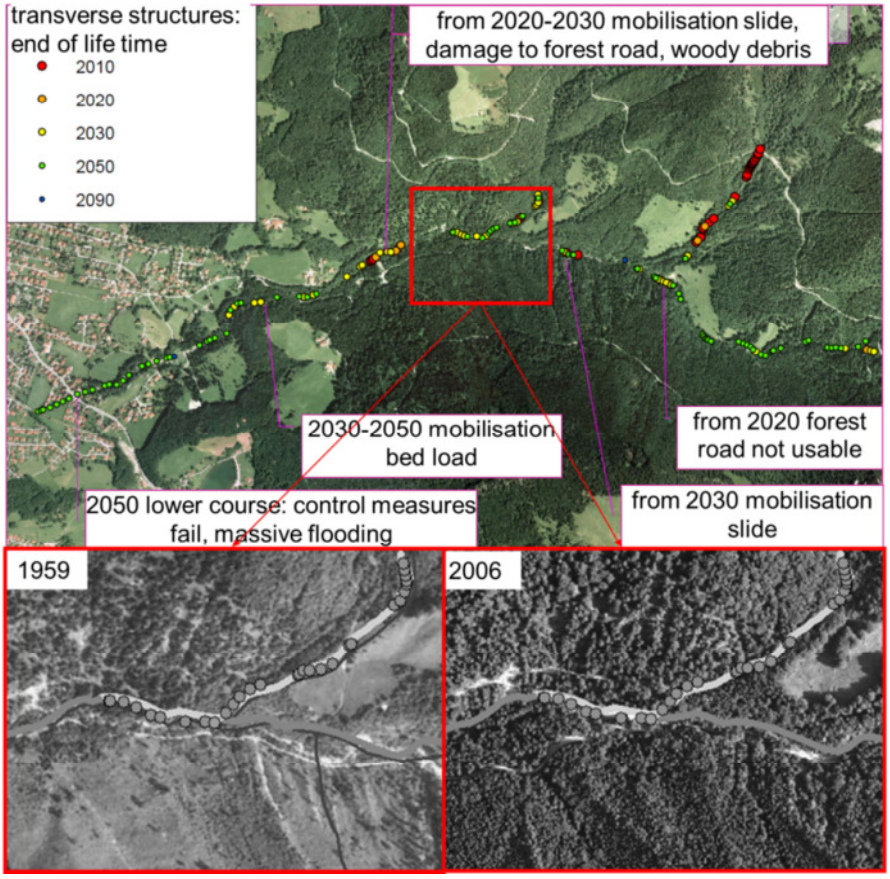


Fig. 13: Assessment of consequences after reaching the end of life time (Rimböck, A.; Asenkerschbaumer, M. (2012))

5. Implications and recommendations

CONCERNING THE DIFFERENT IMPACT LEVELS OF PROTECTION SYSTEMS, FIGURED OUT IN CHAPTER 2, WE WANT TO DISTINGUISH ALSO BETWEEN IMPLICATIONS AND RECOMMENDATIONS REGARDING THESE LEVELS.

5.1 Overall / general recommendations

Introduction of systems engineering in management of natural hazards: Systems engineering contains many valuable elements, which can promote an improved, sustainable and integrated approach in natural hazard management.

Innovative protection systems based on the cradle-to-cradle (former: cradle-to-grave) concept (life cycle management): with this perspective it is possible to make use of the intelligence of natural systems and to provide green care and green jobs for the future. Therefore it is sensible and necessary to enlarge the perspective from cradle-to-grave into a cradle-to-cradle perspective regarding the whole cycle and to optimise the consumption of resources.

Homogenisation of figures concerning capital stock / replacement value: as we realised, the database in the different countries regarding the number and value of the protection structures is heterogeneous. To gain better comparable figures for this important "security infrastructure" a standardisation for the value assessment and therefore a homogenisation of the database should occur.

Taking into account ecosystem services: By better understanding, enhancing and incorporating ecosystem services in protection systems investments become more sustainable. Therefore life time can be extended and cost of maintenance reduced. In some cases, even a full transfer of the protection function from structures to ecosystem services can take place.

5.2 Structural level

Observation and documentation system for protection facilities: all single protection elements of a system should be covered by an area-wide and well-adjusted system for careful inspection and documentation of all actions. This can assure a proper overview and therefore the system can be adequately handled, which allows an optimisation of operation and maintenance of the whole system.

Application of a life-cycle costing approach: during preparation and pre-planning aspects of functionality, stability, serviceability and durability have to be assessed in a well-adapted way. Such an early consideration of life cycle costing approaches facilitates the search of optimised solutions.

5.3 Catchment level

Analysis of development in the catchment area: only a careful consideration of all aspects in the whole catchment area can form a reliable basis for all planning phases. On this background specific scenarios can be derived which have to be considered in the planning process. With this approach and a periodic update it should be possible to react to future developments/changes and to gain adjustable and resilient protection systems.

Integrated approach to ensure sustainable and adjustable protection systems: only an integrated risk management in consideration of all protection elements - like protection forest, structural measures, planning measures - and with participation of all people concerned can lead to sustainable results and allow adjustable solutions.

5.4 Impact area level

Taking into account protection systems in spatial planning: only if risk assessment and protection systems with their consequences and constraints are systematically considered in spatial planning, functional and reliable overall solutions can be attained.

Balance of risks, chances and charges: the realisation of protection systems is a great effort. Not only the costs, but also the resulting chances and the residual risks have to be shared beyond the people concerned to allow best identification, acceptance and function.

5.5 National level

Reliable and continuous finance planning: only if finances are continuously available and the amount is based on an analysis of conditions of the existing structures and an assessment of the future needs (e.g. by means of a database, by capital stock calculation or other means) an adequate maintenance level can be ensured. This is vital for an unrestricted function of protection systems and for the reliability of the safety level.

Legal and technical minimum standards: to ensure a comparably high quality and reliable protection effects some standards should be elaborated and put into practice. This is even more important as many different interested parties work together in the elaboration of suitable protection systems. Furthermore, standards are a suitable instrument to share experiences and to facilitate quality management.

5.6 Alpine Space (resp. European level)

Consideration of protective infrastructure issues in specific funding programmes: many planning guidelines, protection systems and other elements of risk management are encouraged by national or European-based funds. If the functionality, reliability and long-term maintenance of the protective infrastructure are improved, the proper use of these financial instruments is optimised.

Cross-border approach in the Alpine Space: natural hazards are not subject to borders. Therefore, it is more than sensible to face this fact by a cross-border approach. Furthermore, there is always the problem between upstream and downstream riparian zones, which requires strengthening solidarity principles. A lively exchange of experience and information shall provide a comparable status of protection systems regarding systems engineering in the different countries.

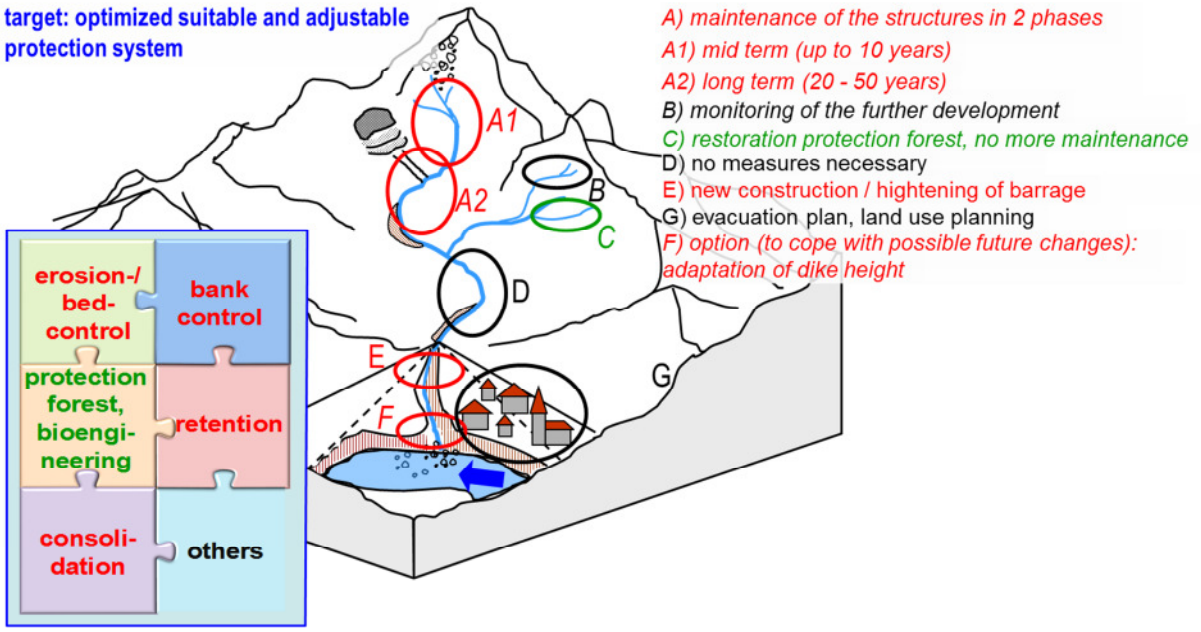


Fig. 14: Vision of maintenance and change management in a torrential catchment area (Rimböck et al (2012)

Literature

Literature used:

Amberger, C; Walter, G; Jenner, A; Mehlhorn, S; Suda, J (2014): Schutzbauwerke der Wildbach- und Lawinenverbauung - Ersterfassung und Zustandsbewertung, Stand der Arbeiten, Überblick praktische Erfahrungen in der Sektion Tirol, Ausblick. Wildbach- und Lawinenverbau, 78. Jg., H. 173, 248-255; ISSN 978-3-9503089-7-6

Bergmeister K., Suda J., Hübl J., Rudolf-Miklau, F. (2009): Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren, Ernst und Sohn, Berlin.

Blanchard B., Fabrycky W. (2006).: Systems engineering and analysis: Bringing systems into being. Prentice Hall, New Jersey

ClimChAlp (2008): Common strategic paper; published 2008; http://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen/projekte/climchalp/doc/broschuere.pdf

Gulvanessian, H., Calgaro, J.-A., Holický, M. (2004): Designers' guide to EN 1990, Eurocode: Basis of structural design, Thomas Telford Ltd, London.

Mazzorana B., Fuchs S. (2010): A conceptual planning tool for hazard and risk management. Internationales Symposium Interpraevent, Taipei.

Mazzorana, B., Trenkwalder-Platzer, H.; Fuchs, S. & J. Hübl (2014): The susceptibility of consolidation check dams as a key factor for maintenance planning. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft.

Rimböck, A.; Asenkerschbaumer, M. (2012): integral torrent development concepts – reconstruction under consideration of future developments; 2nd IAHR Europe Congress, Munich, 27-29 June 2012, proceedings

Rimböck, A.; Eichenseer, E.; Loipersberger, A. (2012): Integrale Wildbachentwicklungskonzepte – ein neuer Ansatz, um Erhalt und Zukunftsanforderungen in Einklang zu bringen? International Symposion INTERPRAEVENT 2012 Grenoble / France; proceedings volume 2, pages 1055-1065

Suda J., Jenni M., Rudolf-Miklau F. (2008): Inspektion und Überwachung von Schutzanlagen der Wildbachverbauung in Österreich. In: Proc. of the Interpraevent Conference, Dornbirn, Austria, 2008, pp. 525-536.

Suda J., Sicher P., Lamprecht D., Bergmeister K. (2007): Zustandserfassung und -bewertung von Schutzbauwerken der Wildbachverbuung - Teil 1 - Schädigungsmechanismen, Bauwerkserhaltung. Schriftenreihe des Departments für Bautechnik und Naturgefahren Vol. 14, Vienna.

Suda J., Sicher P., Lamprecht D., Bergmeister K. (2007): Zustandserfassung und -bewertung von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung - Teil 2 - Schadensdokumentation, Schadenstypenkatalog. Schriftenreihe des Departments für Bautechnik und Naturgefahren Vol. 15, Vienna

Suda J., Strauss, A., Rudolf-Miklau, F., Jenni, M, Perz, T. (2007): Betrieb, Überwachung, Instandhaltung und Sanierung von Schutzbauwerken: Normierung in der ONR 24803. Wildbach- und Lawinenverbau, Vol. 155, pp. 120-136.

Suda J., Strauss A., Rudolf-Miklau F., Hübl J. (2009): Safety Assessment of Barrier Structures. Structure & infrastructure engineering, Vol. 5/2009, pp. 311-324.

Jürgen Suda, 2013: Erhaltungskonzept (Laufende Überwachung, Kontrolle und Prüfung) für Schutzbauwerke der Wildbachverbauung Instandhaltung von Schutzbauwerken gegen alpine Naturgefahren (Maintenance Strategies for Protection Works) Publikationen der Universität für Bodenkultur Wien ISBN 978-3-900782-71-9 Verlag Guthmann-Peterson

Zobel D., Hartmann R. (2009): Erfindungsmuster: TRIZ: Prinzipien, Analogien, Ordnungskriterien, Beispiele. Expert Verlag.

Further literature:

Spackova, O.; Straub, D.; Rimböck, A. (2013): How to select optimal mitigation strategies for natural hazards?; Proc. ICOSSAR: 11th International Conference on Structural Safety & Reliability; Columbia University New York; June 16-20, 2013

Rimböck, A.; Loipersberger, A. (2013): Integral risk management: steps on the way from theory to practice, Natural Hazards, Volume 67, Issue 3, July 2013; Springer Verlag; DOI 10.1007/s11069-011-9928-z

Höhne, R.; Rimböck, A. (2013): Eigenüberwachung von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung in Bayern, Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, 77. Jahrgang Jänner 2013 Heft 170

Horvat, Aleš, Papež, J. (2008): Maintenance of torrent control structures in Slovenia. V: MIKOŠ, Matjaž (ur.), HUEBL, Johannes (ur.). 11th congress INTERPRAEVENT 2008, 26 -30 May 2008, Dornbirn Vorarlberg Austria. Klagenfurt: INTERPRAEVENT, str. 180-181, ilustr.

Kryžanowski, A., Širca, A., Ravnikar Turk, M., Humar, N., (2013): The VODPREG project: Creation of dam database, identification of risks and preparation of guidelines for civil protection, warning and rescue actions. Proc. of the 9th ICOLD European Club Symposium, Venice, Italy: 8 pages.

Papež, J., (2011): Silent witnesses in hazard assessment of erosion and torrential processes: M. Sc. thesis. Ljubljana: [J. Papež], 180 str.; 42 str. pril., ilustr.

Papež, J., et al (2010): The strategy of protection against erosion and torrents in Slovenia. V: ZORN, Matija (ur.), Od razumevanja do upravljanja, (Naravne nesrece, knj. 1). Ljubljana: Založba ZRC, str. 113-124.

Hitsch, R., Weinmeister H. W, (1992). Energiefluss bei der Durchführung verschiedener Bauweisen der Wildbachverbauung. INTERPRAEVENT 1992-BERN, Tagungspublikation, Band 4, p. 279-290.

BAFU (2009): Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur - umfassender Überblick für die Schweiz; Bundesamt für Umwelt Reihe Umwelt Wissen UW-0920-D, Eigenverlag, 2009; http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01058/index.html?lang=de (download am 24.10.2014)

ANNEXE

ANNEXE A - Country-related facts and figures regarding systems engineering in natural hazard management

ANNEXE B - Good practice examples from Member States

ANNEXE C – Good practice examples from Member States on construction details that support or prolong the lifetime / functionality of a protective infrastructure in place

ANNEXE A – Country-related facts and figures regarding systems engineering in natural hazard management

Duty of maintenance

Torrents

a) Monitoring and inspection
b) Attendance and corrective maintenance
c) Rebuilding and changing

Country (alphabetical order)	**Who is responsible**	**Who is financing**	**Who is operating**	**Legal basis**	**Costs (€/year)** incl. definition of the costs
Austria	a) In general: Water authority, torrent and avalanche control service; for specific protection work: holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	a) Holder (operator) or beneficiaries of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative	a) Holder (operator) of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative or commissioned civil engineer	Water Act Forest Act Water Engineering Funding Act	Up to 15 % of annual investment costs: approx. 20 million euros
	b) Holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	b) Beneficiary for recurrent measures; extraordinary maintenance: Public funding, shared among federal state, province and beneficiary) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	b) Holder (operator) of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative; Extraordinary maintenance work by Austrian Torrent and Avalanche Control Service		
	c) Holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	c) Public funding, shared among federal state, province and beneficiary) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	c) by Austrian Torrent and Avalanche Control Service or Provincial Flood Control Service		
Germany (Bavaria)	a) state (State Officies for Water Management)	a) state	a) state (State Officies for Water Management)	Bavarian Water Law	about 12 million
	b) state (State Officies for Water Management)	b) state	b) state (State Officies for Water Management)		
	c) state (State Officies for Water Management)	c) state	c) state (State Officies for Water Management)		

Italy	a, b, c) local authorities (provinces, regions, municipalities) for public safety and public infrastructures, institution in charge of the object to be protected (highways and railway companies, private firms)	a, b, c) local authorities (provinces, regions, municipalities) for public safety and public infrastructures, institution in charge of the object to be protected (highways and railway companies, private firms,)	a) owner or competent authorities b, c) private firms, public firms	National soil defence law (183/89) Regional soil defence laws	
Liechtenstein	a) Municipalities / Office for Civil Protection	a) state	a) Municipalities / Office for Civil Protection	Water management laws (Rüfeschutzbauten gesetze, Rheingesetz)	3.4 million (incl. new investments)
	b) Office for Civil Protection	b) state	b) Office for Civil Protection		
	c) Office for Civil Protection	c) state	c) Office for Civil Protection		
Slovenia	a) state (relevant Ministry for Water Management)	a) state	a) Slovenian Environment Agency & Concessionary services in Water Management	Slovenian Water Act and it's sub-legislations	about 7 million
	b) state (relevant Ministry for Water Management)	b) state or in some cases state with co-financing of local community	b) Slovenian Environment Agency & Concessionary services in Water Management		
	c) state (relevant Ministry for Water Management)	c) state or in some cases state with co-financing of local community	c) Relevant Ministry (Water Management or Infrastructure) with support of Slovenian Environment Agency & Concessionary services or Construction Contractor		
Switzerland	a) Cantons and local authorities	a) Federal state, cantons, local authorities	a) cantons or local authorities	Federal Forest Act Federal Water Engineering Act Corresponding cantonal acts	
	b) Cantons and local authorities	b) idem	b) cantons or local authorities		
	c) Cantons and local authorities	c) idem	c) cantons or local authorities		

* Maintenance of water and waterside land in Slovenia is carried out under the mandatory public utility services in the field of water management and also by selected concessionaires under a concession contract directed and managed by the Slovenian Environment Agency (body of Ministry for Water Management)

Duty of maintenance

Avalanches

a) Monitoring and inspection
b) Attendance and corrective maintenance
c) Rebuilding and changing

Country (alphabetical order)	**Who is responsible**	**Who is financing**	**Who is operating**	**Legal basis**	**Costs (€/year)** incl. definition of the costs
Austria	a) In general: Water authority, torrent and avalanche control service; for specific protection work: holder (operator) (e.g. municipality, road adminis-tration, water cooperative)	a) Holder (operator) or beneficiaries of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative	a) Holder (operator) of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative or commissioned civil engineer	Water Act Forest Act Water Engineering Funding Act	Up to 5 % of annual investment costs: approx. 2 million euros
	b) Holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative); for protection forest: land owner	b) Beneficiary for recurrent measures; extraordinary maintenance: public funding, shared among federal state, province and beneficiary (e.g. municipality, road administration, water cooperative); for protection forest: land owner or public subsidies (Provincial Forest Service)	b) Holder (operator) of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative; Extraordinary maintenance work by Austrian Torrent and Avalanche Control Service;); for protection forest: land owner or public subsidies (Provincial Forest Service)		
	c) Holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	c) Public funding, shared among federal state, province and beneficiary (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	c) by Austrian Torrent and Avalanche Control Service or Provincial Flood Control Service		
Germany (Bavaria)	a, b, c) object protection structures: institution in charge of the object to be protected (street building authorities, private firms) remediation of protection forest:	a, b, c) object protection structures: state, private firms remediation of protection forest: state	a, b, c) object protection structures: institution in charge of the object to be protected (street building authorities, privat) remediation of protection forest: state (Forest+Water Officies)	object protection structures: duty to implement safety precautions	remediation of protection forest: 0.5 – 1.0 million (only partially water)

	state (Forest+Water Offices)				
Italy	a, b, c) avalanche control structures: local authorities (provinces, regions) for public safety and public infrastructures. institution in charge of the object to be protected (highway and railway companies, private firms, ski resorts companies). forest management: local authorities (regions, provinces, municipalities)	a, b, c) avalanche control structures: local authorities (provinces, regions) for public safety and public infrastructures institution in charge of the object to be protected (highway and railway companies, private firms, ski resorts companies), forest management: local authorities (regions, provinces, municipalities)	a, b, c) avalanche control structures: private firms, public firms forest management: Private & public forestal firms	National soil defence law (183/89) Regional soil defence laws Regional forest laws	
Liechtenstein	a) Office for Civil Protection	a) state	a) Office for Civil Protection	Forest law	0.2 million (incl. new investments)
	b) Office for Civil Protection	b) state	b) Office for Civil Protection		
	c) Office for Civil Protection	c) state	c) Office for Civil Protection		
Slovenia	a, b, c) institution in charge of the object to be protected (e.g. road & railway management authorities, local communities)	a, b, c) state roads & railway management authorities, local communities, companies, private firms	a, b, c) institution in charge of the object to be protected (e.g. road & railway management authorities, local communities)	The Construction Act, duty to implement safety precautions	
Switzerland	a) cantons and local authorities	a) federal state, cantons, local authorities	a) cantons or local authorities	Federal Forest Act Corresponding cantonal act	
	b) cantons and local authorities	b) idem	b) cantons or local authorities		
	c) cantons and local authorities	c) idem	c) cantons or local authorities		

Rockfall

Duty of maintenance

a) Monitoring and inspection
b) Attendance and corrective maintenance
c) Rebuilding and changing

Country (alphabetical order)	**Who is responsible**	**Who is financing**	**Who is operating**	**Legal basis**	**Costs (€/year)** incl. definition of the costs
Austria	a) In general: Water authority, torrent and avalanche control service; for specific protection work: holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	a) Holder (operator) or beneficiaries of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative	a) Holder (operator) of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative or commissioned civil engineer	Water Act Forest Act Water Engineering Funding Act	Up to 5 % of annual investment costs: approx. 1.0 million euros
	b) Holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative); for protection forest: land owner	b) Beneficiary for recurrent measures; extraordinary maintenance: public funding, shared among federal state, province and beneficiary (e.g. municipality, road administration, water cooperative); for protection forest: land owner or public subsidies (Provincial Forest Service)	b) Holder (operator) of protection system: e.g. municipality, road administration, water cooperative; Extraordinary maintenance work by Austrian Torrent and Avalanche Control Service;); for protection forest: land owner or public subsidies (Provincial Forest Service)		
	c) Holder (operator) (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	c) Public funding, shared among federal state, province and beneficiary (e.g. municipality, road administration, water cooperative)	c) by Austrian Torrent and Avalanche Control Service or Provincial Flood Control Service		
Germany (Bavaria)	a, b, c) institution in charge of the object to be protected (e.g. street building authorities, municipalities)	a, b, c) state, municipalities	a, b, c) institution in charge of the object to be protected (e.g. street building authorities, municipalities)	duty to implement safety precautions (Verkehrssicherungspflicht)	

Italy	a, b, c) local authorities (provinces, regions, municipalities) for public safety and public infrastructures institution in charge of the object to be protected (highway and railway companies, private firms),	a, b, c) local authorities (provinces, regions, municipalities) for public safety and public infrastructures institution in charge of the object to be protected (highway and railway companies, private firms)	a) owners or competent authorities b, c) private firms, public firms	National soil defence law (183/89) Regional soil defence laws	
Liechtenstein	a, b) Roads: Office for Building and Infrastructure; Rest Office for Civil Protection	a) state	a, b) Roads: Office for Building and Infrastructure; Rest Office for Civil Protection	Forest Law (Waldgesetz)	0.2 million (incl. new investments)
		b) state			
	c) Office for Civil Protection	c) state	c) Office for Civil Protection		
Slovenia	a, b, c) institution in charge of the object to be protected (e.g. roads & railway management authorities, local communities)	a, b, c) state roads & railway management authorities, local communities, companies, private firms	a, b, c) institution in charge of the object to be protected (e.g. road & railway management authorities, local communities)	The Construction Act, duty to implement safety precautions	no data
Switzerland	a) cantons and local authorities	a) federal state, cantons, local authorities	a) cantons or local authorities	Federal Forest Act Corresponding cantonal acts	
	b) cantons and local authorities	b) idem	b) cantons or local authorities		
	c) cantons and local authorities	c)idem	c) cantons or local authorities		

Databases of structures

Country (alphabetical order)	**Is there a structural protection measure-related database/register**	**Number of protection structures**	**Contents of the database**						**Interface to other databases**
	(if yes: name of database if no: ---)	(in database)	Structure dimensions	Assessment of condition	Use for planning of monitoring	Documentation of monitoring and inspection	Documentation of attendance and corrective maintenance	Documentation of rebuilding and changing	
Austria	Austrian Torrent & Avalanche Cadastre: Protection measure data ; Structural data-base of road and railway operations	WLV: 150,000 (actual state of recording and assessment); ÖBB: ?	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	Export of data in *.xls or *.shp-file (GIS) possible; outline in interactive PDF-maps
Germany (Bavaria)	Torrents: InfoWibA	about 50,000	**X**	**X**	**X**	**X**	**(x)**	**(x)**	Export of data in *.xls or *.shp-file (GIS) possible
	Avalanches: --- (no nationwide consistent database)								
	Rockfall: --- (no nationwide consistent database)								

Italy	ReNDIS (Repertorio Nazionale degli Interventi per la Difesa del Suolo)								WebGIS and shapefile
	South Tyrol: BAUKAT (torrent control structures)	about 35,000	**x**	**x**	**x**	**x**			Shapefile
	South Tyrol: LAWBAUKAT (avalanche control structures – under construction)		**x**	**x**					Shapefile
	South Tyrol: VISO (rockfall protection structures – under construction)		**x**	**x**					ORACLE
	Autonomous Province of Trento: database of protection structures	About 18,000	**x**	**x**	**x**				
	Region Friuli Venezia Giulia – cadastre of protection structures								Shapefile
Liechten-stein	Schutzbautenkataster (SBK) Avalanches, Rockfall	1,000	**x**	**(x)**				**x**	Export of data in *.xls or *.shp-file (GIS) possible
	Torrents: --- (in development)								
Slovenia	Water infrastructure: "Vodni objekti"	about 14,000	**X**	**(x)**	**(x)**	**(x)**	**(x)**	**(x)**	Export of data in *.xls or *.shp-file (GIS) possible
	Avalanches: --- (no nationwide consistent database)								
	Rockfall: --- (no nationwide consistent database)								
Switzerland	ProtectMe								

ANNEXE B – Good practice examples from Member States

Note: The good practices collected with the support of the Member States are a non-exhaustive representation of the different complex situations existing in the Alpine area

B1 - Inspection System for retention basins in Styria **38**

B2 - Galina Torrent – Redevelopment of historic protection systems **39**

B3 - The role of Water Cooperatives in collaborative risk governance **40**

B4 - Habichtgraben - Change of system in a torrent **41**

B5 - Mountain Forest Initiative **42**

B6 - Comparison for residual risk **43**

B7 - Guiding and evaluating river corridor developments **44**

B8 - Towards a protection system reconfiguration on the Gadria stream **45**

B9 - Restoration of the Mareta River **46**

B10 - Adjustment of structures **47**

B11 - State of dams for water management purpose in Slovenia **48**

B12 - Management of old avalanche protection structures **49**

B13 - Guppenrunse torrent, Schwanden, Canton of Glarus **50**

INSTALLING A SYSTEM FOR A REGULAR, PERIODICAL INSPECTION OF THE CONSTRUCTIONS THROUGH PROFESSIONAL SKILLED EXPERTS AS A STEP TOWARDS BETTER MAINTENANCE AWARENESS

Presentation of the problem: During the operation of the retention basins it became evident that the operator of the construction – municipalities and water boards – neglected the maintenance of the construction and the inspection of important system parts. There has often been a lack of expertise.

Framework (responsibilities, law, organisation): The maintenance of retention basins is regulated in the Water Law Act 1959 (WRG 1959). Generally, the operator (mostly a community) is responsible for the maintenance work.

Solution / description: In 1993 all retention basins were inspected in regard to design or constructional shortcomings as well as in terms of weak points during the operation of the constructions. The results of this analysis and the shown shortcomings induced the responsible people in the regional government authority to install a system for a regular, periodical inspection of the constructions through professional skilled experts. Together with representatives of the Chamber of Engineers of Styria and Carinthia the scopes of work of the "retention basin supervisor" was worked out in 1994 (refer to fig. 6).

During the annual site inspection and control of the construction in regard to existing shortcomings in construction, design and statics also the functional capability of all plant components have to be checked. In addition to the annual control, the retention basins have to be inspected after every event respectively after every ponding of the basin. The inspection report is forwarded to the client, to the operator of the basin as well as to the Water Right Authority. Furthermore a caretaker, e.g. a municipal employee, is responsible for the maintenance of the construction which is documented in an operation diary. This system is financed by the federal ministry, the government of Styria and by the operator.

Tasks of the supervisor:

- Preparation of a retention basin book (technical and legal documents)
- Preparation of a handbook and work rules
- Annual inspection of the construction visually and functionally
- Report to the Water Right Authority, the Styrian Government Department 14, the operator, the district construction management and the torrent und avalanche control
- Training and education of the caretaker
- Inspection of possible reconstruction works
- Monitoring and checking of any refurbishment

Tasks of the caretaker:

- Keeping an operation diary
- Maintenance of the construction
- Status control of all plant components (4 times a year)
- Removal of log jams
- Informing the operator in case of emergency



Fig. 15: Organisation of the inspection system in Styria

FURTHER INFORMATION/LINKS:

The inspection of the retention basins in Styria via civil engineers has proved itself to be optimal. All constructions are in a proper condition. The sense of responsibility is increased due to the activities of the civil engineers and because of the common annual field inspection.

www.wasserwirtschaft.steiermark.at

B2 - Galina Torrent – Redevelopment of historic protection systems Austria

Phase of LCM: planning

WITH RESPECT TO CHANGING ENVIRONMENTAL AND SOCIETAL CONDITIONS THE 100-YEAR OLD PROTECTION SYSTEM IN THE GALINA TORRENT (NENZING, VORARLBERG) – CREATED AS PART OF THE HISTORIC RHINE RECTIFICATION – REQUIRED A COMPLETE REDEFINITION OF PROTECTION TARGETS, REDEVELOPMENT OF THE PROTECTION CONCEPT AND ESTABLISHMENT OF A NEW CONSORTIUM OF BENEFICIARIES.

Presentation of the problem: After a service life of more than 100 years torrent control works and successfully reforested erosion scars in the Galina catchment have reached a critical stage concerning stability and serviceability and require cost-intensive restoration. The Galina torrent control works were originally built to retain enormous masses of loose rock and gravel from erosion in order to unburden the Rhine rectification from sedimentation and colmation. Although the catchment and huge debris cone are well afforested and do not have any major settlements, several important infrastructures (such as railroad, provincial load, power plant) were established in the former hazard zone of the Galina torrent, which is now exposed to increasing risks.

Framework (responsibilities, law, organisation): The torrent control works in the Galina catchment were created and financed in the framework of the bilateral treaty Austria-Switzerland for the rectification of the Rhine river with 100% funding by the state. Due to the historic origin of the protection works there are maladjusted responsibilities for maintenance and monitoring of the protection system, excluding the actual beneficial occupants of the protection effects and services. The critical condition of the protection structures is obvious, while a prognosis for the ongoing process of decay (protection works and forest stands) is debatable and depends on the development of disasters. As the actual hazard map shows a moderate risk (assuming full protection function), the beneficial occupants still needed to be convinced about their responsibility and financial involvement for maintenance and restoration.

Solution / description: The restoration of the protection system and reforestation in the Galina catchment requires a concept adapted to the new risk scenarios and changed protection needs of the actual beneficial occupants. As no legal basis exists anymore to justify a 100% financing by the federal state, a new model for financing urgent maintenance and restoration works and an appropriate legal basis in order to involve all beneficiaries to the extent of their benefits and averted losses was crucial. After hard and intensive negations concerning the relevant risk scenarios (potential amplification of hazard zones), the scope and priority of restoration measures and the cooperation of the beneficiaries in a new protection concept a new project with a total cost of € 2,8 million was elaborated and financially approved in 2014 including far-sighted restoration measures until 2035.

FURTHER INFORMATION/LINKS:

http://www.naturgefahren.at/projekte/galina.html



Fig. 16: Historic protection works and reforsted erosion scars in the Galina catchment (Vorarlberg)

B3 - The role of Water Cooperatives in collaborative risk governance Austria

Phase of LCM: planning and operation

LOCAL WATER COOPERATIVES – A LEGAL BODY COMPOSED OF INDIVIDUALS, MUNICIPALITIES, COMPANIES ETC. – IN THE FRAME OF NATURAL HAZARD MANAGEMENT AS A STRONG VEHICLE TO SHARE THE FINANCIAL BURDEN/RISK OF NATURAL HAZARD PREVENTION ALONG WITH A BROADER AUDIENCE.

Presentation of the problem: In order to strengthen the current efforts to boost resilience in Austria, there is also the question about more privatisation of risks. This requires stronger engagement of non-governmental actors, such as private households and businesses, to increase investments in self-protection and also to increase risk awareness and perception. Exploring the potential of collaborative financing mechanisms is one – but vital – step towards collaborative risk governance and therefore also to systems engineering.

Framework (responsibilities, law, organisation): As it is the case in Austria, in accordance with the Water Act of 1959, a water board or water cooperative is a legal body composed of individuals, municipalities, companies etc. with a variety of tasks, including sharing of (financial) risk associated with water-related hazards at a specific site – mainly valleys and regions as well as the maintenance of the structures. Each member contributes financially to a common fund, which is intended for use in the development of mitigation or prevention measures. The idea behind this is to share the financial burden, e.g. to develop protection measures in a torrent/river with all people/organisations that anticipate a given safety level in a valley/region – regardless of whether they are directly affected by natural hazards.

Solution / description: A number of water boards or water cooperatives currently exist in Austria (some of which are over 100 years old, e.g. the Schmittenbach, Zell am See, Salzburg water board), it is, however, not yet a common cooperative structure throughout the Austrian country. With regard to torrent and avalanche-related hazards, the highest number of water boards can be found in the province of Salzburg (approx. 260) and include approximately 230,000 households. The level of contributions made to the common fund by each member is formalised using a point-based system which reflects the degree of exposure of a given property and/or building. Due to this "direct" involvement of the members of a water board in natural hazard management, a high level of identification with the "products" of protection strategies can be observed and this, in turn, supports maintenance and further mitigation measures in the areas in question.

FURTHER INFORMATION/LINKS:

www.wg-schmittenbach.at (for example)

B4 - Habichtgraben - Change of system in a torrent — Germany

Phase of LCM: operation

IN THE TORRENT "HABICHTGRABEN" ONE NEW LARGE BARRAGE WAS BUILT TO REPLACE SEVERAL OLD AND ALMOST DESTROYED SMALL BARRAGES IN THE UPSTREAM CATCHMENT AREA.

Presentation of the problem: The Habichtgraben is a torrent in the municipality of Eurasburg, which flows into the river Loisach 7 km south of Wolfratshausen. About 60 check dams (construction material: concrete, stone or wood) in the catchment area are meanwhile in a bad condition or have already been destroyed. The maintenance of these old barrages would be very costly.

During the last decades, as a side effect of the check dams, a dense forest has grown and stabilised the slopes in the upper area. The settlement area in the lower catchment, however, was still in danger. The positive ecological development allowed a change in the protection system.

Framework (responsibilities, law, organisation): For the old barrages the state as a builder of the structures was in charge of maintaining the torrent and its protection works also in the upper catchment, before the system change was realised. The local State Office for Water Management (Wasserwirtschaftsamt) Weilheim representing the state was also responsible for upkeeping the protection level for the settlement area. A legal basis is the Bavarian Water Law.

Solution / description: An integrated approach was the basis for the planning phase. The whole catchment area was observed in this process. Finally, the planners came to the decision that a single new sediment control dam in short distance upstream of the settlement area could fulfil the purpose of the existing old check dams and could therefore replace them.

Lower building and maintenance costs were only one advantage of this solution. Because the Habichtgraben passes through a nature-protected area according to the Flora-Fauna-Habitats Directive (FFH), the preferred solution caused a smaller intervention in this territory.

The structures in the upper catchment area are no longer maintained after the finalisation of the new protection works. A removal is, however, not intended. As a legal consequence, the obligation for maintenance of the upper torrent (upstream the new protection works) itself switched from the state to the municipality of Eurasburg. This shift of responsibility was finalised by an onsite inspection, where the details were arranged and written down in a protocol.

The measure was legally approved by the local administrative district office and has already been realised. Because the protection level remained the same, the municipality did not participate in the building costs of the new barrage.

FURTHER INFORMATION/LINKS:

State Office for Water Management Weilheim
www.wwa-wm.bayern.de

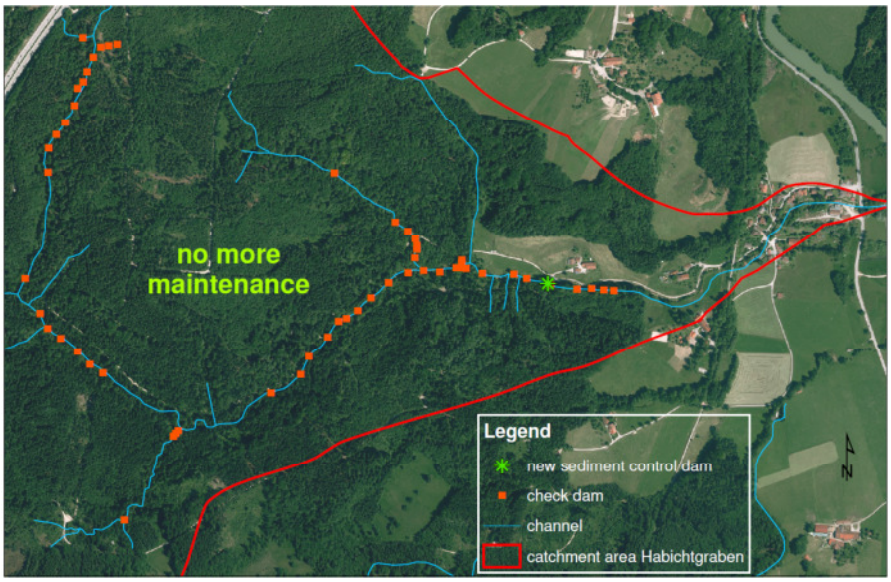


Fig. 17: Building of the new sediment control dam (Picture: WWA Weilheim)

THE MOUNTAIN FOREST INITIATIVE AS A CONTRIBUTION TO ADJUSTABLE LONG-TERM STABLE CONCEPTS REGARDING CHANGING INTERESTS.

Presentation of the problem: Measures in the catchment basins of torrents are able to support technical protection structures or even replace them. A mountain forest in good condition, for example can reduce the peak discharge in the channel and stabilises the slopes. An integrated approach in torrent catchments enables to achieve adaptable protective systems and thus to react on changing boundary conditions in the future (e.g. climate change). The ability of mountain forests to protect residential areas and infrastructure against abiotic natural hazards has to be maintained or restored by pointedly protection forest management.

Framework (responsibilities, law, organisation): In 2007, Bavaria launched the "Climatic Programme Bavaria 2020" which includes different measures for the reduction of greenhouse gas emissions, adaptation to climate change and the intensification of research and development.

Solution / description: A special set of measures known as the "Mountain Forest Initiative" (Bergwaldoffensive, BWO), focuses on the adaptation of the Alpine forests in Bavaria to climate change.The central aim of the BWO is to stabilise and sustainably adapt the Alpine mountain forests to climate change. For this purpose, 30 projects were identified in areas with special climatic risks. Integrated master plans were developed for these projects, which include different silvicultural measures like thinning, planting and natural regeneration, the construction of forest roads, and hunting and pasture management for the reduction of browsing damage.A large number of owners are usually affected by the projects. Thus, the pilot measures are planned and initiated in agreement with the land owners and local stakeholders. This strong focus on participation renders the process transparent – a crucial factor for the success of the projects.

Other important elements of the BWO include improving the supply of suitable tree seeds for the Alpine region in Bavaria, strengthening applied research and generating new basic information for the management of Alpine forests. For example, a digital map of forest soils in the northern Alps was generated as a basis for restoration and forecasts by the WINALP project (Waldinformationssystem Nordalpen) in cooperation with partners from Austria (Tyrol, Salzburg).

FURTHER INFORMATION/LINKS:

www.forst.bayern.de
www.hswt.de
http://arcgisserver.hswt.de/Winalp

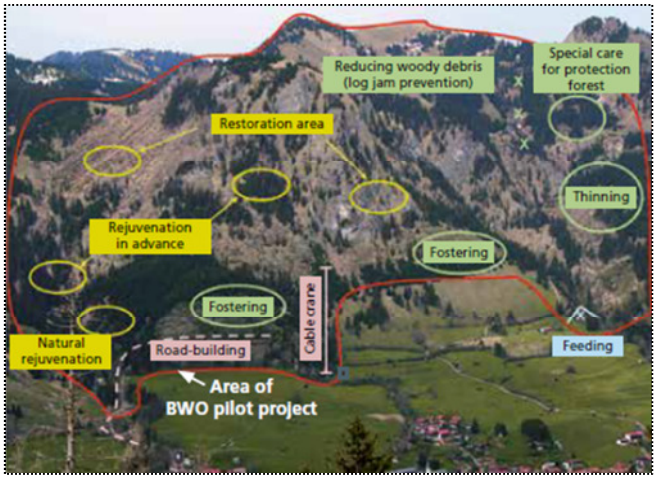


Fig. 18: Example of measure combination within a Mountain Forest Initiative Area. (Bavarian State Institute of Forestry)

IDEA FOR (FINANCIAL) EVALUATION OF ALTERNATIVES REGARDING DIFFERENT CONSEQUENCES IN CASE OF OVERLOAD RESP. DIFFERENT RESIDUAL RISK.

Presentation of the problem: Alternatives might safeguard the same protection level (e.g. 100-year flood), but have different residual risk due to "silent reserves", different failure process (suddenly, stepwise etc.) or other effects. At the moment, there is no common approach to observe such effects on residual risk resp. behaviour in the case of overload.

Framework (responsibilities, law, organisation): the responsibility for observing the case of overload resp. the residual risk is associated with the responsibility for planning the protection measures - for measures with respect to medium and large rivers as well as for torrent control in Bavaria it is the state, for measures concerning small streams and rivers it is the municipality.

Solution / description: At the moment the comparison between different alternatives for protection measures focuses on the building costs. This is based on the assumption that all alternatives safeguard the same protection level. In terms of risk assessment this means, that both the protected and the residual damage potentials are the same for the alternatives and can thus be neglected.

In reality there are differences regarding the residual risk for several alternatives. So we started to think about considering these differences in the selection process for the favoured alternative. This could be done by elaborating more detailed damage functions, and also considering some more rare events compared to the design event. Calculating the average damage on this basis should show differences in the residual risk (see fig. below). Therefore, it is vital what supporting points for the calculations are chosen. But we are still at the beginning and need more investigations on this before introducing it as standard.

FURTHER INFORMATION/LINKS:

Spackova, O.; Rimböck, A.; Straub, D.; (2014): Risk Management in Bavarian Alpine Torrents: a Framework for Flood Risk Quantification Accounting for Subscenarios; IAEG XII Congress - Torino, September 15-19, 2014

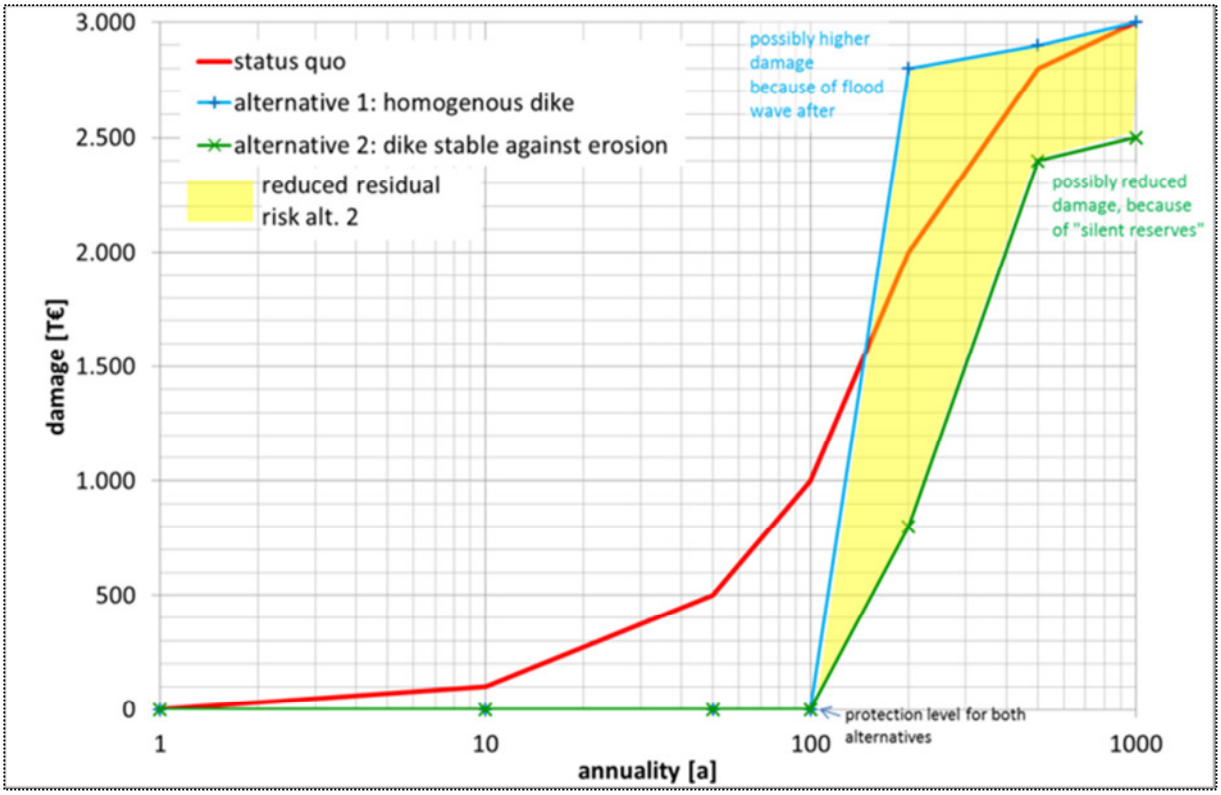


Fig. 19: Suggestion for the calculation of different residual risk concerning protection alternatives

B7 - Guiding and evaluating river corridor developments through a structured target system

Italy

Phase of LCM: planning

EFFECTIVENESS IN RIVER CORRIDOR MANAGEMENT REQUIRES CLEAR AND MEASURABLE TARGETS

Presentation of the problem: River managers are increasingly aware that land development within river corridors may bring about persistent, wicked or unstructured problems. Thus, river corridor management processes are particularly challenging due to their inherent complexities, uncertainties and the variety of actors with different perspectives involved at various levels. The potential lack of transparency and consistency of the decision making processes in a participatory environment minimizes the benefits for the concerned societies.

Framework (responsibilities, law, organisation): River corridor management ultimately seeks to find alternatives and prospects that represent different syntheses amongst: i) what society desires, ii) what complies with the natural evolution patterns, and iii) what is allowed by the existing legal framework. In other words, the objective is to identify the decision space in terms of intersections among the following dimensions: (i) desiderata or space of desirability (i.e. the value system and the preference structure of the concerned society); (ii) the developmental possibilities (i.e. river corridor evolution trajectories, assessed ecosystem resilience and natural hazard risks, forecast developmental trends and economic scenarios) and (iii) the constraints (i.e. legal and institutional settings, budget limitations, conjunctive and disjunctive restrictions, modus operandi etc.). Making the desiderata of the concerned society and stakeholders (or of a smaller representative steering panel) explicit is the first milestone in the holistic river corridor management approach we propose. The elucidation of the developmental possibility space is achieved through a multidisciplinary approach, aiming at integrating river corridor-related environmental science and socioeconomic science. Every river corridor development attempt is embedded in peculiar legal and institutional settings imposing constraints on the management process.

The operational target system: The conceptual scheme of an operational target system is shown in figure 10. With respect to the objectives to be considered in river corridor management we elaborated the following categorisation for the Drava River (from Nardini and Pavan, 2012): risk (R) (in different forms: flooding, fluvial dynamics, debris flow/landsliding; residual); costs (C) (investment and management); disturbance (D) to existing activities, particularly because of: land-use change, change of property, delocalisation, modification of hydropower generation; "nature value" (N), namely the ecological status of the river ecosystem; Externalities (E), particularly the impacts that the considered subbasin may export to the rest of the river. In the green boxes we list indicators that are commonly assessed in objective terms, whereas in the orange boxes we report decision-relevant knowledge to be elicited from experts, stakeholders and decision makers.

FURTHER INFORMATION/LINKS:

For details: email: wasserschutzbauten@provinz.bz.it

References:

Nardini A., Pavan S., River restoration: not only for the sake of nature but also for saving money while addressing flood risk: a decision-making framework applied to the Chiese River (Po basin, Italy). Journal of Flood Risk Management 2012; 5:111–133.

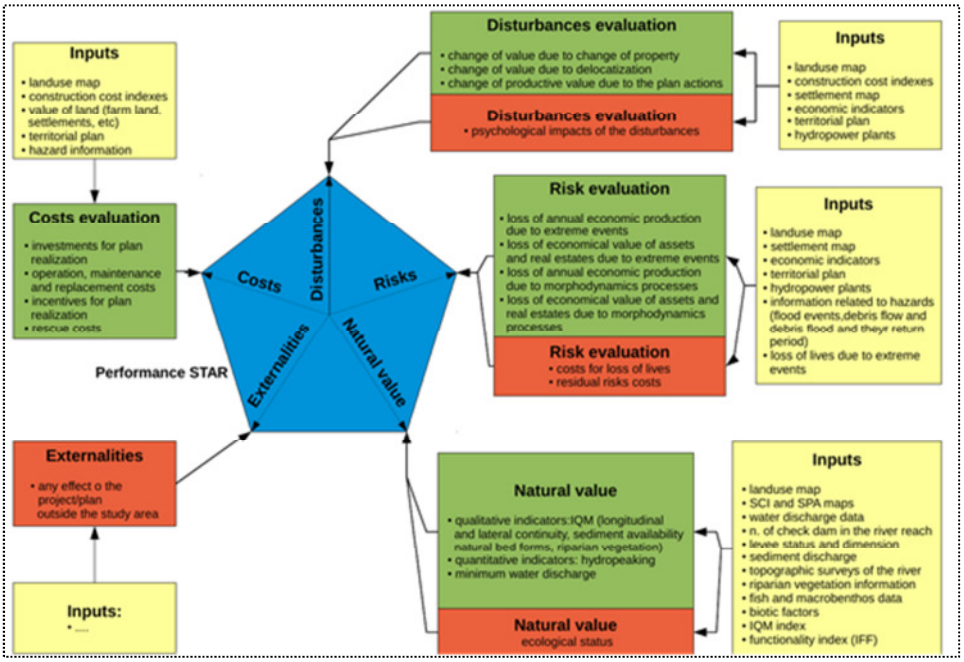


Fig. 20: Operational target system

B8 - Towards a protection system reconfiguration on the Gadria stream Italy

Phase of LCM: planning

A BALANCED PLANNING APPROACH

Presentation of the problem: The Gadria catchment (South Tyrol, Italy) with a drainage area of 6 km² presents one of the largest fans in the Alps (10.9 km²) with frequent debris flow rates (1-2 per year). The average precipitation in the main valley is quite low (about 500 mm) compared to similar debris flow basins in the Alps. Thunderstorms are responsible for most of debris flow occurrences. Since the middle age 39 events have been documented. The main tributary, the Strimmbach, has recently shown debris flow activities and erosion processes in the lower part of the stream. In the current unfavourable configuration the Gadria and the Strimmbach frequently deliver considerable sediment volumes to a single retention basin. This, in the long run, entails unsustainable clearing costs for public administration. Moreover, despite the presence of the deposition basin, the alluvial fan is prone to hazard impacts. Simulations showed that for events with a return period > 30-yr. outburst of the channel boundaries is possible. For events with larger return periods, clogging of the bridge in the village of Allitz is to be expected, which would induce hazard propagation on larger portions of the cone area.

Planning objectives

The risks for the endangered objects on the debris cone should be reduced significantly. This entails a reduction of the specific risks for residential buildings and infrastructure (mainly roads) and commensurately for the agricultural areas. Simultaneously, the functionality of the protection system should be enhanced. This means essentially to design a sediment-dosing system capable of buffering the peaks of the involved hazard processes without additional maintenance costs (clearing up the costs for deposited debris flow volumes). The ideal solution would be a self-functioning dosing system.

Planning approach

Since the performance of the envisaged system will crucially depend on its dosing functionality, a balanced planning approach elaborated by Simoni et al. (2014) involving backward-oriented indication, numerical simulation and physical scale modelling (Hübl et al., 2012) was adopted (compare figure 1).

Possible solutions

The adopted investigation strategy clearly indicates that modifying the existing check dam by widening its opening could significantly contribute to increase the functionality of the system and thereby to reduce the life-cycle costs to a significant extent. Possible flood risk exacerbations for the endangered settlement areas could be avoided by established techniques (e.g. local object protection, local deflection walls and a modification of a wood bridge). On a conceptual level also more radical interventions have been hypothesized (compare Stecher et al. 2012) entailing a complete removal of the retention check dam to reestablish the sediment continuum. Provided that integrative local protection measures will be realised, this solution will contribute significantly to a complete solution of the acute counterproductive debris flow material deposition problem.

FURTHER INFORMATION/LINKS:

For details: email: wasserschutzbauten@provinz.bz.it

Hübl, J., Fleisch, M., Chiari, M., Kaitna, R. (2012): Physikalische Modellversuche zur Optimierung der Geschieberückhaltesperre am Gadriabach (Vinschgau,Südtirol); IAN Report 144, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur - Wien (unpublished)

Simoni, S., Vigoli, G., Zambon, F. (2014): Assessment of mutual interactions between control structures, torrential and river sediments, and large wood. SEDALP Project (unpublished)

Stecher, M., Mazzrana, B., Hübl, J. (2012): Proposal of risk mitigation strategies based on a conceptual planning approach. 12th Congress INTERPRAEVENT 2012 – Grenoble / France - Conference Proceedings.



Fig. 21: Gadria creek: Details of the clogging mechanisms (i.e. through driftwood and solid material) of the check dam openings and the consequent full aggradation of the disposition basin.

Phase of LCM: planning

RECONCILING FLOOD PROTECTION AND ECOLOGY

Presentation of the problem: Until recently the planning approach of river engineering works was mainly targeted at mitigating hazards, designing hydraulically suitable and stable river cross sections. As a consequence of such river regulation interventions, areas located in the valley bottom could be made available for various developmental interests. Conversely and inevitably aquatic habitats have shrunk over the time. An increasing social concern about the loss of ecosystem integrity and functionality induced rethinking of the traditionally planning paradigms: multifunctional solutions by mitigating risks and commensurately enhancing the ecological value as well as meeting the recreational demand are now largely preferred.

Framework (responsibilities, law, organisation): Within the EU-funded Interreg IIIB Project River Basin Agenda, the Department of Hydraulic Engineering of the Autonomous Province of Bolzano elaborated a restoration project for the Mareta River.

Solution / description:
The Mareta River flows through the Ridanna Valley in South Tyrol and joins the Isarco River near the city of Vipiteno. Its watershed has an area of 209 km² and its elevation ranges from 935 to 3470 m asl. The reference flood discharges are 90 m³/s for a recurrence interval of 10 years and 230 m³/s for a recurrence interval of 100 years.
In the second half of the last century the Mareta River was subject to intense gravel extraction activities and afterwards, during the 80es, river engineering works in form of a series of grade control structures to consolidate the stream bed were implemented converting its river typology from braided to monocursal with a substantial interruption of the sediment continuum.
To reestablish the conditions for river dynamics substantial ecological enhancement was made in a first development stage which removed 16 check dams in order to reestablish the river continuum. The stream consolidation was achieved by posing huge boulders with a minimum weight of 2 tons.
A monitoring programme was initiated to verify the quality of this river restoration project in the long run. Morphological changes were detected by topographically assessing cross-sectional variations. The ecological status is monitored by ad-hoc vegetation and habitat survey.
A major aim is to foster a better human-river relationship. Flood protection works realised in the last century exacerbated the perception of fear with respect to water-related hazards. Now in the new setting the river is accessible and attractive for recreational purposes. The "new" Mareta River is a good practice example for both recreating a human-river symbiosis and providing the necessary protection function for the exposed elements at risk.

FURTHER INFORMATION/LINKS:
For details: e-mail:
wasserschutzbauten@provinz.bz.it



Fig. 22: Mareta river before and after human-river symbiosis improvement

Phase of LCM: operation – conversion of structures

Presentation of the problem: The last decades have shown that mainly in terms of discharge peaks it is not possible to completely control flooding processes with just check dams. Therefore, the focus of structural measures has moved to the enlargement of sediment traps and flood retention basins.

Framework (responsibilities, law, organisation): Knowledge of natural hazards prone areas due to hazard maps, consideration of overload cases and application of cost-benefit analyses for protection concepts.

Solution / description: The natural hazard maps showed that hazards associated with rare and very rare events as well as the overload cases can rarely be solved in the catchment area itself. The more the financial resources are limited and by using cost-benefit analyses it is obvious that the solution can mostly not be found just in building barriers along the channel. Therefore, new concepts have to be found or existing ones have to be changed.

Runoff modelling showed that in long-lasting heavy precipitation compared to the years 1999 and 2000 it is not possible to bring the collected runoff through the outfall into the Rhine. Since in thunderstorm events, the debris flow and sediment deposits are an additional problem the idea arose that sediment traps used for this purpose could also provide additional retention. The enlargement of the sediment traps itself provided the opportunity to question the existing structural measures like check dams and to minimise them wherever possible.

Of course, such system adjustments are only possible if the space for retention measures is available and the geological conditions allow those kinds of solutions. It shows, however, that additional knowledge or changing circumstances require a review of the used structural measures. The change of existing structure systems is always hard to communicate, but the consideration of overload cases and the cost-benefit analysis allow for it.

An example of an adapted system is the enlargement of the retention basin in Balzers. Before increasing the maximum retention of all basins up to 100,000 m^3 already a HQ20 caused problems. Now a one-hundred-year event can be managed without causing any damage to the village. In addition, the enlargement of the sediment traps leads to a later and less frequent use of the retention basin. As for the retention, the use of agricultural land is needed, and compensation payments could be reduced by this measure. Due to the enlargement of the sediment trap the cross-border road connecting Liechtenstein and Switzerland is now protected from debris flows without having built any barriers along the channel.

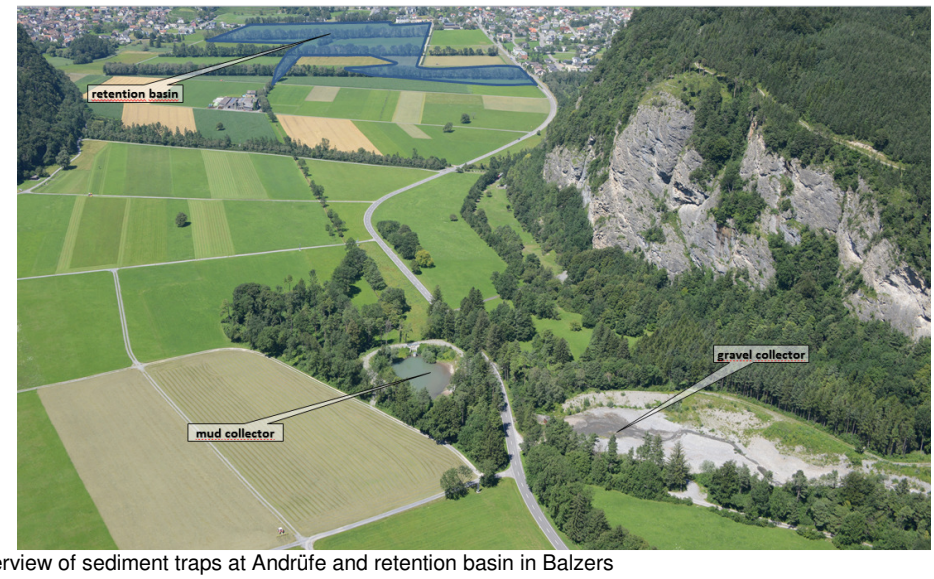


Fig. 23: Overview of sediment traps at Andrüfe and retention basin in Balzers

Phase of LCM: monitoring, analysing and planning

Presentation of the problem: Scarce public awareness of the dangers which could be posed by dams, and the lack of the information necessary for the emergency preparedness to perform evacuation in case of failure of a dam, incited the Administration for Civil Protection and Disaster Relief at the Ministry of Defence of the Republic of Slovenia (ACPDR) to conduct a complex review of documentation and state of Slovenian dams and reservoirs for water management purposes (in 2012).

Framework (responsibilities, law, organisation): Four partner organisations: the Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Hidrotehnik, d.d., IBE, d.d., and the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute participated in the elaboration of the review. As a result of the review, the consortium prepared recommendations for improving the safety of the dams and for raising public awareness.

Solution / description: The care for safe use and exploitation of dams and reservoirs in the world has made considerable progress in recent decades. Due to the intensive use of space and the increasing need of building dams closer to populated areas, more and more attention is given to the integration of such facilities into space and to the fulfilment of higher demands imposed by standards to ensure safe operation and exploitation of dams. A more detailed analysis in the research and development project "State of dams for water management purpose in Slovenia" (VODPREG) covered water dams and reservoirs in public use (the owner being the state or local communities), while a concession was awarded to qualified operators, holders of public water management services (final selection, 45 dams and weirs). With regard to the national regulations, structural behaviour of large dams (with a structural height of over 15 m) has to be monitored regularly. In the scope of the project the established monitoring systems for 42 earth dams were reviewed (8 of them higher than 15 m).

The work was divided into three sections. In the first one, a survey of all relevant archive documentation on the structures was made, while in the second one, field investigations were performed within the following scope: (1) visual examination of structures, (2) inspection of mechanical and electrical equipment, (3) underwater diving inspection. Within the third section, a synthesis report was prepared with relevant findings of the inspections carried out; based on the identified state, an assessment of an individual structure hazard level for the environment was made.

After the above-mentioned tasks were accomplished, it relatively soon turned out that the measures were necessary in practically all dams. The final analysis result combines a review of estimated costs needed for rehabilitation of individual dams and an assessment of the total duration of remedial interventions. The overall financial scope of the proposed rehabilitation measures amounts to approximately 13.6 million €. The investment structure is as follows: out of the total amount 12% are needed for arrangement of expert and technical bases, 1% for arrangement of documentation, 9% for creation or rehabilitation of monitoring systems, 54% for interventions in dam bodies, 10% for interventions in concrete and masonry structures and 14% for interventions in storage reservoirs and in the downstream areas.

Further information/links:
ACPDR: www.sos112.si (Project Report) and SLOvenian COmission on Large Dams (SLOCOLD): www.slocold.si

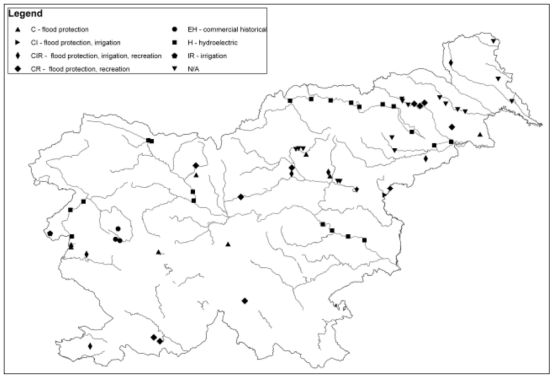


Fig. 24: Project VODPREG - 68 dams classified in categories were identified for the task (Kryžanowski et al., 2013)

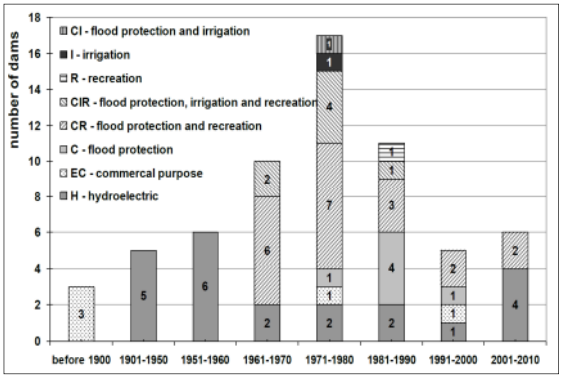


Fig. 25: Dynamics of dam construction according to their intention of use

B12 - Management of old avalanche protection structures Switzerland

Phase of LCM: operation

Presentation of the problem: Old avalanche control structures in Switzerland often consist of stonewalls and masonry terraces. Due to their long duration of use, the walls and terraces in many locations are in poor condition. Because their effect in preventing avalanche release no longer meets the current technical requirements, the question arises as to whether such structures should be repaired or whether it would be better to dismantle them and replace them with modern control structures. The Federal Office for the Environment edited a manual to help in the evaluation of conservation strategies to be adopted in individual cases and in identifying the measures to be carried out on avalanche control structures consisting of stonewalls and masonry terraces. The manual is addressed to cantonal authorities and the owners of such structures.

Framework (responsibilities, law, organisation): the maintenance of protective works is under the responsibility (commune, canton, railway company) of the entity that has constructed them and owns them. The federal state can subsidise their reconstruction under the Forest Act.
The owner is liable for any damage that a deficient protective work can cause to a third party.

Solution / description: There are about 1,000 kilometres of stonewalls and masonry terraces for protection against avalanches. These structures were built from 1890 until 1940, when these techniques were replaced by metallic snow bridge or snow net.
Stonewalls and masonry terraces stayed in service over many decades. They were exposed to the harsh conditions of high mountain climate and were sometimes reconstructed when some parts were destroyed (see figure 26). A more general approach to their maintenance was necessary, as they have reached the end of their lifetime.
A six steps approach was defined for the systematic evaluation of the structures and the definition of the measures to be taken:

1. Data acquisition: localisation of the structures, type
2. Summary assessment: shape of the structure, identification of values to be protected
3. Effect assessment: protective effects of the structures, hazards due to the shape of the structure
4. Definition of possible measures: deconstruction, reparation, replacement, no action
5. Global assessment of the measures: efficiency, cost effectiveness, sustainability
6. Implementation of the chosen measure

For step 1, an inventory of protective works can help to get an overview and to fix priorities at a regional level.
In step 5, not only technical arguments from hazard prevention are taken into account, but also more general criteria like protection of the cultural heritage and of the landscape. An economic model completes the evaluation of the measures.
The approach has been applied in different cantons and has led to a significant progress in the systematic management of old protective works against avalanches.

FURTHER INFORMATION/LINKS:

Margreth S., Blum M. 2011: Gestion des ouvrages paravalanches en murs de pierres et terrasses en maçonnerie. Guide pratique. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1109: 80 p.

http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01610/index.html?lang=fr

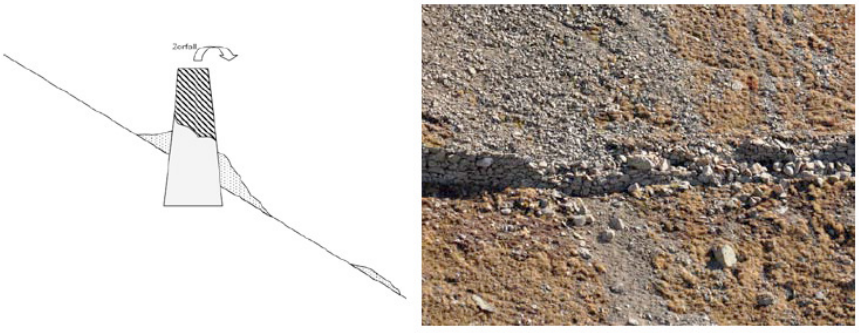


Fig. 26: Dismantled stonewall against avalanche

Phase of LCM: planning (rehabilitation and alternatives)

AFTER AN OLD ARRAY OF CHECKDAMS HAS BEEN DESTROYED DURING TWO DEBRIS FLOW EVENTS IN THE GUPPENRUNSE TORRENT, A CHANGE IN PROTECTION SYSTEM IN A NARROWER SENSE OF INTEGRATED RISK MANAGEMENT IS PLANNED FOR REHABILITATION.

Presentation of the problem: In 2010/2011, two debris flow events destroyed and damaged the over 100-year old and 1 km long array of check dams in the catchment area of Guppenrunse torrent and parts of the underlying canal. This heightened strongly the risks caused by debris flows for the settlements lying on the two debris fans of the torrent. Authorities had to decide whether the old array of check dams should be reconstructed or another strategy of protection could be more adequate.

Framework (responsibilities, law, organisation): The communal corporation is in charge of the rehabilitation of protection measures. The project will be realised on credit of the federal state, the canton and the municipality.

Solution / description: A detailed analysis with a debris flow model in consideration of different scenarios (full reconstruction, partly reconstruction, no reconstruction of the check dams) was carried out with the following result: The retention effect of the check dams on the sediment transfer at the debris fans amounts practically to zero, because the topographic situation would provoke a huge sediment deposition at the fan apex anyway.

On the basis of this analysis, a new variant with another protection strategy was worked out. It includes the construction of three fixing check dams, two new retention basins at the fan apex and the reconstruction of the canal. The system can completely hold back the expected sediment volume.

The new variant „retention at the fan apex" shows several advantages in comparison with the variant „reconstruction of the array of check dams":

- better security in case of „over load events"
- higher robustness in connection with natural variety during the process and uncertainties in hazard assessment (general and with climate change)
- combined protection against debris flows and avalanches
- better cost-effectiveness (in spite of higher costs for maintenance, construction costs and total costs are very much lower. Moreover, it leads to a higher risk reduction for the settlement)

As a disadvantage of the new variant, an alternative drinking water supply for the settlement Schwändi on the debris fan must be built up, since the new retention basins are located in the protection zone of the only source of drinking water.

In general, in comparison with the old system the new variant represents an appropriate change from active cost intensive measures in the catchment area to a new protection system in a narrower sense of modern integrated risk management.

Further information/links:
Tiefbauamt of Canton Glarus, Switzerland
http://www.marty-ing.ch/referenzen.html?1085

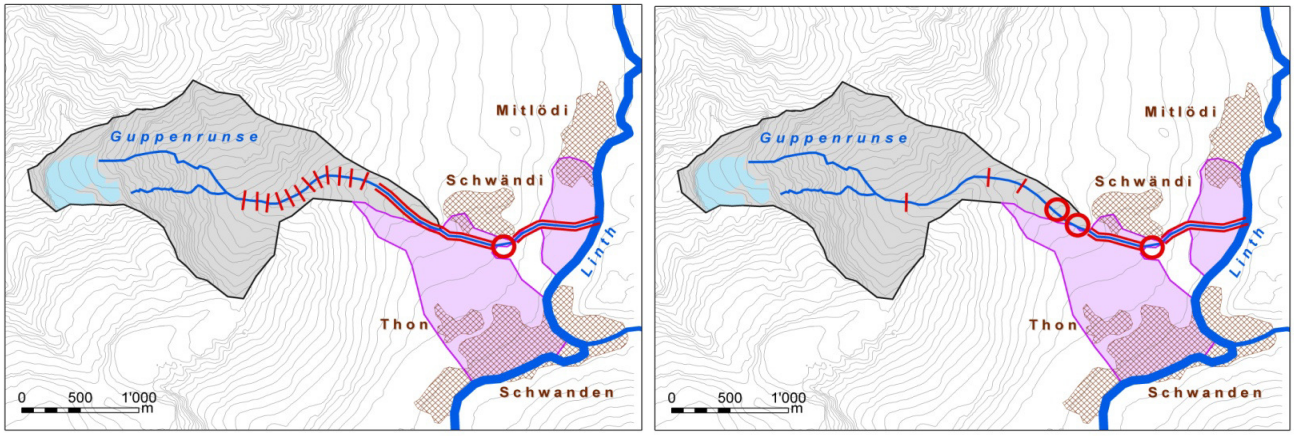


Fig. 27: Left: schematic map of the old protection system with destroyed array of check dams
Right: schematic map of the new protection system with retention at the fan apex

ANNEXE C – Good practice examples from Member States on construction details that support or prolong the lifetime / functionality of a protective infrastructure in place

C1 - Reuse of old construction parts 52

C2 - Adjustable rake columns 52

C3 - Steel cover of the spillway section of gabion dams 53

C4 - Adjustable beams in dam construction 53

C5 - Mobile unit for quality control of building materials 54

C6 - Reconstruction of old concrete dam 55

C7 - Upgrading and adapting of old stone dams 55

C8 - Rehabilitation of an existing array of checkdams 56

C9 - Modification of the bedload retention basin Grosstanne 57

C10 - Bedload retention with outlet structure and deflection dike Ottawan 59

C11 - Modification of the bedload retention basin Humligentobel 60

C12 - Modification of bedload retention basin at Betelriedgraben 61

C13 - Protective infrastructure in torrents infl. by lateral mountain pressure 62

C1 - Reuse of old construction parts



The old rock dam was not stable enough. Instead of its total replacement, it was reinforced by back-anchored concrete columns. Example Maigraben, Landkreis Rosenheim, Bavaria

C2 - Adjustable rake columns



The steel columns of this woody debris entrapment rake can easily be fixed in different distances to each other. So this construction can be adapted to further experience without having to rebuild it. Example Maigraben, Lkr. Rosenheim, Bavaria

C3 - Steel cover of the spillway section of gabion dams



Gabions would quickly get destroyed due to abrasion especially in the spillway section. Therefore, “easy to replace” steel plates cover the endangered part of the dam construction. Example Talgraben, Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen, Bavaria

C4 - Adjustable beams in dam construction



The vertical distance of the steel beams in this retention dam can easily be changed. So this construction can be adapted to further experience without having to rebuild it. Example Maigraben, Lkr. Rosenheim, Bavaria

C5 - Mobile unit for quality control of building materials











Mobile unit for quality control of building materials during the early contraction phases - a contribution to a prolonged durability and an increased reliability of protection structures (Autonomous Province of Bolzano)

C6 - Reconstruction of old concrete dam



One of the solutions to maintain the design functionality of decrepit old dams is the reinforcement of building massive supporting stone constructions in front of old structure, anchored and connected with the existing one and actually working like one object (two examples from the torrents Mačkov graben and Prošca, photo: Hidrotehnik, Slovenia)

C7 - Upgrading and adapting of old stone dams



New boundary conditions demand upgrading of functionality of existing protection structures – a common measure is raising protection dams. On the photo there is such an example from the torrent Lučno, with additional adapting of structure with manageable passage (closed with removable wooden trunks) for local owners who have to occasionally gather the woods from the forested headwaters (photo: Hidrotehnik, Slovenia)

C8 - Rehabilitation of an existing array of checkdams in Steinibach Hergiswil, NW

The array of check dams was built as block dams lying on a rock-filled log crib in the year 1956. After the log cribs were exposed by scouring and erosion, the stability of the array of check dams could not be ensured anymore. Rehabilitation measures were taken in the years 2012 and 2013 consisting of pre-concreting of the check dams, construction of subsidiary dams, scouring protection and rehabilitation of training structures.



Situation before rehabilitation
Source: canton of NW



Situation after rehabilitation
Source: BAFU



Pre-concreting

Source: canton of NW



Finished pre-concreting and coverage with log

Source: canton of NW



Construction of a subsidiary dam

Source: Schubiger AG



Pre-concreting and training structures

Source: Schubiger AG

C9 - Modification of the bedload retention basin Grosstanne, Steinibach, Hergiswil, NW due to change in scenarios (landslides)

Since the retention volume of the three bedload retention basins Grosstanne (construction year 1979) was too small and the system was constructed without consideration of woody debris, it was modified in the years 2013 and 2014. The three arch dams were elevated to create more retention volume. The structure was improved by stiffening the dam toes with slices of concrete and enlarging the dam body. The lowest retention basin was functionally converted into a retention basin for woody debris. Before the rehabilitation measures were carried out, they had been simulated in physical model tests.



Arch dams 1 and 2 before modification Source: canton of NW



Arch dams 1 and 2 after modification Source: canton of NW



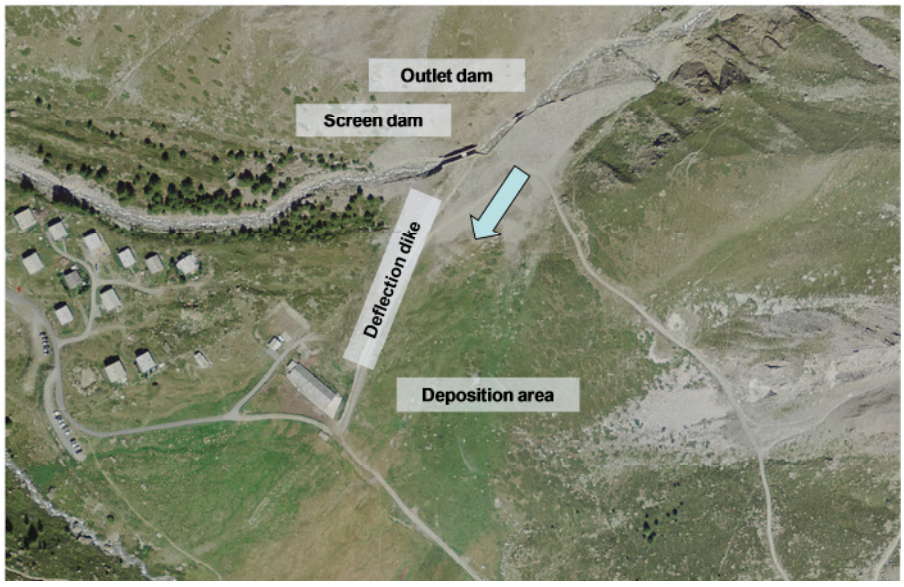
Modification of arch dam 3 for retention of woody debris Source: canton of NW



View over the finished construction Source: Schubiger AG

C10 - Bedload retention with outlet structure and deflection dike Ottawan, Täsch, VS due to new sce-narios (climate change)

Because of melting permafrost, landslide processes and a potential outbreak of a glacier lake, the sediment potential in the catchment area of Rotbach and the following Täschbach is practically infinite. The protection of the settlement Täsch could not be ensured by the existing retention basin at the fan apex, because the retention volume was several times too small. A flexible and solid protection system was needed to deal with these high and uncertain design values. In 2006, a protection system was built up in the 700 m higher lying valley Täschalp, consisting of the following elements: an outlet structure and a deflection dike lead bedload in a large unsettled area for deposition in case of medium and extreme events. Runoff and small events flow through a screen dam…..l-



Overview Source: BAFU



Outlet dam (right), screen dam (left of outlet dam) and deflection dike with deposition area (left)

Source: BAFU

C11 - Modification of the bedload retention basin Humligentobel, Wolfenschiessen, NW due to man-agement of over load case

The settlement of Wolfenschiessen lying on the left side underneath the retention basin was endangered by potential debris flow overload events from an activated rockfall area in Humligentobel. To ensure a controlled overflow out of the basin to the right side, the outlet dam of the existing retention basin was modified in 2004. In August 2005 the construction was successfully ”tested” during an extreme debris flow event. It flowed over the outlet dam on the right side in a forest and in agriculturally used grassland without leading to higher damages.



Retention basin before modification Source: BAFU



Retention basin after modification Source: BAFU

C12 - Modification of bedload retention basin at Betelriedgraben, Blankenburg, BE due to new order/law

Due to the new Federal Act on dams and reservoirs, which has been valid from 1/1/2013, certain retention basins for flood protection must fulfil advanced structural standards. The arch dam of the retention basin of Betelriedgraben does not comply with these requirements. A modification is planned for the years 2016 and 2017 within a flood protection project. The planned structural enhancement consists of an elevation of the dam crest, a brace support of the instable outlet dam and measures to avoid scouring underneath the outlet dam.



Existing arch dam, retention basin of Betelriedgraben Source: BAFU



Modification measures planned in the flood protection project Source: Theiler Ingenieure AG

C13 - Protective infrastructure in torrents influenced by lateral mountain pressure

Control works at torrents within the influence of sagging of mountain slopes is a notable challenge. Most of all the lateral mountain pressures lead to negative impacts and sometimes to a rapid destruction of conventional check dams. Good experience has been gained in Austria with a construction type, where the wing of the check dam can move (to a certain degree) against a stable overflow section.



Check dam with a slidable wing to balance lateral mountain pressure, Source: die.wildbach (Salzburg)

Persistence of Alpine natural hazard protection

Meeting multiple demands by applying systems engineering and life cycle management principles in natural hazard protection systems in the perimeter of the Alpine Convention

PLANALP Brochure 2014





Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren

Erfüllung vielseitiger Ansprüche durch die Anwendung der Prinzipien des *Systems Engineering* und des Lebenszyklusmanagements in den Ländern der Alpenkonvention

alpenkonvention • convention alpine
convenzione delle alpi • alpska konvencija
www.alpconv.org

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren

Erfüllung vielseitiger Ansprüche durch die Anwendung der Prinzipien des *Systems Engineering* und des Lebenszyklusmanagements in den Ländern der Alpenkonvention

Impressum

Herausgeber:
Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention c/o Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)
AT-1010 Wien, Österreich

Konzept und Koordination:

Andreas Rimböck (Bayerisches Landesamt für Umwelt), Florian Rudolf-Miklau & Andreas Pichler (BMLFUW)

Autoren:
Österreich: Florian Rudolf-Miklau, Andreas Pichler, Jürgen Suda
Deutschland: Andreas Rimböck, Rainer Höhne
Italien: Bruno Mazzorana (Universidad Austral de Chile)
Slowenien: Jože Papež

Bewährte Praxisbeispiele:
Österreich: Rudolf Hornich, Florian Rudolf-Miklau, Andreas Pichler
Deutschland: Andreas Rimböck, Rainer Höhne
Italien: Bruno Mazzorana, Pierpaolo Macconi
Liechtenstein: Stephan Wohlwend
Slowenien: Jože Papež, Milica Slokar
Schweiz: Olivier Overney, Eva Gertsch

Layout:
Stephanie Oberleitner, Andreas Pichler, Andreas Rimböck

Übersetzung:
Constanze Rouyer, Ronja Wolter-Krautblatter

Fotonachweis Titelseite: LfU (Bayern)
Fotonachweis letzte Seite: Jože Papež (SI)

Vertrieb:
BMLFUW
Alpenkonvention abt.35@bmlfuw.gv.at
http://www.bmlfuw.gv.at/forst/schutz-naturgefahren.html

Ständiges Sekretariat der
info@alpconv.org
www.alpconv.org

Vorwort – Maria Patek (PLANALP)

Wir befinden uns an einem Scheideweg in der Frage: Sind zukünftige Prioritäten in den Mitgliedsstaaten der Alpenkonvention im weiteren Ausbau der Schutzinfrastruktur oder in der Aufrechterhaltung der Funktionalität von bestehenden Schutzbauwerken zu setzen?

Für mich - als Vertreterin aller Richtlinien, Strategien und - natürlich - aller Bauwerke in Bezug auf den Schutz von Wildbächen und Lawinen in Österreich - ist die Antwort auf diese Frage aufgrund der unterschiedlichen Bedürfnisse der Politik sowie der Bürger in unseren Bundesländern und Gemeinden nicht so einfach zu beantworten. Mit meiner langjährigen Erfahrung und mit dem Blick in die zukünftigen Entwicklungen, die sich heute abzeichnen, sehe ich den Vorrang in der Aufrechterhaltung des bestehenden Schutzgrades und somit in der vorrangigen Investition in die Funktionsfähigkeit der vorhandenen Schutzbauten.

Wie viele andere Mitgliedstaaten der Alpenkonvention, hat Österreich seit Jahrhunderten Milliarden von Euro in Schutzsysteme gegen Naturgefahren und -risiken investiert, die sich in der Tat als sehr effektiv erwiesen haben. Diese Systeme erfordern eine kontinuierliche Überwachung sowie die Optimierung ihrer bautechnischen Funktionsfähigkeit. Zusätzlich müssen alle betroffenen Einrichtungen sowie die Begünstigten dieser Bauwerke in den Prozess mit einbezogen werden. Dies darf jedoch nicht die alleinige Aufgabe der staatlichen Behörden oder Einrichtungen sein, die für die Katastrophenvorbeugung zuständig sind: Auch die Öffentlichkeit muss sich der Problematik bewusst sein und die Notwendigkeit solcher Maßnahmen akzeptieren.

Diese Publikation soll ein besseres Verständnis dafür schaffen, dass die Instandhaltung bzw. die Erhaltung von vorhandenen Schutzeinrichtungen von entscheidender Bedeutung ist. Sie soll zur Unterstützung dienen, das Bewusstsein zu fördern und zur Umsetzung aller in dieser Broschüre hervorgehobenen Empfehlungen / bewährten Beispiele motivieren. Die enge Zusammenarbeit aller Mitgliedstaaten der Alpenkonvention - die alle den gleichen Herausforderungen gegenüberstehen - erfordert einen staatenübergreifenden Erfahrungsaustausch, um die Widerstandsfähigkeit der gesamten Alpenregion gegen Naturgefahren zu stärken.

Auch wenn die allgemeinen Herausforderungen von jedem Mitgliedsstaat individuell gemeistert werden müssen - die Zusammenarbeit, Harmonisierung und Koordination fördert die individuelle Erarbeitung von Ideen und Maßnahmen.

Mein aufrichtiger Dank gilt all denen, die an der Erstellung dieser bemerkenswerten Publikation beteiligt waren.



Maria Patek

Präsidentin der Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention (PLANALP)

Vorwort – Markus Reiterer (Alpenkonvention)

Bereits die ersten Siedler der Alpenregion mussten sich gegen Naturgefahren schützen. Es ist also nicht verwunderlich, dass die von Menschen errichteten Systeme und Infrastrukturen, die dem Schutz vor Naturgefahren dienen, im Laufe der Zeit stetig weiterentwickelt wurden. Heute können wir eine beträchtliche Anzahl von Schutzbauwerken im gesamten Alpenraum vorweisen und legen viel Wert auf die Optimierung der Kooperation bei der Minderung und Bewältigung von Naturgefahren. Eine der größten Vorteile der Alpenkonvention und seiner PLANALP-Plattform ist genau dieser Fokus auf die grenzüberschreitende Kooperation und den regelmäßigen Austausch von Wissen, Daten, Fachkenntnissen und Erfahrungen zwischen den Alpenstaaten. Diese enge Zusammenarbeit wird uns dabei helfen, Naturgefahren besser verhindern, bewältigen und managen zu können und damit unsere Resilienz gegen sie zu stärken. Obwohl jedes Land angesichts ähnlicher Herausforderungen seine eigenen Richtlinien, Strategien und Maßnahmen umsetzt, arbeiten wir alle an einem gemeinsamen Ziel.

Wenn wir über langfristige Investitionen in Schutzinfrastrukturen sprechen, dürfen wir nicht nur finanzielle Aspekte berücksichtigen, sondern müssen auch das Fachwissen und die Innovationskraft einkalkulieren, die solche Installationen erfordern. Bei der Anwendung von systemtechnischen Methoden für Schutzsysteme muss der gesamte Lebenszyklus berücksichtigt werden - von Konzept, Planung, Realisierung, Betrieb und Instandhaltung. Darüber hinaus müssen die Bauwerke kontinuierlich überwacht und gewartet werden, um einerseits ihren Status Quo in Bezug auf Betriebsfähigkeit und Funktionalität beurteilen sowie andererseits einen möglichen Instandhaltungs- oder Reparaturbedarf frühzeitig erkennen zu können. Auch der Rückbau bzw. der Wiederaufbau muss sorgfältig geplant werden.

Vor allem müssen wir darauf achten, dass die Schutzsysteme den Erwartungen und Bedürfnissen der Einwohner vor Ort gerecht werden. Diese Systeme bilden ein wichtiges Rückgrat für den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wohlstand in den Alpenregionen, da sie den Menschen und der Wirtschaft eine sowohl strukturelle als auch subjektive Sicherheit bieten.

Mit dieser Broschüre möchte die Plattform Naturgefahren nationale und regionale Behörden, Entscheidungsträger und Experten bei der Überwachung, Inspektion und Wartung von Schutzanlagen unterstützen und die Vorteile integrativer Methoden vorstellen. Ich hoffe aufrichtig, dass die betreffende Zielgruppe diese Publikation bei der Planung von zukünftigen Aktivitäten berücksichtigen wird.

Ich möchte den Autoren dieser Broschüre und allen Mitgliedern der Plattform für ihren Einsatz danken. Mein besonderer Dank gilt der Vorsitzenden der Plattform Naturgefahren, Frau Maria Patek, sowie allen Vertragsparteien der Konvention und allen Partnern, die zur Erstellung, Verbreitung und Anwendung dieser Broschüre beigetragen haben.



Markus Reiterer

Generalsekretär der Alpenkonvention

Inhaltsverzeichnis

Vorworte **3**

1. Zusammenfassung **6**

2. Beständigkeit beim Schutz gegen alpine Naturgefahren - Einleitung und Herausforderungen **7**

3. *Systems Engineering*: ganzheitliche Antworten auf Mehrfachanforderungen an ein integrales Risikomanagement **10**

3.1 Übersicht **10**

3.2 Grundlagen und Definitionen **10**

3.3 Elemente (Methoden) aus dem *Systems Engineering* und dem Lebenszyklusmanagement für Systeme **12**

3.4 Rechtliche, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte des *Systems Engineering* **15**

4. Lebenszyklusmanagement (LZM) für Schutzsysteme **17**

4.1 Einleitung **17**

4.2 Phasen des Lebenszyklusmanagement-Kreislaufs **19**

5. Konsequenzen und Empfehlungen **27**

5.1 Allgemeine Empfehlungen **27**

5.2 Bauwerksebene **27**

5.3 Einzugsgebietsebene **27**

5.4 Wirkungsbereichsebene **27**

Literatur **29**

ANHÄNGE **31**

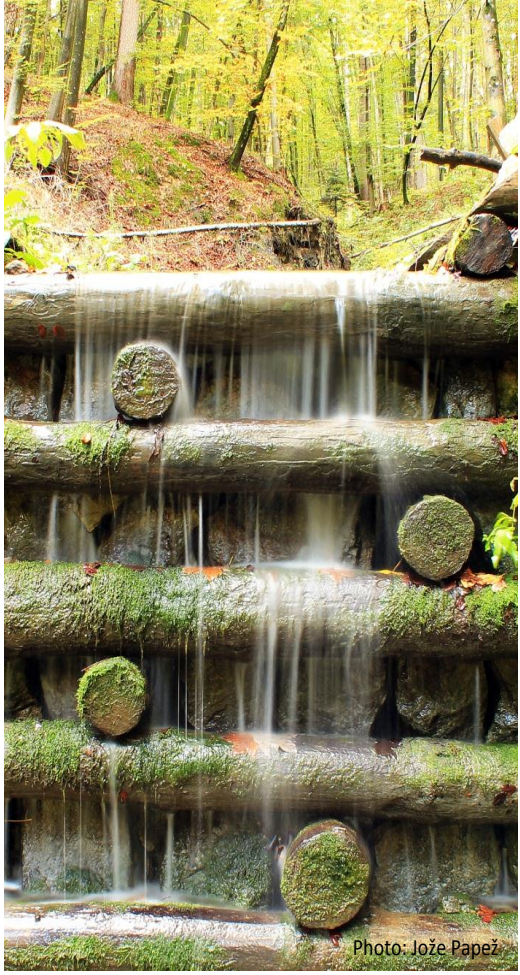
ANHANG A - Staatenbezogene Fakten und Zahlen zum *Systems Engineering* beim Naturgefahrenmanagement

ANHANG B - Bewährte Beispiele aus der Praxis der Mitgliedsstaaten

ANHANG C - Bewährte Beispiele aus der Praxis der Mitgliedsstaaten zu bautechnischen Details, die die Lebensdauer/Funktionsfähigkeit einer vorhandenen Schutzinfrastruktur verlängern bzw. unterstützen



1 Zusammenfassung


Photo: Jože Papež

Schutzinfrastrukturen bilden die Grundlage für eine gleichmäßige Entwicklung der Regionen und Staaten der Alpenkonvention, wenn es um das wirtschaftliche und gesellschaftliche Wohlergehen geht. Über die Jahrhunderte hinweg haben öffentliche und private Einrichtungen in den einzelnen Mitgliedstaaten Milliarden von Euro in Schutzsysteme investiert, um das Risiko von Naturgefahren zu mindern und zumindest ein gewisses Sicherheitsniveau zu bieten.

Obwohl die meisten Bauwerke für eine langfristige Nutzung konzipiert und gebaut wurden (zum Beispiel Bauwerke aus Beton oder Stahl für ca. 80 Jahre), besteht immer ein gewisses Ausfallrisiko. Eine dauerhafte Überwachung und Wartung dieser Bauwerke zur Sicherung ihrer Leistungsfähigkeit ist daher während der gesamten Lebensdauer eine unabdingbare Voraussetzung, die eine langfristige Planung und strategische Entscheidungen erfordert.

Basierend auf den derzeit sehr strengen Schutz- und Sicherheitsstandards in Bezug auf Naturgefahren in den Mitgliedstaaten der Alpenkonvention wird die Erhaltung von Schutzanlagen in der Zukunft eine große Herausforderung darstellen, die direkte Folgen auf das Leben und die Wirtschaft in der Alpenregion haben wird.

Obwohl die Überwachung, Inspektion und Wartung der Schutzanlagen meistens detailliert von rechtlichen und technischen Standards geregelt ist und mehrere Organisationsstrukturen und Finanzierungsinstrumente zur Verfügung stehen, stellen wir bei der Ausführung dieser Aufgaben immer wieder Defizite fest. Diese Lücke muss geschlossen werden, indem alle Organisationen, die mit Schutzanlagen (jeglicher Art) zu tun haben, mit evidenzbasierten, praktisch getesteten und zukunftsorientierten Strategien und Maßnahmen unterstützt werden. Indem die Prinzipien des Systems Engineering und des Lebenszyklusmanagements bei Schutzsystemen gegen Naturgefahren angewendet werden, ist ein erster Schritt zur Überbrückung dieser Lücke getan.

***Systems Engineering* ist ein interdisziplinärer Bereich der Technik, der sich auf die Konzeption und Steuerung bzw. das Management von komplexen technischen Systemen während ihres gesamten Lebenszyklus konzentriert. Systems Engineering befasst sich mit Prozessen, Optimierungsmethoden und Risikomanagement-Tools in den jeweiligen Projekten / Systemen. Systems Engineering sorgt dafür, dass alle möglichen Aspekte eines Projekts oder Systems – über die gesamte Lebensdauer - berücksichtigt und integriert werden. Dieser Ansatz erfordert das Umdenken von einem linearen, eindimensionalen zu einem kybernetisch (d.h. dynamisch, selbstregulierend) orientierten Planungsprozess.**

Die Anwendung des Systems Engineering beim Naturgefahren- und Risikomanagement ist relativ neu und erfordert eine enge Zusammenarbeit, Koordination sowie den Austausch von Erfahrungen bei der praktischen Umsetzung dieses komplexen Ansatzes im gesamten Raum der Alpenkonvention. Indem sie beides bietet - sowohl Details zum Hintergrund, zum Inhalt und zur Umsetzung des SE, als auch bewährte Praxisbeispiele aus den Mitgliedstaaten - unterstützt diese Broschüre Entscheidungsträger, Experten sowie die wissenschaftliche Gemeinschaft dabei, gemeinsam Strategien zur vorausschauenden Instandhaltung der Funktionsfähigkeit von Schutzsystemen in der Alpenregion zu entwickeln.

2 Beständigkeit beim Schutz gegen alpine Naturgefahren - Einleitung und Herausforderungen

Über die Jahrhunderte hinweg haben die Mitgliedstaaten der Alpenkonvention Milliarden von Euro in Schutzanlagen gegen Naturgefahren investiert, um die Grundlage für eine gleichmäßige Entwicklung in Bezug auf das wirtschaftliche und gesellschaftliche Wohlergehen der Regionen zu schaffen. Langfristige Entscheidungen der Einwohner (zum Beispiel Wahl des Wohnsitzes, Anhäufung privaten Vermögens, soziale und familiäre Entscheidungen) sowie der Wirtschaft (zum Beispiel Wirtschaftsstandorte, Investitionen, Schaffung neuer Arbeitsplätze) in der Alpenregion werden häufig aufgrund der (subjektiven) Wahrnehmung der Sicherheit bzw. des Risikos getroffen. Öffentliche und private Investitionen in Schutzinfrastrukturen müssen daher nachhaltig ausgerichtet sein und die Instandhaltung und Sanierung ebenfalls berücksichtigen.

Aus Sicht der regionalen und lokalen Entscheidungsträger sowie der betroffenen Bevölkerung müssen Investitionen in Schutzanlagen entscheidend dazu beitragen, dass das Risiko von Naturgefahren gesenkt wird, um zumindest ein gewisses Sicherheitsniveau zu gewährleisten. Einschränkungen dieses Sicherheitsniveaus (zum Beispiel durch Verfall oder reduzierte Leistungsfähigkeit der Schutzbauwerke), die zwangsweise zu einer Erweiterung der Gefahrenzonen führen, würden weder politisch noch sozial akzeptiert werden.

Derzeit werden ungefähr **2 Millionen Schutzanlagen für alpine Naturgefahren** (Wildbäche, Lawinen, Steinschläge, Rutschungen) in den Alpenregionen von Österreich, Deutschland, Italien, Liechtenstein, Slowenien und der Schweiz gezählt, was einem **Wiederbeschaffungswert** von ungefähr **50 Milliarden Euro** entspricht (diese Zahlen basieren auf Expertenmeinung, da genaue Zahlen aufgrund der unterschiedlichen administrativen Verantwortlichkeiten schwer zu ermitteln sind; Schätzungen für Bauwerke im Besitz oder im Betrieb von Infrastrukturbehörden / -unternehmen, wie zum Beispiel Eisenbahn- / Verkehrsgesellschaften etc. sowie Schutzinfrastrukturen in den Alpenregionen Frankreichs wurden nicht erfasst). Die meisten dieser Bauwerke wurden für eine langfristige Nutzung ausgelegt und gebaut (zum Beispiel Bauwerke aus Beton oder Stahl für ca. 80 Jahre). Die Entscheidungen, die während der Entwurfsphase dieser Bauwerke und Systeme getroffen wurden, sind ausnahmslos mit großen Unsicherheiten belastet. So besteht zum Beispiel das Risiko von funktionaler Nichterfüllung, oder Ausfällen der Bauwerke während ihrer Lebensdauer (Belastungen können zum Beispiel aufgrund unvorhersehbarer oder unerwarteter Naturgefahren erheblich variieren). In Bezug auf den finanziellen Aspekt besteht zudem das große Risiko, die Lebenszykluskosten eines vorhandenen Bauwerks oder Schutzsystems zu unterschätzen. Praktische Erfahrungen mit den Besitzern (Betreibern) oder Nutznießern dieser Bauwerke oder Systeme haben gezeigt, dass sich nur wenige Entscheidungsträger der gesamten Lebenszykluskosten bewusst sind, zu denen Entwicklungs-, Betriebs-, Instandhaltungs-, Reparatur- und Entsorgungskosten sowie durch Störungen und Ausfälle verursachte indirekte Kosten gehören. Eine Untersuchung der typischen Instandhaltungskosten in den Mitgliedstaaten ergab, dass pro Jahr ca. 1,5% der Baukosten in den Betrieb und die regelmäßige Instandhaltung der Schutzbauwerke investiert werden müssen. Das bedeutet in der Praxis, dass im Laufe der Lebensdauer eines Schutzbauwerks eine komplette Neuinvestition der ursprünglichen Baukosten nötig ist, um die Leistungsfähigkeit des Bauwerks gewährleisten zu können.

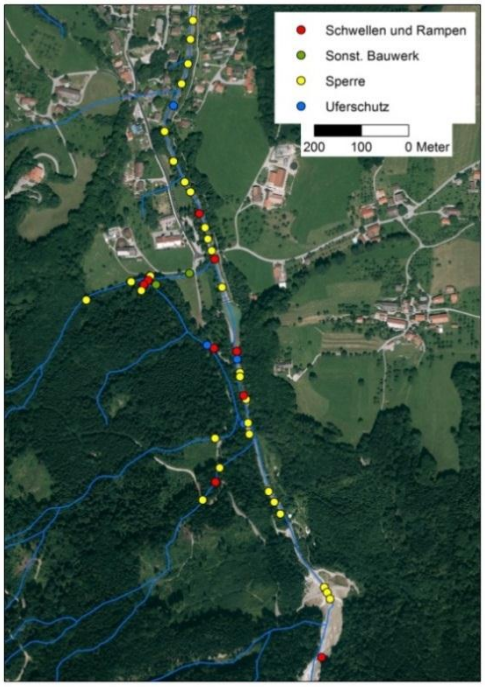


Abb. 1: Beispiel für eine hohe Anzahl von Schutzbauwerken; Jenbach, Bayern (LfU).

Aufgrund der beeindruckenden Anzahl vorhandener Schutzanlagen in der Alpenregion (vgl. Beispiel in Abbildung 1) und dem Grundkapital, das sie repräsentieren, muss man sich die Frage stellen, wie man die Leistungsfähigkeit dieser Bauwerke am besten erhalten kann, insbesondere im Hinblick auf folgende **Herausforderungen**:

a) *Fortgeschrittenes Alter* einer Vielzahl von Schutzanlagen in den Alpen, die sofortige Maßnahmen erfordern

b) *Begrenzte Kenntnisse* über den Zustand / das Leistungsniveau dieser Bauwerke

c) *Begrenzte Ressourcen* (hauptsächlich finanziell, aber auch personell)

d) *Neue rechtliche Rahmenbedingungen und ihre Folgen (EU Wasserrahmenrichtlinie, Hochwasserrichtlinie)*

e) *Neue Anforderungen* an bestehende Systeme, zum Beispiel durch die Errichtung neuer, sensibler Infrastrukturen oder aufgrund eines neuen gesellschaftlichen Bewusstseins

f) *Demografische Änderungen* in den Alpenregionen sowie neue Flächennutzungspotentiale (auch aufgrund der Entwicklung neuer Verkehrsinfrastrukturen), die zu neuen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit / Funktionsfähigkeit dieser Bauwerke führen (vgl. Abbildung 2)

g) *Begrenzte Kenntnisse und geringes Bewusstsein* der Besitzer (Betreiber) oder Nutznießer über den Instandhaltungsaufwand und lebenszyklusbasierte Maßnahmen (außer wenn, wie zum Beispiel in Bayern, das Land der Besitzer ist), einschließlich der kontinuierlichen Überwachung

h) Die Frage nach der *Verantwortung und Haftung* in Bezug auf diese Bauwerke in Staaten, in denen die Investitionskosten zwischen der Öffentlichkeit (Verwaltung) und dem Besitzer (Betreiber) aufgeteilt werden - insbesondere im Fall einer Nichtleistung oder eines Ausfalls im Katastrophenfall

i) *Rasante Entwicklungen* im Bereich Risikomanagement und Wechselwirkungen, zum Beispiel zwischen Bauwerken und Risikobeurteilungen

Basierend auf den derzeit sehr strengen Schutz- und Sicherheitsstandards in Bezug auf Naturgefahren in den Mitgliedstaaten der Alpenkonvention wird die Erhaltung von Schutzanlagen in der Zukunft eine große Herausforderung darstellen, die direkte Folgen auf das Leben und die Wirtschaft in der Alpenregion haben wird. Daher sollte sie ganz oben auf der politischen Agenda stehen. Nur so können die verschiedenen Einflussebenen auf Schutzanlagen unterschieden werden, wobei jede Ebene in Bezug auf das Risikomanagement separat bewertet werden muss:

- Einzelbauwerke, bei denen die Frage nach der Stabilität, Instandhaltung etc. von entscheidender Bedeutung ist
- Schutzsysteme / Einzugsgebiete, bei denen die Funktions- und Widerstandsfähigkeit wichtige Themen sind
- Auswirkungsbereiche, wo Fragen der Flächennutzung, aber auch gesellschaftliche Konsequenzen immer wichtiger werden
- Staatliche Ebene, wo sich hauptsächlich die Frage nach der Finanzierung und Sicherheit stellt
- Europäische Ebene, die eine gemeinsame Grundlage für Richtlinien, wie zum Beispiel die Hochwasserrichtlinie, bieten kann.

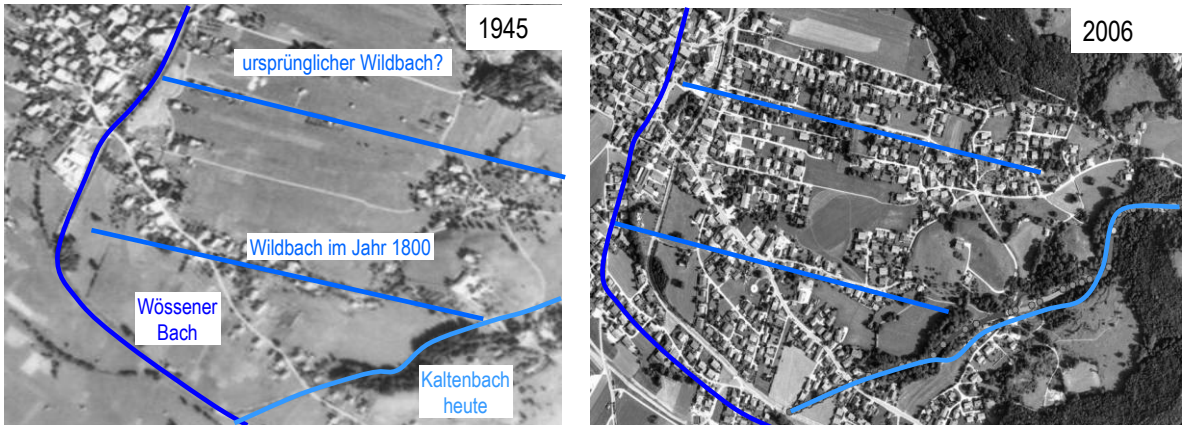


Abb. 2: Beispiel für eine Veränderung der Flächennutzung in den Alpenregionen - Gemeinde Unterwössen in Bayern (LfU).

Obwohl die Überwachung, Inspektion und Instandhaltung der Schutzanlagen meistens detailliert von rechtlichen und technischen Standards geregelt ist und zahlreiche Organisationsstrukturen und Finanzierungsinstrumente zur Verfügung stehen, existieren in der praktischen Ausgestaltung zahlreiche Defizite. Diese Lücke muss geschlossen werden, indem alle, die mit Schutzanlagen (jeglicher Art) zu tun haben, mit evidenzbasierten, praktisch getesteten und zukunftsorientierten Strategien und Maßnahmen unterstützt werden. Durch Erläuterung der Prinzipien des Systems Engineering und des Lebenszyklusmanagements bei Schutzsystemen gegen Naturgefahren, möchten die Mitglieder der PLANALP durch diese umfassende Broschüre ein besseres Verständnis für das Potential des Systems Engineering schaffen, insbesondere im Bereich des Naturgefahren- und Risikomanagements, und dem Leser die Vorteile näher bringen.

3 Systems Engineering: ganzheitliche Antworten auf Mehrfachanforderungen an ein integrales Risikomanagement

3.1 Übersicht

Lange Zeit bestand die einzige Strategie zur Bekämpfung von Naturgefahren in einer Art „Gefahrenabwehr“, die ausschließlich dazu diente, Gefahren zu verhindern. Dies kann man, vereinfacht gesagt, als eine „eindimensionale“ Strategie betrachten (vgl. grüner Bereich in Abbildung 5).

Da die Bauwerke jedoch über einen längeren Zeitraum hinweg errichtet wurden, müssen wir uns mit zahlreichen einzelnen Elementen auseinandersetzen, die in einem unterschiedlichen Zustand und Alter sind. Während die Funktionsfähigkeit der Bauwerke zu jeder Zeit gewährleistet sein muss, ändert sich der Zustand dieser Elemente, so dass der zeitliche Aspekt immer wichtiger wird. Man muss sich vor allem die Frage stellen, wie die Bauwerke überwacht werden können und was mit den einzelnen Elementen am Ende ihrer Lebensdauer geschieht. Dadurch entsteht unweigerlich eine zweite Dimension, bei der das Lebenszyklusmanagement helfen kann, die entsprechenden Herausforderungen zu meistern.

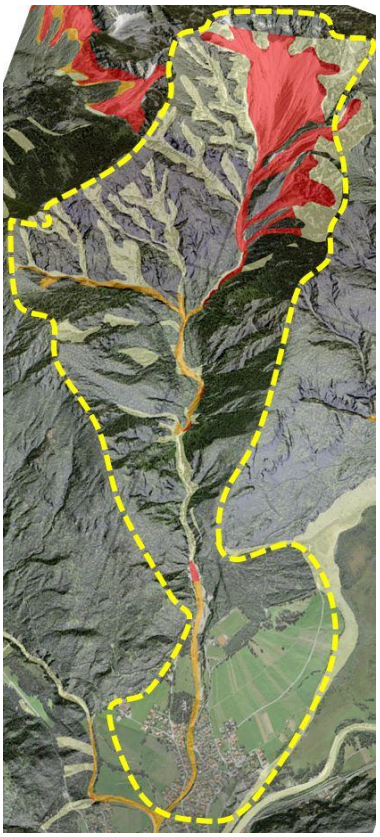


Abb. 3: Ein alpines Einzugsgebiet ist ein höchst komplexes System (LfU).

Die Erfahrung zeigt, dass man bei Naturgefahren stets mit mehreren komplexen Systemen zu tun hat: das Einzugsgebiet mit all seinen Prozessen und Interaktionen (Abbildung 3) oder das soziale System, das ein gewisses Schutzniveau verlangt - um nur zwei Beispiele zu nennen. Aufgrund dessen sehen wir inzwischen das integrale Risikomanagement (Abbildung 4) als beste Möglichkeit an, um mit Naturgefahren zurechtzukommen. Es geht darum, mit den Naturgefahren zu leben, anstatt sie zu bekämpfen. Wir dürfen daher nicht länger nur „eindimensionale“ Bauwerke, errichten und diese während ihrer Lebensdauer überwachen (zweite Dimension), sondern müssen komplexe Mehrzwecksysteme entwickeln, die aus mehreren Einzelelementen bestehen. Diese können als „dritte Dimension“ bezeichnet werden. Unter diesen Voraussetzungen kann Systems Engineering interessante Ansätze bieten, um unsere Schutzsysteme zu optimieren.



Abb. 4: Prinzip des integralen Risikomanagements (ClimChAlp 2008).

3.2 Grundlagen und Definitionen

Der Hauptzweck von technischen Schutzsystemen und -bauten ist die Reduzierung von Risiken und negativen Auswirkungen der Naturgefahren auf ein akzeptables (angemessenes) Niveau. Aufgrund der erhöhten Komplexität von

Schutzsystemen gehen die Anforderungen an Konfiguration, Planung und Bemessung dieser Systeme weit über das klassische Ingenieurbauwesen hinaus. Moderne Schutzsysteme bestehen nicht nur aus den technischen Bauten selbst, sondern umfassen auch Messgeräte, Regelungs- und Steuerungstechniken sowie biologische Maßnahmen. Weiterhin bestehen sie häufig aus verschiedenen separaten Bauwerken, Funktionseinheiten in Sequenzen / Funktionsketten, die in Wechselwirkung zu anderen planungstechnischen, rechtlichen und organisatorischen Maßnahmen stehen. Einige Beispiele für komplexe Schutzsysteme sind:

- Abfolgen mehrerer kontrollierter Hochwasserrückhaltebecken,
- Kombinationen aus Lawinenverbauungen im Anrissgebiet, künstliche Lawinenauslösesysteme und Ablenk- / Bremsbauten im Ablagerungsgebiet,
- Hochwasserschutzsysteme, die aus Überwachungssystemen, mobilen Schutzsystemen und Warnsystemen bestehen.

Komplexe Schutzsysteme setzen sich folglich aus verschiedenen bautechnischen, mechanischen, mechatronischen und digitalen Elementen zusammen, die eine unterschiedliche Robustheit und Lebensdauer sowie unterschiedliche Wartungsanforderungen und Ausfallrisiken haben. Komplexe Schutzsysteme erfordern weiterhin eine disziplinübergreifende Kompetenz und ein hohes Verantwortungsbewusstsein der Planungsingenieure, Genehmigungsbehörden, Betreibergesellschaften und Nutznießer, wenn es um die Planung, die Bemessung, den Bau, den Betrieb und die Instandhaltung geht, und setzen eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten voraus. Das Prinzip des integralen Risikomanagements ist nicht nur auf die Schutzfunktion dieser Systeme anzuwenden, sondern dient auch zur Minderung der Risiken in Bezug auf die Stabilität, Gebrauchstauglichkeit und Haltbarkeit der Schutzsysteme selbst - insbesondere zur Vermeidung von Störungen oder Totalausfällen nach Extremereignissen.

Infobox Systems Engineering (SE):

SE ist ein disziplinübergreifender Ansatz, der auf die Realisierung erfolgreicher Systeme abzielt. SE versucht, den Kundenbedarf und die erforderliche Funktionsfähigkeit bereits früh im Entwicklungszyklus zu definieren, entsprechende Anforderungen zu dokumentieren und die Planungssynthese sowie die Systemvalidierung immer in Bezug zum gesamten Problem zu betrachten.

(Definition des International Council on Systems Engineering (INCOSE))

SE bedeutet: „Bau das richtige System; bau das System richtig“ („Build the right system; build the system right.”) SE berücksichtigt stets das ganze Problem, das ganze System und den ganzen Lebenszyklus - vom Konzept bis zur Entsorgung.

(UK Chapter der INCOSE)

Ursprung: Begriff der Telekommunikation in den 1940er Jahren; grundlegende Verbesserungen in der Raumfahrt

Ansätze zum Management von komplexen technischen Systemen müssen sich daher vor allem an der Nachhaltigkeit, dem Lebenszyklus und der Qualitätssicherung orientieren. Dies gilt unweigerlich auch für Schutzsysteme gegen Naturgefahren: Nachteile konventioneller Planungsprozesse müssen hervorgehoben und der Weg zur Umsetzung des Systems Engineering-Ansatzes geebnet werden. Systems Engineering ist per definitionem eine interdisziplinäre Herangehensweise in der Technik, die sich auf die Konzeption und Steuerung / Management von komplexen technischen Systemen während ihres gesamten Lebenszyklus konzentriert. Wenn es um komplexe Projekte geht, stellen Themen wie Zuverlässigkeit, Logistik, Koordination verschiedener Teams (Anforderungsmanagement), Evaluationsmaßnahmen und andere Disziplinen eine große Herausforderung dar. Systems Engineering befasst sich mit Prozessen, Optimierungsmethoden und Risikomanagement-Werkzeugen in genau solchen Projekten / Systemen. Der Ansatz sorgt dafür, dass alle wahrscheinlichen Aspekte eines Projekts oder Systems von Anfang an berücksichtigt und integriert werden und erfordert daher das Umdenken von einem linearen, eindimensionalen zu einem kybernetisch orientierten Planungsprozess.

Auch wenn das *Systems Engineering* im Fall von Naturgefahren und -risiken auf den ersten Blick sehr theoretisch erscheint und die Anwendung durch fehlende Erfahrungen begrenzt ist, soll nachstehend gezeigt werden, dass eine breite Palette von Elementen des Systems Engineering im Naturgefahren-Ingenieurwesen bereits zum Standard gehört. Systems Engineering ist ein umfassendes ingenieurwissenschaftliches Konzept, muss jedoch, da es ein neuer Ansatz ist, weiter charakterisiert und spezifiziert werden. Im

konzeptionellen Sinne kann Systems Engineering - mit einigen Einschränkungen - auf den gesamten Risikomanagement-Zyklus angewendet werden, da seine Kriterien in Bezug auf Qualität, Lebenszyklus, Zuverlässigkeit und Gebrauchstauglichkeit auch auf umfassende Schutz- und Sicherheitsfunktionen angewendet werden können.

3.3 Elemente (Methoden) aus dem Systems Engineering und dem Lebenszyklusmanagement für Systeme

Wenn das Systems Engineering-Konzept auf Schutzsysteme angewendet wird, ist der gesamte System-Lebenszyklus zu berücksichtigen - vom Konzept über die Planung, Realisierung, den Betrieb und die Instandhaltung, bis hin zum Zerfall, zur Entsorgung oder zur Sanierung eines Bauwerks. Ein grundlegendes Prinzip ist die Übereinstimmung der Funktionsfähigkeit des Schutzsystems mit den „Kundenerwartungen“, insbesondere die Kongruenz der Schutzwirkungen mit dem Schutzbedarf der Nutznießer. Die Erfüllung der Schutzziele ist generell der wichtigste Maßstab für die Qualität eines Schutzsystems (-bauwerks).

Es gibt **sieben Hauptphasen des *Systems Engineering***, die im „System-Lebenszyklus“ des Naturgefahren-Ingenieurwesens (Abbildung 5) dargestellt werden können:

1. **Schutzbedarf**: Identifizierung des Schutzbedarfs und Definition der Schutzziele: Gefahren- und Risikobeurteilung, Schwachstellenanalyse, Bestimmung des Sicherheitsniveaus (Grenzwerte), Bestimmung der Systemanforderungen.
2. **Systemkonzept und Untersuchung von Alternativen**: Variantenuntersuchungen einschließlich der Beurteilung von Managementalternativen in Bezug auf die Kriterien Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Risiken; endgültiges Ziel: Planung eines Schutzsystems, das Elemente aus dem gesamten Risikomanagement-Zyklus berücksichtigt.
3. **Planung und Optimierung**: Optimierung der Schutzwirkung: Schutzkonzept, Entwicklung von Maßnahmen, Funktionsbeurteilung, Untersuchung der Wirtschaftlichkeit.

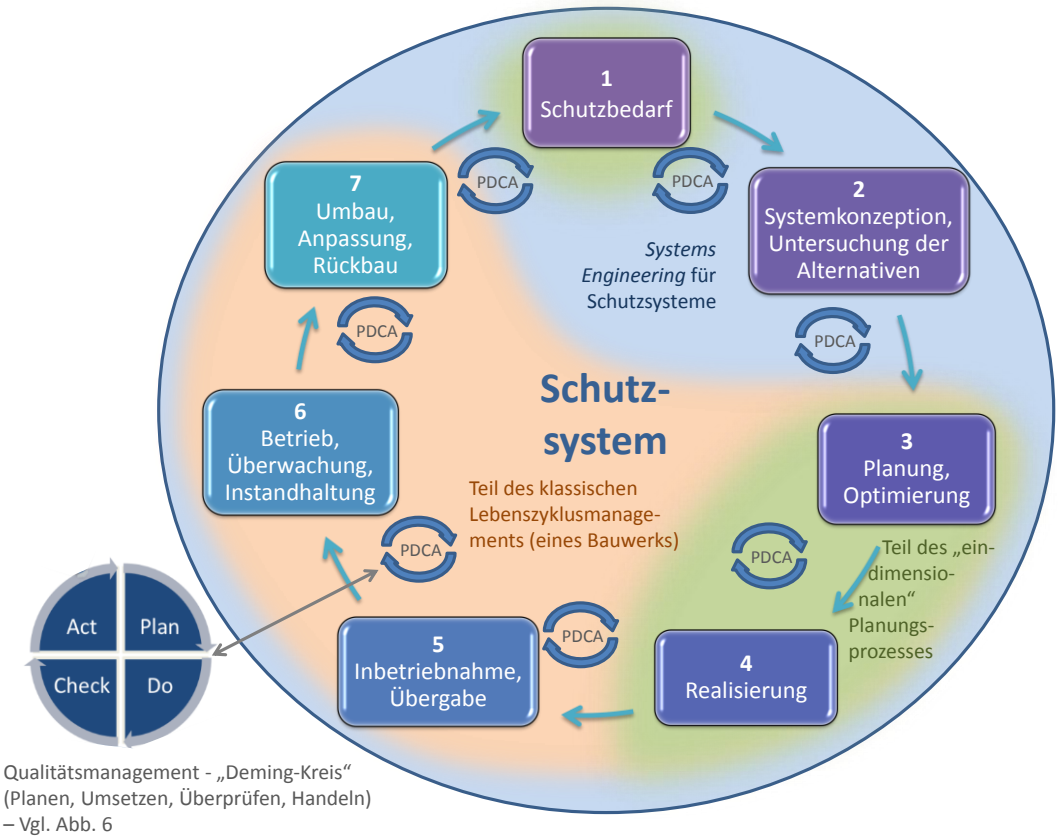


Abb. 5: Systems Engineering für Schutzsysteme: 7 Phasen des System-Lebenszyklus, unterstützt durch eine zyklische Neuevaluation (Feedback), dargestellt als PDCA-Zyklus („Deming-Kreis“) des Qualitätsmanagements.

4. **Realisierung**: Errichtung (Bau) des Schutzsystems.
5. **Inbetriebnahme, Übergabe**: Qualitätsprüfung, Funktionstest, Übergabe an den Besitzer (Betreiber) des Schutzsystems.
6. **Betrieb, Überwachung und Instandhaltung** des Schutzsystems: Wartung, Inspektion, periodische Zustandsbeurteilung, Reparatur und Sanierung.
7. **Umbau, Anpassung oder Rückbau**: was passiert nach Ende der Lebensdauer - Wiederaufbau, Ersatz, Anpassung von Bedingungen oder Anforderungen, Rückbau (Entsorgung) oder kontrollierter Zerfall.

Der Prozess des System-Lebenszyklus wird durch konstantes (regelmäßiges) Feedback unterstützt, dargestellt als PDCA-Zyklus („Deming-Kreis“) des Qualitätsmanagements. Die Grundsätze dieses Feedbacks sind: Plan, Do, Check, Act (Planen, Umsetzen, Überprüfen, Handeln) (Abbildung 5 und 6).

Nachstehend werden mehrere **Methoden (Funktionen) des Systems Engineering** vorgestellt, die die praktische Seite der Umsetzung dieses Ansatzes im Rahmen des Naturgefahrenmanagements verdeutlichen sollen:

- **Projektmanagement** ist eine wesentliche Voraussetzung für komplexe und vielschichtige Planungs-, Bau- und Betriebsprozesse von Schutzsystemen. Dazu gehört die Koordination von unterschiedlichen Akteuren und Interessenvertretern eines Projekts.
- **Anforderungsanalyse** und **Systementwicklung** zielt auf die Entwicklung von soliden, effizienten und fehlerresistenten Schutzsystemen ab und wird durch die Definition von spezifischen Schutzzielen, Variantenuntersuchungen, Mindeststandards, Funktionstests sowie die Anwendung bewährter Techniken erreicht. Die Systementwicklung orientiert sich an relevanten Risikoszenarien und muss bereits zu Beginn des Planungsprozesses durchgeführt werden. Sie konzentriert sich auf die Konfiguration (Architektur) des Schutzsystems sowie auf die Funktionsfähigkeit und Bemessung der Tragwerke und berücksichtigt dabei die Wechselbeziehungen der Effektivität und der Gebrauchstauglichkeit des Schutzsystems. Weiterhin werden der Schutzbedarf, die technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Kapazitäten sowie die rechtlichen Anforderungen der Betreiber (Nutznießer) in Betracht gezogen.
- **Technisches Änderungsmanagement** zielt auf die Anpassung von Schutzsystemen an die sich ständig ändernden Rahmenbedingungen ab, insbesondere in Bezug auf Umwelt (zum Beispiel Klimawandel), Gesellschaft, Technologie sowie die gesellschaftliche Risikobereitschaft. Die wichtigste Funktion ist die Dokumentation und Kontrolle dieser Änderungen, sowie eine regelmäßige Zustandsbeurteilung. Die Schutzziele müssen ebenfalls zyklisch angepasst werden (vgl. zum Beispiel bewährtes Praxisbeispiel B5).
- **Systemintegration** zielt auf die Neukonfiguration, Erweiterung und Neuausrichtung vorhandener Systeme im Rahmen einer Sanierungskampagne am Ende des ersten Lebenszyklus bzw. nach schweren Schäden ab, die durch Extremereignisse verursacht wurden. Neue Elemente (zum Beispiel Schutzbauwerke, Rechen und Gitter, Mess- und Steuerungsgeräte) werden in das vorhandene Schutzsystem integriert und verbessern die

Infobox Lebenszyklusmanagement (LZM):

Beim (Produkt)-LZM geht es um den gesamten Lebenszyklus eines Produkts - von der Idee über die technische Entwicklung und Fertigung bis hin zur Instandhaltung und Entsorgung hergestellter Produkte. LZM integriert Personen, Daten, Prozesse und Geschäftssysteme und stellt für Unternehmen und ihre Partner eine grundlegende Informationsquelle dar. *(Engl. Definition von Wikipedia)*

Ursprung: In der 1930er Jahren in der Produktentwicklung; grundlegend erweitert auf den Lebenszyklus von Industrieerzeugnissen.

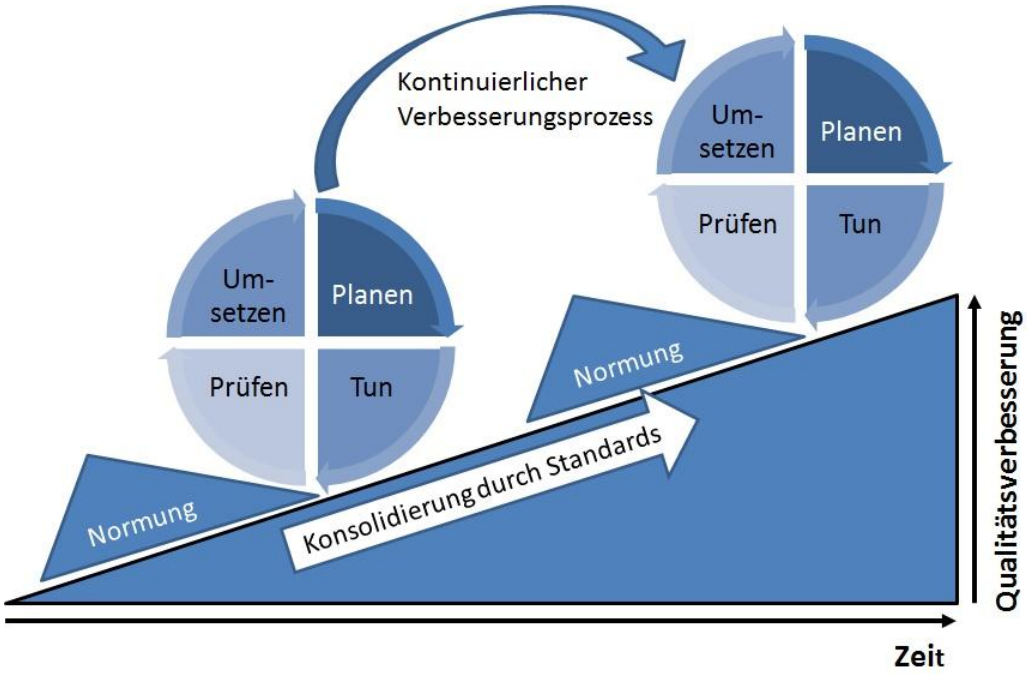


Abb. 6: Kontinuierliche Verbesserung von Schutzsystemen durch periodische Anwendung des PDCA-Zyklus, unterstützt durch Standardisierung.

Funktionsfähigkeit bzw. das Ausfallrisiko. Da die Systemintegration eine Überprüfung der Schutzziele und des Sicherheitsniveaus erfordert, sind weitere Funktionstests sowie die Anpassung der Instandhaltungsstrategien erforderlich (vgl. zum Beispiel bewährtes Praxisbeispiel B12 und 13).

- **Standardisierung** ist die Hauptfunktion der Qualitätssicherung im *Systems Engineering* und dient dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP). Komplexe Systeme mit einer Vielzahl von Planern, Akteuren, Betreibern und Verantwortlichen erfordern strenge und anwendbare Regeln und Vorschriften (Normen), um reibungslose und fehlerfreie Planungsprozesse, Workflows und Schnittstellen zu gewährleisten. Standards unterstützen alle Phasen des PCDA-Zyklus und müssen regelmäßig auf ihre Genauigkeit und Anwendbarkeit überprüft und gegebenenfalls angepasst werden (Abbildung 6). Standardisierung bezieht sich auf alle Arten von Normen, einschließlich gesetzlicher Normen, allgemeine technische Standards sowie spezifische Standards, Richtlinien und Betriebsvorschriften für ein bestimmtes Schutzsystem. Standards können die Entwicklung, die Auslegung, die Steuerung, die Organisation sowie einzelne Sicherheitsaspekte regeln.
- **Risikomanagement für Schutzsysteme** ist ein Hilfsmittel, um potentielle Gefahren und Risiken für die Stabilität, Gebrauchstauglichkeit und Lebensdauer des Systems (Bauwerks) früh genug erkennen und Systemstörungen oder -ausfälle durch angemessene Maßnahmen, Sicherheitsreserven und Ersatzteile für wichtige Systemelemente verhindern zu können. In Bezug auf Schutzsysteme für Naturgefahren muss man beim Risikomanagement zusätzlich die Auswirkungen von Extremereignissen (Katastrophen) und die Folgen von Überbelastungen in Betracht ziehen. Schutzsysteme, die komplexe Entscheidungsunterstützungssysteme wie zum Beispiel Mess-, Kontroll- oder Warngeräte umfassen, erfordern weiterhin eine besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich elektronischer (digitaler) Systemausfälle, Unterbrechungen der Stromzufuhr oder menschlichen Versagens.

3.4 Rechtliche, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte des Systems Engineering

Je komplexer die Schutzsysteme sind, desto eher sind sie anfällig für Fehlfunktionen, Störungen oder Totalausfälle. Eine erhöhte Komplexität erhöht damit auch das Haftungsrisiko für Planer, Betreiber und Genehmigungsbehörden. Bei der Planung, der Entwicklung, dem Betrieb und der Instandhaltung von komplexen Schutzsystemen verfügen die verschiedenen Akteure und Entscheidungsträger über unterschiedliche Erfahrungen, Kompetenzen, technische und wirtschaftliche Kapazitäten und vor allem über ein unterschiedliches Risikobewusstsein. Diese unausgeglichene Situation erfordert die Entwicklung von Schutzsystemen, die sich an den Kapazitäten der Besitzer oder Nutznießer (meistens Laien) orientieren, die für die Systeme haften und im Fall einer Störung oder eines Versagens das Schadenersatzrisiko gegenüber Dritten tragen.

In der Regel setzen gesetzliche Normen und offizielle Genehmigungen die Anwendung des „allgemeinen Stands der Technik“ voraus, welcher jedoch bei Schutzsystemen (Bauwerken) selten existiert. Da Schutzbauwerke, Steuerungsgeräte oder Warnsysteme häufig Prototypen sind, können sie nicht als bewährte Technologien bezeichnet werden. Da echte Bemessungsereignisse nur sehr selten auftreten, konnten noch nicht viele Erfahrungen mit der Funktionsfähigkeit (Gebrauchstauglichkeit) der Schutzbauwerke unter Extrembedingungen gesammelt werden. Eine nachhaltige Gebrauchstauglichkeit von Schutzsystemen, die regelmäßig vom Betreiber (Besitzer) überwacht, angepasst, inspiziert oder gewartet werden müssen, erfordert daher standardisierte Betriebsabläufe sowie regelmäßige Einführungen und Schulungen. Da Schutzanlagen nur selten in Aktion sind und die verantwortlichen Personen sich häufig ändern können, stellen beim Betrieb dieser Systeme die Dokumentation und Wissensvermittlung weitere Herausforderungen dar.

Traditionsgemäß ist die Kostenkalkulation für Schutzsysteme (Bauwerke) auf die Planungs- und Bauphase begrenzt, während Betriebsausgaben und Instandhaltungskosten häufig nicht berücksichtigt werden. Kürzlich durchgeführte Studien haben jedoch ergeben, dass diese Kosten im Lauf der Lebensdauer (Betriebsdauer) eines Schutzsystems (Bauwerks) die reinen Baukosten um ein Vielfaches übersteigen und mit erhöhter Komplexität exponentiell ansteigen. Ein neuer Ansatz im *Systems Engineering* ist daher die „**Lebenszykluskalkulation**“ (Abbildung 7), eine Methode der Kostenkalkulation, die alle Phasen der Betriebsdauer (Planung, Bau, Betrieb, Instandhaltung, Entsorgung oder Wiederaufbau) berücksichtigt. Ein weiteres Problem besteht darin, dass diese Kosten zu unterschiedlichen Zeiten auftreten und von verschiedenen Parteien getragen werden (vgl. zum Beispiel bewährtes Praxisbeispiel B3).

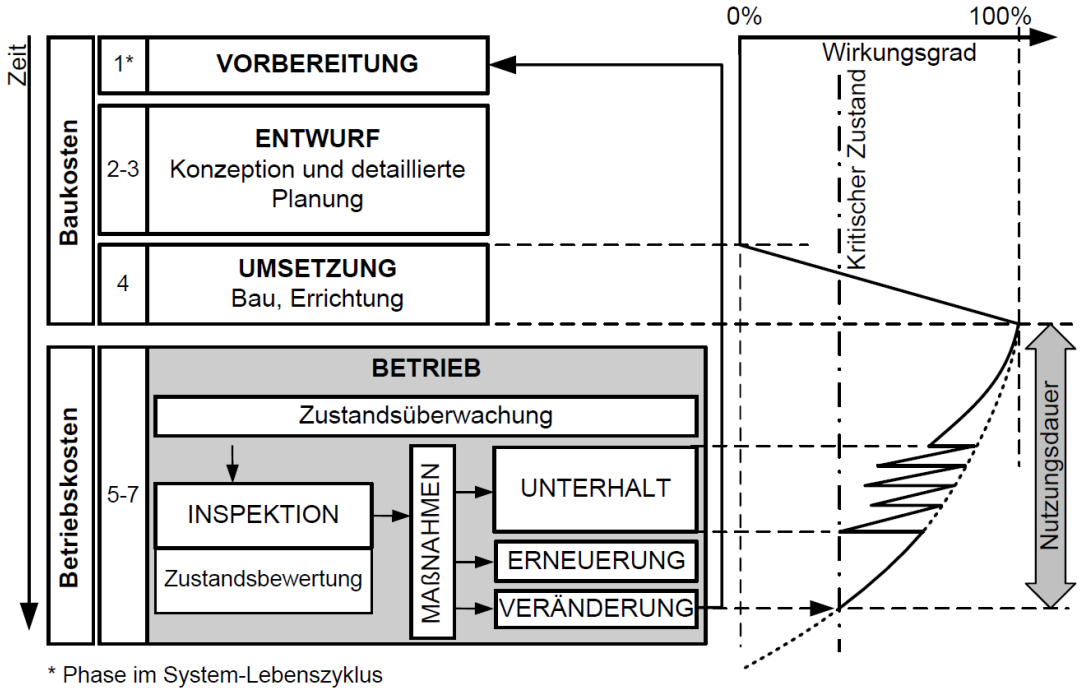


Abb. 7: Prinzip des Lebenszyklusmanagements von Schutzsystemen als Grundlage der Lebenszykluskalkulation.

Während die Planungs- und Baukosten generell von staatlichen (öffentlichen) Stellen finanziert werden, betreffen die darauffolgenden Betriebs- und Instandhaltungskosten hauptsächlich die Besitzer oder Nutznießer der Schutzmaßnahmen. Die Lebenszykluskalkulation garantiert eine allgemeine Kostentransparenz und schärft das Bewusstsein aller Parteien, wenn festgelegt werden muss, wer welche Kosten in welcher Phase des Lebenszyklus trägt. Besondere Aufmerksamkeit gilt hierbei den Interessen der Grundbesitzer, die beteiligt sind, wenn Schutzbauwerke auf ihrem Privatgrundstück errichtet werden und die Nutznießer aber andere Personen sind, als der Grundbesitzer selbst. Diese Situation erfordert Lösungen, die die Nutzung von privatem Grundbesitz und die Entschädigung für wirtschaftliche Nachteile während der gesamten Betriebsdauer regeln. Dieses Problem erfordert, basierend auf vertraglichen Vereinbarungen, entweder die Enteignung im öffentlichen Interesse oder die Gewährung von Nutzungsrechten.

Weiterhin müssen hinsichtlich der Inspektion und Instandhaltung von Schutzmaßnahmen gesetzliche Instandhaltungspflichten für Einzugsgebiete, Wasserläufe und Wasserinfrastrukturen eingeführt werden. Auch gesetzliche Pflichten in Bezug auf die nachhaltige Bewirtschaftung von Schutzwäldern, die Ausräumung von Wildholz aus Wildbächen und die Erhaltung des guten Zustands von Gewässern in Übereinstimmung mit der EU Wasserrahmenrichtlinie sind einzuführen.

Die konsequente Planung und Entwicklung von Schutzsystemen muss in jedem Fall die Lebenszykluskosten und die Mitverantwortung von Planern, Betreibern, Besitzern und gesetzlich verpflichteten Personen in Bezug auf Inspektion, Betrieb, Instandhaltung, Risikomanagement und die Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit berücksichtigen. Die Übergabe von Schutzsystemen an Betreiber (Besitzer) nach der Fertigstellung (außer in Bayern) bedeutet gleichzeitig die Übertragung von Risiken, Haftungen und wirtschaftlichen Belastungen, die berücksichtigt und von allen Parteien in Betracht gezogen werden müssen. Einfacher ausgedrückt: Das *Systems Engineering* erfordert auch Richtlinien für die Verwendung der Schutzsysteme (Bauwerke). Da Schutzbauwerke in der Regel im öffentlichen Interesse errichtet werden und dem Allgemeinwohl dienen, darf niemand von der Nutzung ausgeschlossen werden. Die Anweisungen in Bezug auf Funktionsfähigkeit, Instandhaltungsanforderungen, Betriebsvorschriften und Restrisiken betreffen alle Nutznießer (auch Bürger ganzer Gemeinden und Verkehrsteilnehmer). Daher ist die Einführung und Dokumentation von Betriebsvorschriften auch ein wichtiger Bestandteil der allgemeinen Risikokommunikation auf lokaler Ebene. Im Sinne des Lebenszyklusmanagements leisten sie einen entscheidenden Beitrag zum öffentlichen Risikobewusstsein und fördern gleichzeitig das praxisbezogene Wissen.

4. Lebenszyklusmanagement (LZM) für Schutzsysteme

4.1 Einleitung

Dem umfassenden *Systems Engineering*-Ansatz zufolge müssen strukturierte und integrierte Schutzkonzepte entwickelt werden, um die Anforderungen an die Effektivität und Effizienz hinsichtlich einer Vielzahl von Zielen gerecht zu werden (vgl. Abschnitt 3.2).

Die Durchführbarkeit von integrierten Schutzkonzepten muss unter verschiedenen Systembelastungen und angepassten Instandhaltungsstrategien analysiert werden. Wenn man diese Aspekte berücksichtigt, ist es zwingend notwendig, die funktionale Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des geplanten Schutzsystems über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu optimieren. Ein geeigneter Lebenszyklusmanagement-Ansatz ist bei einer solch langfristigen Planungsperspektive (d.h. Planungshorizont von 100 Jahren) von entscheidender Bedeutung.

Die wichtigsten Grundsätze des Lebenszyklusmanagement-Systems als integraler Bestandteil des *Systems Engineering* sind:

(1) eine Verbesserung der Methoden zur Bestimmung der Systemanforderungen in Bezug auf die Funktionsfähigkeit und in Übereinstimmung mit den speziellen Bedürfnissen zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklungsphase, d.h. Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit und Umsetzung von Risikominderungsstrategien;

(2) die Beurteilung des gesamten Systems einschließlich aller notwendigen Elemente;

(3) die Berücksichtigung der Wechselbeziehung zwischen den einzelnen Systemkomponenten sowie zwischen den höheren und untergeordneten Ebenen der Systemhierarchie;

(4) flexible Schutzkonzepte und Überwachungsstrategien, die während der gesamten Lebensdauer angepasst werden können sowie alle oben genannten Punkte berücksichtigt.

Ohne die Anwendung geeigneter Bemessungsprinzipien und die Umsetzung geeigneter Instandhaltungsstrategien wird die Effektivität der Schutzsysteme mit der Zeit unweigerlich nachlassen. Außerdem wurde in den letzten Jahrzehnten eine Zunahme des Schadenpotentials auf Mur- und Schwemmfächern beobachtet (vgl. auch Abbildung 2). Dies führt zu einer Erhöhung des Hochwasserrisikos und sollte beim Risikomanagement in Betracht gezogen bzw. zukünftig vollständig vermieden werden. Ein weiterer Grund zur Beunruhigung ist, dass Risikomuster in Bezug auf Hochwasserereignisse bisher nicht erkannt wurden, da in der Vergangenheit der Beurteilung der Schadensanfälligkeit und funktionalen Leistungsfähigkeit von Schutzmaßahmen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg wenig Beachtung geschenkt wurde.

Schutzsysteme haben eine dualen Charakter, da sie einerseits entwickelt wurden, um Naturgefahren zu minimieren, andererseits jedoch während ihrer Lebensdauer von den gleichen Prozessen beschädigt werden, die ihre Funktionalität abschwächen, so dass sie ihre Leistungsfähigkeit verlieren. Zudem kann ein normalerweise nicht erlaubter, jedoch in der Praxis nicht immer vermeidbarer, plötzlicher oder unerwarteter Zusammenbruch von Wildbachsperren bachabwärts zu einer erhöhten Hochwassergefahr führen, da das Wasser bei solchen Ereignissen anschwellt (Flutwellencharakter) und große Geschiebemengen mit sich führt.

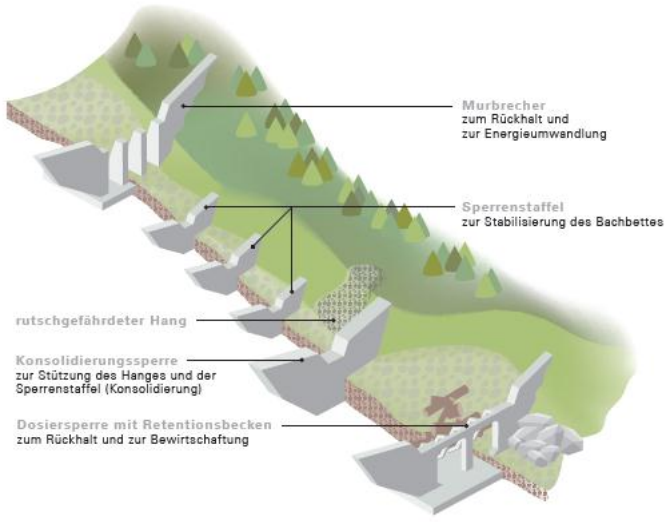


Abb. 8: Mehrere Bauwerke bilden eine „Funktionskette“, bei der die verschiedenen Wechselwirkungen berücksichtigt werden müssen (LfU).

Gemäß diesen Grundsätzen muss die Planung eines Schutzsystems auf den folgenden Grundsätzen basieren:

1. Technisch ausgereifte Vorabkontrolle der Funktionsfähigkeit;
2. Bautechnische Zuverlässigkeit des Systems, inklusive Berücksichtigung eventueller Überbelastungen, damit

plötzliche, unkontrollierte Zusammenbrüche des Bauwerks bzw. des Systems vermieden werden.

zu 1: Dazu muss sichergestellt werden, dass das geplante System auf gewünschte Art und Weise mit dem analytisch bestimmten Gefahrenprozessspektrum interagiert. Die Interaktion muss funktionieren, damit eine vollständige und wirtschaftliche Risikominderung sowie der vorab definierte ökologische und hydromorphologische Zustand erreicht werden.

Vom technischen Standpunkt aus gesehen erfordert die Verifizierung der Funktionsfähigkeit eines bestimmten Systems eine Ad-hoc-Definition des Verifizierungskonzepts, das zum Beispiel die Kalkulation von hydraulischen Leistungsindikatoren, die Beurteilung des ereignisbasierten und langfristigen Geschiebehaushalts sowie besondere Leistungsindikatoren für bestimmte funktionale Komponenten (zum Beispiel Dosierwirkung geöffneter Sperren) umfassen kann.

Zu 2: Die bautechnische Zuverlässigkeit ist nur gewährleistet, wenn berücksichtigt wird, dass dieses Konzept eng mit dem vorherigen verknüpft ist (aufgrund des bereits erwähnten dualen Charakters von Schutzsystemen). Zwei unterschiedliche Arten von Grenzzuständen werden hierbei berücksichtigt - der Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Wie in der Norm EN 1990 bestimmt, muss durch die Anwendung von Last- und Tragwerksmodellen verifiziert werden, dass bei der Anwendung von Bemessungswerten, Materialeigenschaften und geometrischen Daten keine Grenzzustände überschritten werden. Nachstehend werden (a) der Grenzzustand der Tragfähigkeit – **GZT** – und (b) der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit – **GZG** – in ihren wesentlichen Eigenschaften kurz dargestellt.

(a) Grenzzustand der Tragfähigkeit - GZT: Die Überschreitung dieser Grenzzustände können zu einem Tragwerkseinsturz oder anderen Ausfällen des Tragwerks führen. Er bezieht sich auf die Sicherheit von Menschen bzw. die Sicherheit des Tragwerks. **In diesem Zusammenhang schreibt die EN 1990 die in dem Kasten unten aufgeführten Verifizierungen vor.**

(b) Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - GZG: Die in diesem Fall zu beachtenden Bemessungssituationen sind **bautechnische Funktionen** des gesamten Tragwerks oder eines seiner Teile, der **Komfort der Menschen** und das **Aussehen** der Struktur. Diese Aspekte werden bei typischen Schutzsystemen in Bergbächen generell wenig beachtet. Um die Grenzzustände zu beurteilen, können folgende Kriterien angewandt werden: Belastungsgrenzen, Verformungen, Rissbreiten und Schwingungen.

Dem Leser wird aufgefallen sein, dass sich der Verifizierungsansatz in Bezug auf die Zuverlässigkeit auf einzelne Bauwerke bezieht und zudem in verschiedenen Richtlinien und Normen verankert ist. Die Verifizierung der Funktionsfähigkeit des gesamten Systems hingegen ist eher problemorientiert und sollte ergänzend zu einer rigorosen Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden. Daher hat, aus LZM-Perspektive betrachtet, die ordnungsgemäße Planung von exzellent funktionierenden Systemen allerhöchste Priorität.

Die Umsetzung eines soliden Verifizierungskonzepts ist zur Qualitätssicherung während des gesamten Lebenszyklus von entscheidender Bedeutung und hilft zudem dabei, Inspektions- und Instandhaltungsmaßnahmen eindeutig zu bestimmen, welche in Bezug auf Finanzen und Personal sehr ressourcenintensiv sein können.

- **ECU:** Verlust der Lagesicherheit des gesamten Tragwerks oder eines seiner Teile, die als Starrkörper betrachtet werden. In diesem Fall sind selbst kleine Schwankungen der Werte oder der räumlichen Anordnung der betrachteten Einwirkungen (zum Beispiel Eigengewicht des Tragwerkteils) von Bedeutung, während die Festigkeiten von Konstruktionsmaterialien oder vom Baugrund nicht maßgebend sind;
- **STR:** Versagen oder übermäßige Verformung des Tragwerks oder eines seiner Teile, einschließlich der Fundamentfüße. Hierbei ist die Tragfähigkeit und Festigkeit der Materialien maßgebend;6
- **GEO:** Versagen oder übermäßige Verformung des Baugrunds, wobei die Tragfähigkeit des Baugrunds (oder Fels) entscheidend ist;
- **FAT:** Versagen des Tragwerks aufgrund von Ermüdung.

4.2 Phasen des Lebenszyklusmanagement-Kreislaufs

Wie in Abbildung 7 gezeigt, besteht der System-Lebenszyklus aus verschiedenen Phasen.

Der gesamte Zyklus kann in eine Anschaffungsphase (Abbildung 5, Teil 1-4) und eine Betriebsphase (Nutzungsphase, Abbildung 5, Teil 5-7) aufgeteilt werden. Dadurch kann man unterscheiden zwischen

a) notwendigen Maßnahmen zur Entwicklung des Systems und
b) notwendigen Maßnahmen zur Erhaltung des Systems auf einem hohen Leistungsniveau bzw. Anpassung des Systems, wenn das Leistungsniveau nicht mehr ausreichend ist.

Die Anschaffungsphase beginnt, theoretisch betrachtet, mit der Bestimmung des Bedarfs (Systemanalyse) und erstreckt sich über die Entwurfs- und Vorplanung bis hin zur Detailplanung und zur Entwicklung (vgl. Teil 5 und 7). Die Nutzungsphase umfasst die Nutzung, die Neukonfiguration und den Auslauf des Produkts. Das Lebenszyklusmanagement befasst sich mit Konzepten des Produktlebenszyklus, die sich auf den Fertigungsprozess beschränken, mit Konzepten der Instandhaltung, der Stützlast sowie der Neukonfiguration, die in existierenden Gefahrenminderungsstrategien wenig beachtet wurden und daher ergänzt werden sollten. Mögliche Ausgangspunkte für den System-Lebenszyklus im Rahmen des integralen Risikomanagements sind:



Abb. 9: Der Betrieb kann ebenfalls einen hohen Aufwand bedeuten. So müssen Rückhaltebecken zum Beispiel regelmäßig ausgeräumt werden.

(1) eine auf regionaler Ebene durchgeführte Analyse, die ermitteln soll, ob das Risikomanagement gegen Naturgefahren in hochgefährdeten Gebieten erweitert werden muss (zum Beispiel durch
eine weitere Reduzierung der Schwachstellen oder durch ein höheres Schutzniveau);
(2) eine von der zuständigen Verwaltungsbehörde durchgeführte Untersuchung, die ermitteln soll, ob die technische Funktionsfähigkeit des vorhandenen Schutzsystems beibehalten oder erweitert werden muss;
(3) eine aktuelle Gefahrenkarte, die die Häufigkeit und das Ausmaß von spezifischen Gefahrenprozessen präzise darstellt und die mit einer Karte von gefährdeten Elementen verglichen wird, um gefährdete Gebiete besser identifizieren zu können;
(4) Dokumentierte Nachuntersuchung von Ereignissen, die eine unverzichtbare Wissensbasis für alle Maßnahmen zur effektiven Risikominderung bildet.

4.2.1 Strukturierung des Planungsprozesses

In diesem Abschnitt möchten wir einen konzeptionellen Planungsansatz vorstellen, der Planungsproblemen im Rahmen des Systems Engineering vorbeugt. Er ist so flexibel, dass er sowohl für die Entwicklung komplett neuer als auch für die Unterhaltung und Sanierung bestehender Schutzsysteme angewendet werden kann. Der Grundgedanke hinter diesem Konzept ist ein Arbeitsablauf, der Akteure Schritt für Schritt bei ihren täglichen Planungsaktivitäten unterstützen soll:

1. Definition der **Systemgrenzen** des betreffenden Untersuchungsstandorts, mit dem Fokus auf den Umfang des betroffenen Einzugsgebiets sowie auf alle relevanten Zuflüsse und Ablagerungsgebiete.
2. Definition der **Systemeigenschaften** hinsichtlich des Schutzsystems, der Naturgefahrenprozesse sowie des Schadenspotentials und der Anfälligkeit.
3. **Problemerkennung** und -beschreibung: Definition der Probleme (mit neuem und erweitertem Wissensstand), die mit Fokus auf die Risikominderung und die ökologische Funktionsfähigkeit gelöst werden müssen sowie eine eindeutige Auflistung der systemimmanenten Widersprüche.
4. **Formulierung des Idealen Endresultats (IER),** das durch Beschreibung eines „Modells“, an das eine Annäherung stattfindet,

erreicht wird. Das IER soll als Spezifikation dienen, die den Planer während des gesamten Planungsprozesses unterstützt. Da das IER in einer frühen Planungsphase formuliert wird, ist es von entscheidender Bedeutung, sich auf die zuvor identifizierten systemimmanenten Widersprüche zu beziehen und ein kontinuierliches Zielsystem zu definieren. Anders ausgedrückt - die zu erreichenden Ziele müssen als Maximierungs- (Minimierungs-) Ziele formuliert werden. Ein ideales Schutzsystem sollte unter anderem folgende Eigenschaften aufweisen (vgl. zum Beispiel bewährtes Praxisbeispiel B5 und B7):

- lange **Haltbarkeit** (hohe Zuverlässigkeit), einfache und kostengünstige Instandhaltbarkeit;
- hohe **Funktionsfähigkeit** (Effizienz) mit nachhaltiger Schutzwirkung für kurze Wiederkehrperioden und ausreichender Schutzwirkung für Ereignisse mit langen Wiederkehrperioden;
- **geringe Unsicherheiten** in Bezug auf die Reaktion des Schutzsystems auf Extremereignisse, was eine einfache Integration und effektivere Umsetzung von Frühwarnsystemen etc. ermöglicht;
- eine **widerstandsfähige Reaktion** auf extreme Belastungen (jenseits des Bemessungsereignisses), was solide und flexible Systeme erfordert.

In besonderen Fällen wie zum Beispiel bei der Wildbachverbauung können weitere Anforderungen auftreten, wie z.B.:

- Hohe **Geschieberetentionskapazität**, bei gleichzeitiger fortlaufender Verminderung des Geschiebepotentials (Entleerung);
- **Ökologische Anforderungen**, nicht nur durch die Wasserrahmenrichtlinie. So verhindert zum Beispiel die ökologische Gestaltung von Querbauten Erosion, bewahrt die notwendigen Eigenschaften des natürlichen Wasserlaufs und ermöglicht zudem die Entwicklung von aquatischen Ökosystemen (vgl. bewährtes Praxisbeispiel B9).
- **Soziale Funktion** von Gewässern als wichtiges Element der Landschaft, des Stadtbilds, der Gewinnung von Wasserkraft und als Erholungsgebiet, etc.

5. Analyse aller **möglichen physischen, räumlichen, zeitlichen und finanziellen Ressourcen** für eine optimale Anwendung des IER. In dieser Phase sollte der Planer über die Beurteilung möglicher Prozesse zur Gefahrenminderung hinausgehen. So sollten bei der Wildbachverbauung neben den traditionellen Konsolidierungs- und Rückhaltekonzepten auch die Möglichkeiten des dosierten Geschiebetransportes (Wildholz) oder der räumlichen und zeitlichen Verringerung der Spitzen-Abflussintensität (zum Beispiel die Umleitung übermäßiger Lasten in Bereiche, in denen geringere Schäden entstehen) erörtert werden. Aus Sicht des integralen Risikomanagements ist es von entscheidender Bedeutung, Objekte zu bestimmen, die im Falle eines Katastrophenszenarios „geopfert“ werden könnten (d.h. Opfer mit dem Ziel einer Schadensminimierung).

6. Erarbeitung von **Lösungskonzepten bzw. -varianten** basierend auf dem IER und in Übereinstimmung mit den in Tabelle 1 dargelegten Grundsätzen.

7. **Evaluation** der entwickelten Lösungsstrategien.

8. **Auswahl des optimalen Lösungskonzepts**, basierend auf Kriterien der Wirtschaftlichkeit, indem für jede vorgeschlagene Lösung die folgenden Fragen gestellt werden (vgl. zum Beispiel bewährtes Praxisbeispiel B6):

- Was hat sich verbessert?
- Was hat sich verschlechtert?
- Was wurde verändert?
- Was muss zur Erreichung des IER noch getan werden?

9. **Kommunikation des Restrisikos** an alle betroffenen Personen.

Ursprungsprinzipien	Abgeleitete Prinzipien
(i) Trennungsprinzipien	a) Räumliche Trennung: Es wird allgemein angestrebt, Gebiete mit bestimmten Prozessintensitäten von gefährdeten Gebieten zu trennen, d.h. durch Akkumulation der Risikowerte. Konsequenz: Konzentration ungünstiger Auswirkungen in Gebieten mit geringer Vulnerabilität. b) Zeitliche Trennung: Es wird angestrebt, prozessseitig die maximale Abfluss- und Geschiebetransportintensität zeitlich zu entkoppeln und bewegliche Risikoobjekte im kritischen Zeitfenster während eines Extremereignisses aus den gefährdeten Bereichen zu entfernen (zum Beispiel Evakuierung gefährdeter Personen). c) Trennung durch Statusänderung: Es wird angestrebt, während kritischer Perioden und für die Dauer der Extremereignisse eine Neukonfiguration wichtiger Systemeinstellungen zu erreichen (zum Beispiel durch Vermeidung von Verklausungen unter Brücken). d) Trennung des Systems und seiner Elemente: Es wird angestrebt, Untersysteme mit geringerer Anfälligkeit zu entwickeln, ohne die restlichen Teile des Systems zu beeinträchtigen (zum Beispiel lokaler Tragwerksschutz für einzelne Bauwerke).
(ii) Dynamisierungsprinzipien	a) Dynamisierung des Geschiebetransportprozesses: Es wird allgemein angestrebt, den Geschiebetransportprozess zu kontrollieren (zum Beispiel durch ein dosierte Abgabe in offenen Wildbachsperren) ebenso, wie den Wildholztransportprozess (zum Beispiel durch präventiven Rückhalt in Retentionsbauwerken). b) Dynamisierung des Ökosystems: Es wird allgemein angestrebt, die Funktionalität des Ökosystems zu optimieren. c) Dynamisierung der Gefahrenminderung – Modularisierung des Schutzsystems: Es wird allgemein angestrebt, ein flexibles und modulares Gefahrenminderungskonzept zu entwickeln, bei dem die gesamte Palette möglicher Alternativen berücksichtigt wird. Dieses Prinzip ermöglicht eine flexible Anpassung, wenn sich die Parameter in der Zukunft ändern sollten.
(iii) Kombinationsprinzipien	a) Kombination der Gefahrenminderung: Es wird allgemein angestrebt, die Auswirkungen von Gefahren und die Anfälligkeit effizient zu reduzieren und damit die Zuverlässigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Systems zu optimieren. b) Mehrzweck-Kombination Es wird allgemein angestrebt, Teile des Gefahrenminderungskonzepts im Hinblick auf eine alternative Nutzung zu entwickeln (zum Beispiel durch Modellierung der Landschaft, um eine Strömungsumlenkung zu erreichen, ohne die landwirtschaftliche Nutzung des Gebiets zu beeinträchtigen).
(iv) Redundanzprinzipien	Redundanzen bei der Eingriffsplanung: Insbesondere im Katastrophenfall sollten bestimmte Elemente des Gefahrenminderungskonzepts redundant sein, um Systemausfällen vorzubeugen.

Tab. 1: Prinzipien der Planung effektiver Hochwasserrisikominderungsstrategien.

4.2.2 Ausführungsphase

Die Ausführungsplanung ist die Schnittstelle zwischen der Planungs- und der Umsetzungsphase im Rahmen des Lebenszyklusmanagement-Kreislaufs. In dieser Phase werden die genehmigten Entwurfspläne weiter ausgearbeitet und Detailfragen geklärt. Selbst in diesem Planungsschritt kann unter Umständen noch entscheidend auf die Nutzungsphase Einfluss genommen werden. Die resultierenden Ausführungspläne enthalten alle Angaben zur Umsetzung des Bauwerks und sind die Basis für die Realisierung.

Um die Bauleistung an eine geeignete Firma vergeben zu können, sind eine detaillierte Leistungsbeschreibung sowie ein Leistungsverzeichnis auf Grundlage der Ausführungsplanung zu erstellen. Darin werden alle erforderlichen Arbeiten und Materialien beschrieben. Für viele Positionen des Leistungsverzeichnisses sind Mustertexte verfügbar, die entsprechend zusammengesetzt werden können. Die Ausschreibung hat das

Ziel, eine wirtschaftliche Ausführung zu gewährleisten. Die angebotenen Preise sind die Grundlage für die spätere Abrechnung der Bauleistung.
Im Rahmen der Ausschreibung kann es zweckmäßig sein, Nebenangebote der Bieter zuzulassen. Dies ermöglicht, dass alternative Verfahren, Bauweisen oder Baustoffe angeboten werden. Bei der Wertung von innovativen oder technisch weiter entwickelte Lösungen sollte auch der weitere Lebenszyklus des Bauwerks betrachtet werden: So können alternative Lösungen auch in Hinblick auf die spätere Überwachung und Unterhaltung Vor- oder auch Nachteile bringen oder Einfluss auf spätere Anpassungen oder Veränderungen des Bauwerks haben.

Nach der Vergabe sollten die ursprünglich angesetzten Kosten mit den angebotenen Preisen verglichen werden. Zum einen muss kontrolliert werden, ob der zur Verfügung stehende Finanzrahmen eingehalten wird. Zum anderen können die Richtwerte für zukünftige Kalkulationen plausibilisiert und ggf. angepasst werden.

Mit dem symbolischen Spatenstich beginnt die (Bau-)Ausführung. Diese stellt einen wichtigen Schritt im Lebenszyklus eines Bauwerks dar. Damit das Bauwerk seine Funktion über den geplanten Zeitraum erfüllen kann, ist auf eine korrekte Umsetzung der Ausführungsplanung in die Realität zu achten. Die vorgegebenen Materialien und Qualitätsstandards sind zwingend einzuhalten. Von Baustoffen wie Beton können vor Ort Proben genommen werden und im Labor zum Beispiel auf ihre Festigkeit geprüft werden.

Eine fehlerhafte oder unsaubere Ausführung kann die zukünftige Abnutzung eines Bauwerks beschleunigen oder Mängel verursachen. Diese werden nicht immer sofort sichtbar, sondern können im ungünstigen Fall auch erst nach Ablauf der Gewährleistungsfrist Probleme bereiten. Fehler bei der Ausführung lassen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten früher notwendig werden und führen zu erhöhten Instandhaltungskosten. Im Extremfall kann das Bauwerk im Bemessungsfall auch komplett versagen.
Zudem ist im Rahmen der Ausführung zu prüfen, ob die der Planung zu Grunde liegenden Randbedingungen, wie zum Beispiel die Baugrundverhältnisse, auch zutreffen. Wenn die für die Bemessung angesetzten Parameter nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen, kann dies zu Problemen bei der Standsicherheit des Bauwerks führen.

Daher ist es wichtig, den Baufortschritt zu leiten und zu überwachen. Regelmäßige Baustellenbesprechungen vom Bauherr bzw. dessen Vertreter mit der ausführenden Firma steigern die Qualität und Effektivität der Ausführung sowie des Ergebnisses.

Erforderliche Abweichungen von den Ausführungsplänen, die sich während der Umsetzung ergeben können, sind zu dokumentieren und in den Bestandsplänen festzuhalten. Die Bestandspläne sind eine wichtige Basis für spätere Anpassungen oder Veränderungen am Bauwerk. Aber auch für die Beurteilung von Bauwerken im Rahmen der Inspektion können Bestandunterlagen hilfreich sein. Liegen keine Bestandspläne vor, kann man nur auf die Ausführungspläne zurückgreifen. Ob diese auch 1:1 umgesetzt wurden, bleibt für die nicht sichtbaren Bauwerksteile allerdings offen.
Anhand der tatsächlich erbrachten Leistungen erfolgt die Abrechnung. Positionen, die in der Ausschreibung vergessen oder erst im Laufe der Ausführung erforderlich wurden, führen zu



Abb. 10: Bauausführung der Murfangsperre im Zillenbach, Gemeinde Hindelang, Oberallgäu (Foto: WWA Kempten).

Nachträgen. In diesen Fällen ist stets der geplante und genehmigte Finanzierungsrahmen im Auge zu behalten.
Mit der Bauabnahme endet die Ausführungsphase. Das Bauwerk wird seiner angedachten Nutzung übergeben und in Betrieb genommen. Im Rahmen der Bauabnahme sollten alle eventuellen Mängel festgehalten und deren Beseitigung geregelt werden.

4.2.3 Betrieb und Instandhaltung

Betrieb

In einigen Fällen erfordert der Betrieb von Schutzanlagen einen hohen, kontinuierlichen Aufwand. Der Betrieb ändert nicht den Zustand des Bauwerks oder der der Anlage, sondern umfasst nur den Aufwand während der normalen Arbeitszeit bzw. die Festkosten. Dieser Aufwand kann enorm ansteigen, was bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden sollte. Beispiele für Betriebskosten sind: Stromkosten für Messgeräte, Lampen oder Pumpen; Personalkosten für den Betrieb, inklusive Bereitschaftsdienst; regelmäßige Ausräumarbeiten und (Selbst-)Überwachung.

Überwachungskonzept

Eine wichtige Aufgabe zur Gewährleistung eines angemessenen Sicherheitsniveaus ist eine regelmäßige Überwachung des Zustands und der Effektivität. Diese Aufgabe ist hauptsächlich die Pflicht des Besitzers eines Schutzbauwerks (zum Beispiel Staat, Kommune, Nutznießer, Wassergenossenschaft, oder Besitzer des geschützten Verkehrsweges (zum Beispiel Eisenbahngesellschaft) - siehe auch bewährtes Praxisbeispiele B1, B3 und B11). Das Überwachungskonzept kann in zwei Teile aufgeteilt werden: die Inspektion und die Messung bzw. der Eingriff (Abbildung 12).



Abb. 11: Die Überwachung ist notwendig, um den Instandhaltungsbedarf zu ermitteln und damit die kontinuierliche Funktionsfähigkeit zu gewährleisten.

Bei der Inspektion geht es hauptsächlich darum, den Zustand umfassend zu beurteilen. Dies wird durch den Vergleich des Ist-Zustands mit dem Referenzzustand erreicht. Ziel der Inspektion ist die Einteilung des Bauwerks in unterschiedliche Zustandsniveaus, zum Beispiel von „neu“ oder „so gut wie neu“, bis hin zu „vollkommen zerstört“. Für die Klassifizierung des Ist-Zustands müssen zukünftige Entwicklungen des Zustands und die zeitliche Planung von Maßnahmen in Betracht gezogen werden.

Die Inspektionskonzepte sollten zudem die Wichtigkeit der verschiedenen Bauwerke berücksichtigen. Sperren, die das Schlüsselbauwerk eines Schutzsystems darstellen, müssen häufiger inspiziert und vorrangig instand gehalten werden. Ein Schlüsselbauwerk zeichnet sich dadurch aus, dass es im Fall seines Versagens zu massiven Schäden im geschützten Gebiet kommen kann.

Die Organisation der Inspektion wird in den verschiedenen Staaten der Alpenregion unterschiedlich geregelt. Es sollte jedoch in jedem Fall darauf geachtet werden, dass die Inspektion von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt und das Inspektionsergebnis ordnungsgemäß dokumentiert wird. In Italien, Österreich und Deutschland werden die Ergebnisse zum Beispiel zur weiteren Verwendung in Datenbanken gespeichert (siehe Anlage A - Bauwerksdatenbank).

Es ist wichtig, nicht nur die Bauwerke, sondern auch den Wasserlauf, die Ufer und das umliegende Land zu überwachen (und instand zu halten). Da diese Elemente wichtige Funktionen des Systems erfüllen, kann es zum Beispiel notwendig sein, Ablagerungen, übermäßige Ufervegetation oder Wildholz zu entfernen. Die Wechselwirkung zwischen Wasserlauf, Ufern, Hängen und Bauwerken muss ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Jedes Überwachungskonzept muss flexibel auf Veränderungen reagieren können. Insbesondere nach Ereignissen ist eine

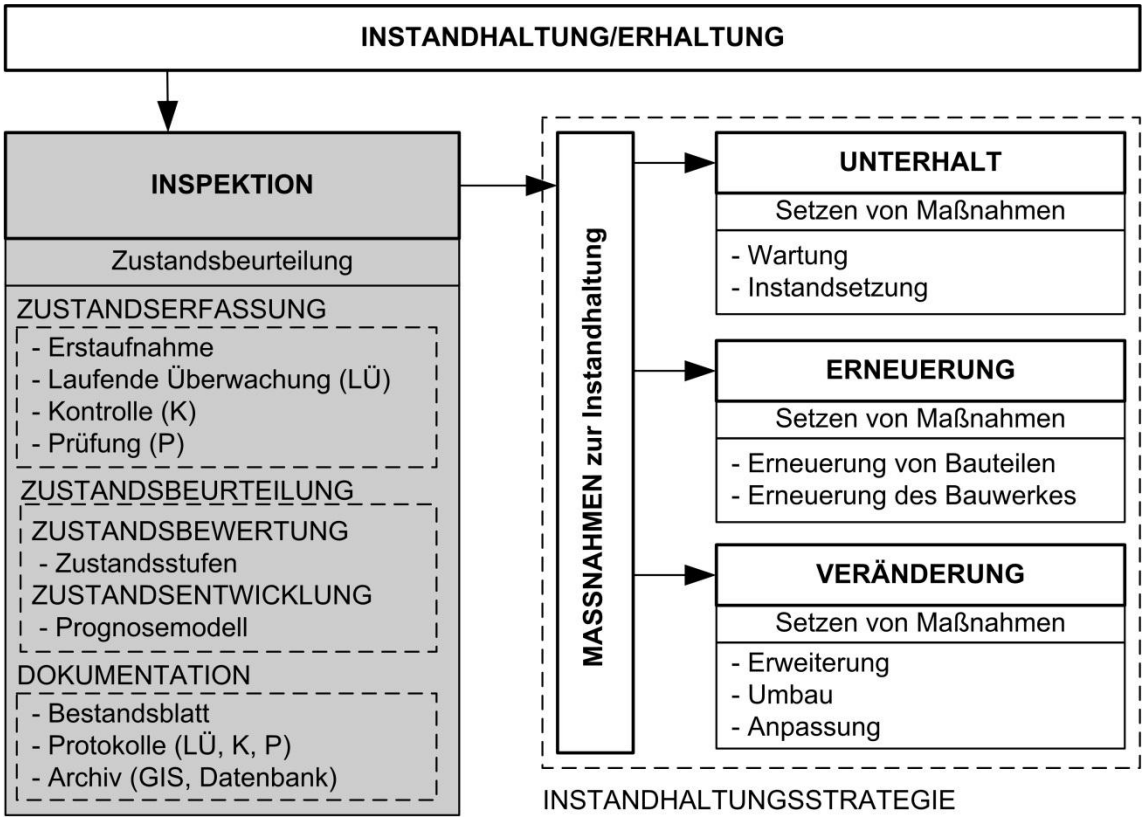


Abb. 12: Konfiguration des Instandhaltungskonzepts für Schutzmaßnahmen.

gesonderte Überwachung von entscheidender Bedeutung, um die Funktionsfähigkeit des Systems zu prüfen und erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen einzuleiten. Um die Überwachung und Instandhaltung zu ermöglichen, ist ein dauerhafter Zugang zur Anlage während der gesamten Lebensdauer notwendig.

Instrumente zur Inspektion, Dokumentation und Beurteilung

Um den Ist-Zustand bestimmen und eine einheitliche Beurteilung durchführen zu können, sind standardisierte Instrumente erforderlich (siehe insbesondere bewährtes Praxisbeispiel B1). Diese Instrumente können in operative Instrumente, Dokumentations- und Beurteilungsinstrumente aufgeteilt werden. Eine kontinuierliche und vergleichbare Beschreibung der Bauwerksschäden wird durch ausgereifte Kontrollprotokolle erreicht. So wurde zum Beispiel in Österreich ein Schadenskatalog für Wildbachschutzmaßnahmen entwickelt. Dieser Katalog basiert auf den Erfahrungen von Experten und dem theoretischen Hintergrundwissen von Forschern. Er enthält eine Klassifizierung der Schäden sowie detaillierte Beschreibungen verschiedener Schadenstypen. Das Klassifizierungsschema teilt die Schadenstypen gemäß dem Grenzzustand der Tragfähigkeit, dem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und dem Grenzzustand der Dauerhaftigkeit (gemäß EN 1990) auf. Weiterhin werden bei der Klassifizierung der Bauwerkstyp und das Baumaterial berücksichtigt. Eine kontinuierliche und vergleichbare Beschreibung der Bauwerksschäden kann einerseits durch ausgereifte Instrumente, die effektive Entscheidungen bezüglich der Art und des Zeitpunkts der Maßnahmen ermöglichen, und andererseits durch Kontrollformblätter erreicht werden, die den Prüfer unterstützen.

Die gesammelten Daten werden für die Instandhaltungsplanung sowie für weitere Inspektionsplanungen genutzt, um ein präzises und effizientes Instandhaltungsmanagement zu realisieren. Nur so können effektive Entscheidungen bezüglich der Art und des Zeitpunkts der Maßnahmen getroffen werden. Um weitere Entwicklungen auf Grundlage verschiedener Instandhaltungsszenarien zu simulieren und die Lebenszykluskosten zu optimieren, können auch Datenbanken angelegt werden.

Beispiel für operative Inspektionsinstrumente (Österreich)

Drei verschiedene Inspektionsstufen beachten die ökonomischen Grenzen. In Stufe 1 werden alle Bauwerke periodisch inspiziert, zum Beispiel durch Waldarbeiter im Rahmen der jährlichen Wildbachbegehung (zum Beispiel Aufgabe der Gemeinde gemäß Forstgesetz). Wenn Schäden an einem Bauwerk festgestellt werden, führt ein kompetenter Experte eine Inspektion der Stufe 2 aus. Wenn der Ist-Zustand des Bauwerks nicht beurteilt werden kann, wird eine Inspektion der Stufe 3 durchgeführt.

Stufe 1 und 2 werden mit visuellen Inspektionsmethoden durchgeführt. Stufe 3 hingegen erfordert komplexe ingenieurtechnische Methoden, zum Beispiel Materialprobenanalysen, Messsysteme sowie statische und hydraulische Simulationen. Im Idealfall wird Stufe 3 von einem disziplinübergreifenden Expertenteam durchgeführt. Die operativen Instrumente müssen gemäß RVS 13.03 Richtlinie zugelassen sein.

Instandhaltung

Die regelmäßige Instandhaltung der Schutzsysteme und -bauwerke ist ein wichtiger Bestandteil des integralen Naturgefahrenmanagements. Sie stellt die Schutzfunktion sicher, verbessert die Betriebssicherheit und sorgt für einen dauerhaft guten Zustand der Bauwerke. Bei Instandhaltungsmaßnahmen sind in der Regel keine wasser- oder baurechtlichen Genehmigungen mehr erforderlich, da die Schutzfunktion bzw. das Schutzsystem nicht verändert wird. Die Hauptelemente der Instandhaltung sind: Wiederherstellung, Reparaturen, (kleine) Sanierungen.

Die Lebensdauer eines Bauwerks ist abhängig von der Instandhaltungsstrategie, insbesondere der Auslöseschwelle bzw. der Häufigkeit der Instandhaltungsmaßnahmen. Regelmäßige Prüfungen und korrektive Instandhaltungsmaßnahmen verlängern die Lebensdauer. Je näher das Bauwerk auf einen kritischen Zustand zugeht (Abbildung 3), desto dringender müssen Maßnahmen ergriffen werden.

Die Instandhaltung sollte mehrere Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel ökologische Fragen berücksichtigen. So sollten zum Beispiel während der Laichzeit von Fischen größere Eingriffe in den Wasserlauf vermieden werden.

Umbau oder Systemwechsel?

Jedes Bauwerk erreicht irgendwann das Ende seiner Lebensdauer. In diesem Fall sind mehrere Optionen möglich:

- Umbau des Bauwerks oder seiner Komponenten
- Anpassung, Änderung oder Vergrößerung des Bauwerks aufgrund von neuen Randbedingungen (vgl. zum Beispiel bewährtes Praxisbeispiel B10)
- Kontrollierter Verfall, weil das Bauwerk nicht mehr benötigt wird
- Komplette Entfernung des Bauwerks, da es das System inzwischen negativ beeinträchtigt.
- Änderung des gesamten Systems (zum Beispiel ein neues, großes Bauwerk ersetzt mehrere alte)

Zur Beurteilung weiterer Maßnahmen muss das Gesamtsystem (Einzugsgebiet) anhand eines integralen Ansatzes betrachtet werden (vgl. zum Beispiel bewährtes Praxisbeispiel B2). Nur so kann die beste Strategie für ein Schutzsystem ermittelt werden, das aus mehreren Einzelbauwerken besteht, zu verschiedenen Zeiten und unter unterschiedlichen Randbedingungen errichtet wurde. Beispiele für diesen Ansatz werden in den bewährten Praxisbeispielen Habichtgraben (B4, Deutschland), Gadria (B8, Italien) oder dem Management von alten Lawinenverbauungen (B12, B13 Schweiz) aufgezeigt.

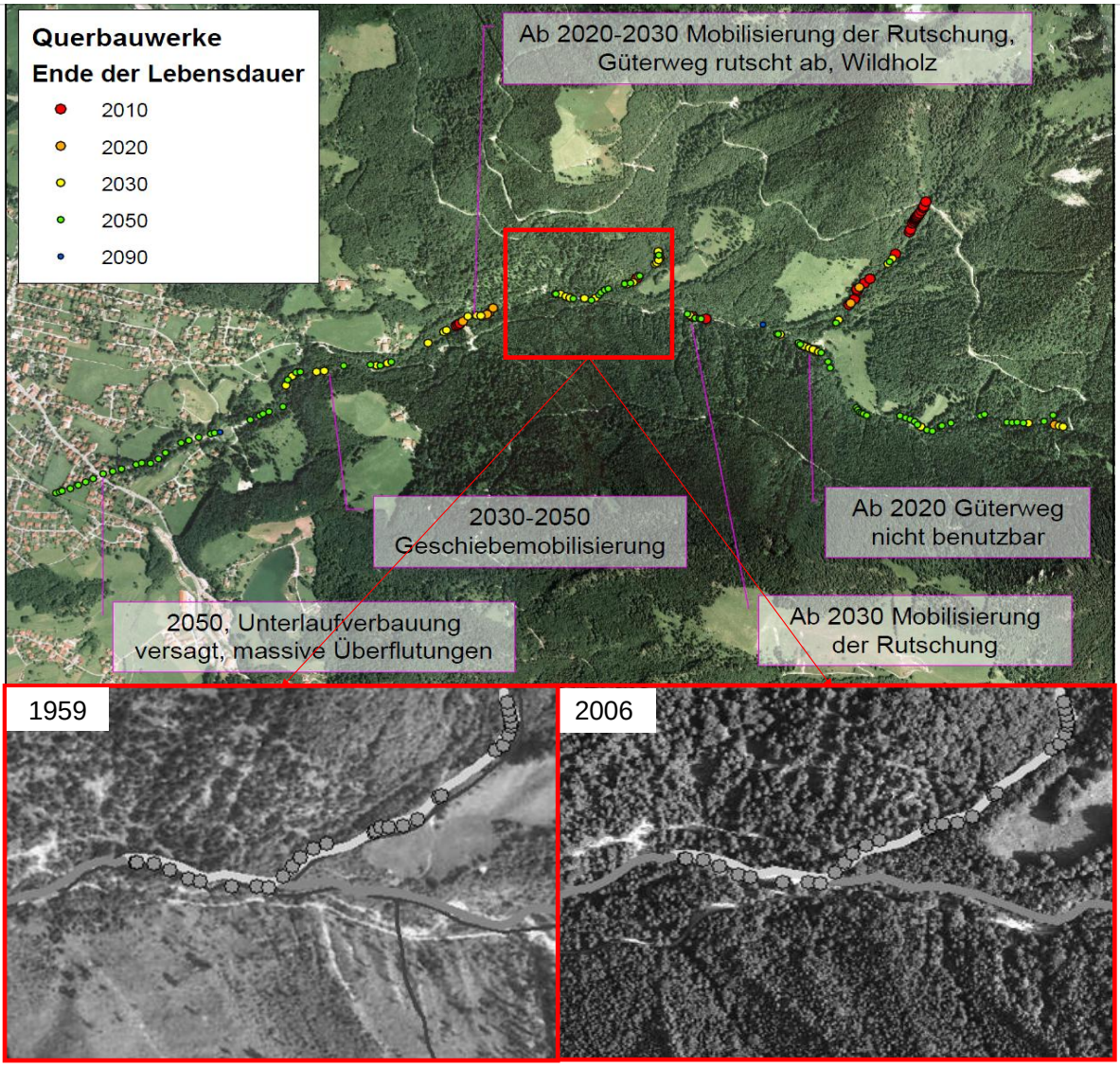


Abb. 13: Beurteilung der Konsequenzen nach Ende der Lebensdauer (Rimböck, A.; Asenkerschbaumer, M. (2012)).

5. Konsequenzen und Empfehlungen

UNSERE KONSEQUENZEN UND EMPFEHLUNGEN MÖCHTEN WIR HIER UNTERGLIEDERN NACH DEN IN KAPITEL 2 DARGESTELLTEN WIRKUNGSBEREICHEN VON SCHUTZSYSTEMEN.

5.1 Allgemeine Empfehlungen

Einführung des *Systems Engineering* im Naturgefahrenmanagement: Das *Systems Engineering* bietet zahlreiche wertvolle Ansätze, die ein optimiertes, nachhaltiges und integrales Naturgefahrenmanagement ermöglichen.

Innovative Schutzsysteme, die auf dem Wiege-zur-Wiege (früher: Wiege-zur-Bahre)-Konzept basieren (Lebenszyklusmanagement): Mit diesem Ansatz ist es möglich, die Intelligenz natürlicher Systeme auszunutzen, um die Umwelt zu schützen und umweltfreundliche Arbeitsplätze zu ermöglichen. Es ist daher sinnvoll und notwendig, das ehemalige „Wiege-zur-Bahre“-Konzept eher als „Wiege-zur-Wiege“-Konzept zu verstehen, da auf diese Weise der gesamte Zyklus betrachtet und der Verbrauch von natürlichen Ressourcen optimiert wird.

Homogenisierung der Zahlen in Bezug auf Grundkapital / Wiederbeschaffungswert: Wie wir bereits festgestellt haben, sind die Daten in den verschiedenen Staaten bezüglich der Anzahl und des Werts der Schutzbauwerke nicht einheitlich erfasst. Um die Zahlen für diese wichtige „Sicherheitsinfrastruktur“ besser vergleichen zu können, sollten die Wertermittlung standardisiert und die Datenbanken homogenisiert werden.

Ökosystemdienstleistungen berücksichtigen: Indem man Ökosystemdienstleistungen bei Schutzsystemen berücksichtigt, erweitert und integriert, werden Investitionen nachhaltiger. So können die Lebensdauer verlängert und die Instandhaltungskosten reduziert werden. In manchen Fällen ist es sogar möglich, die Schutzfunktion von Bauwerken komplett auf Ökosystemdienstleistungen zu übertragen.

5.2 Bauwerksebene

Beobachtungs- und Dokumentationssystem für Schutzanlagen: Für jedes einzelne Schutzelement eines Systems sollte ein flächendeckendes und gut angepasstes System zur Inspektion und Dokumentation aller Maßnahmen eingeführt werden. So wird ein optimaler Überblick über das System sichergestellt, was eine Optimierung des Managements, des Betriebs und der Instandhaltung ermöglicht.

Anwendung der Lebenszyklus-Kostenkalkulation: Während der Vorbereitung und Vorplanung müssen die Aspekte Funktionsfähigkeit, Stabilität, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit flexibel beurteilt werden. Wendet man die Lebenszyklus-Kostenkalkulation frühzeitig an, wird die Suche nach optimierten Lösungen erleichtert.

5.3 Einzugsgebietsebene

Analyse der Entwicklungen im Einzugsgebiet: Nur eine sorgfältige Betrachtung aller Aspekte im gesamten Einzugsgebiet bildet eine zuverlässige Grundlage für alle Planungsphasen. Auf dieser Basis können spezifische Szenarien abgeleitet werden, die im Planungsprozess berücksichtigt werden können. Mit diesem Ansatz und einer regelmäßigen Überprüfung sollte es möglich sein, auf zukünftige Entwicklungen / Veränderungen flexibel reagieren und widerstandsfähige Schutzsysteme errichten zu können.

Integraler Ansatz zur Gewährleistung nachhaltiger und flexibler Schutzsysteme: Nur ein integrales Risikomanagement, dass alle Schutzelemente berücksichtigt - wie zum Beispiel Schutzwälder, Baumaßnahmen, Planungsmaßnahmen - und an dem alle betroffenen Personen beteiligt werden, kann zu nachhaltigen Ergebnissen führen und flexible Lösungen hervorbringen.

5.4 Wirkungsbereichsebene

Berücksichtigung von Schutzsystemen bei der Raumplanung: Nur wenn die Risikobeurteilung von Schutzsystemen systematisch und mit all ihren Konsequenzen und Beschränkungen bei der Raumplanung berücksichtigt wird, können funktionsfähige und zuverlässige Lösungen erzielt werden.

Ausgewogenes Verhältnis von Risiken, Chancen und Kosten: Die Realisierung von Schutzsystemen bedeutet einen großen Aufwand. Nicht nur die Kosten, sondern auch die Chancen und Restrisiken müssen zwischen den betroffenen Personen geteilt

werden, um eine bestmögliche Identifikation, Akzeptanz und Funktionsfähigkeit zu erreichen.

5.5 Nationale Ebene

Zuverlässige und kontinuierliche Finanzplanung: Nur wenn Gelder kontinuierlich verfügbar sind und der genehmigte Betrag auf einer Zustandsanalyse der vorhandenen Bauwerke sowie der Beurteilung des zukünftigen Bedarfs basiert (zum Beispiel anhand einer Datenbank, durch Kalkulation des Grundkapitals oder mit anderen Mitteln), kann ein geeignetes Instandhaltungsniveau garantiert werden. Dies ist für die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit von Schutzsystemen und für die Zuverlässigkeit des Sicherheitsniveaus unerlässlich.

Gesetzliche und technische Mindeststandards: Um eine vergleichbar hohe Qualität und eine zuverlässige Schutzwirkung zu erreichen, sollten Mindeststandards in Betracht gezogen und umgesetzt werden. Dies ist insbesondere wichtig, wenn verschiedene Interessenvertreter bei der Ausarbeitung geeigneter Schutzsysteme zusammenarbeiten. Weiterhin sind Standards ein geeignetes Mittel, um Erfahrungen auszutauschen und das Qualitätsmanagement zu erleichtern.

5.6 Ebene der Alpenkonvention (Europäische Ebene)

Berücksichtigung von Schutzinfrastruktur-Aspekten in Finanzierungsprogrammen: Viele Planungsrichtlinien, Schutzsysteme und andere Elemente des Risikomanagements werden von nationalen oder europäischen Fonds unterstützt. Wenn die Funktionsfähigkeit, Zuverlässigkeit und langfristige Instandhaltung der Schutzinfrastrukturen optimiert wird, wird auch die Nutzung dieser Finanzinstrumente optimiert.

Grenzübergreifender Ansatz in der Alpenregion: Naturgefahren kennen keine Grenzen. Daher ist es sinnvoll, einen grenzübergreifenden Ansatz zu verfolgen. Zudem bestehen Ober- / Unterlieger-Konflikte, die eine hohe Solidarität zwischen den Staaten erfordern. Ein intensiver Austausch von Erfahrungen und Informationen ist daher erforderlich, um im Rahmen des *Systems Engineering* einen vergleichbaren Zustand der Schutzsysteme in den verschiedenen Staaten zu erreichen.

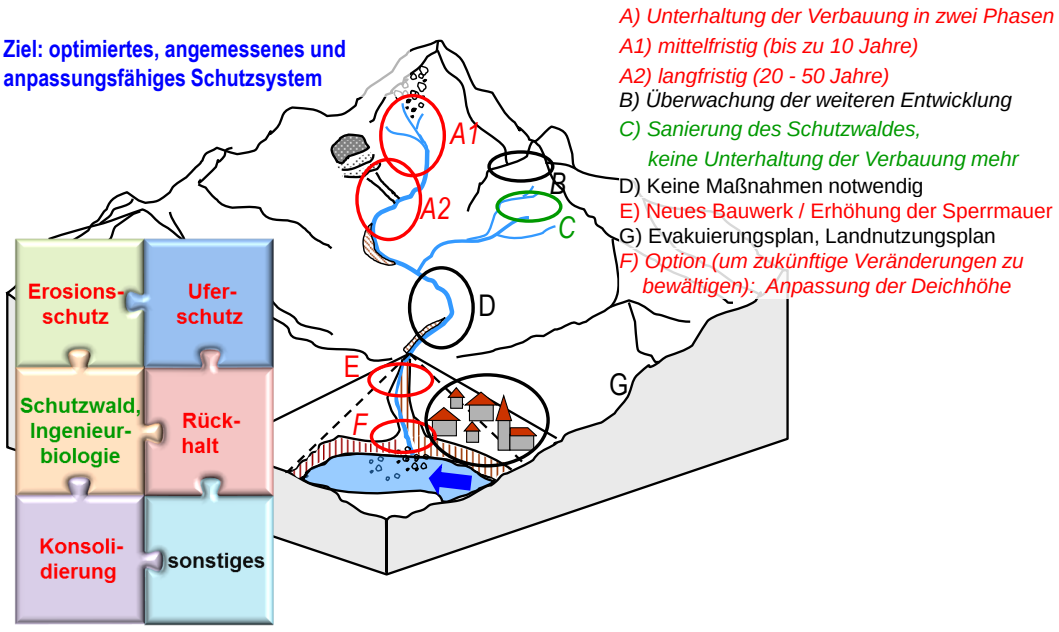


Abb. 14: Vision eines Instandhaltungs- und Änderungsmanagements in einem Wildbacheinzugsgebiet (Rimböck et al. (2012)).

Literatur

Verwendete Literatur:

Amberger, C; Walter, G; Jenner, A; Mehlhorn, S; Suda, J (2014): Schutzbauwerke der Wildbach- und Lawinenverbauung - Ersterfassung und Zustandsbewertung, Stand der Arbeiten, Überblick praktische Erfahrungen in der Sektion Tirol, Ausblick. Wildbach- und Lawinenverbau, 78. Jg., H. 173, 248-255; ISSN 978-3-9503089-7-6

Bergmeister K., Suda J., Hübl J., Rudolf-Miklau, F. (2009): Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren, Ernst und Sohn, Berlin.

Blanchard B., Fabrycky W. (2006).: Systems engineering and analysis: Bringing systems into being. Prentice Hall, New Jersey

ClimChAlp (2008): Common strategic paper; published 2008; http://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen/projekte/climchalp/doc/broschuere.pdf

Gulvanessian, H., Calgaro, J.-A., Holický, M. (2004): Designers' guide to EN 1990, Eurocode: Basis of structural design, Thomas Telford Ltd, London.

Mazzorana B., Fuchs S. (2010): A conceptual planning tool for hazard and risk management. Internationales Symposium Interpraevent, Taipei.

Mazzorana, B., Trenkwalder-Platzer, H.; Fuchs, S. & J. Hübl (2014): The susceptibility of consolidation check dams as a key factor for maintenance planning. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft.

Rimböck, A.; Asenkerschbaumer, M. (2012): integral torrent development concepts – reconstruction under consideration of future developments; 2nd IAHR Europe Congress, Munich, 27-29 June 2012, proceedings

Rimböck, A.; Eichenseer, E.; Loipersberger, A. (2012): Integrale Wildbachentwicklungskonzepte – ein neuer Ansatz, um Erhalt und Zukunftsanforderungen in Einklang zu bringen? International Symposion INTERPRAEVENT 2012 Grenoble / France; proceedings volume 2, pages 1055-1065

Suda J., Jenni M., Rudolf-Miklau F. (2008): Inspektion und Überwachung von Schutzanlagen der Wildbachverbauung in Österreich. In: Proc. of the Interpraevent Conference, Dornbirn, Austria, 2008, pp. 525-536.

Suda J., Sicher P., Lamprecht D., Bergmeister K. (2007): Zustandserfassung und -bewertung von Schutzbauwerken der Wildbachverbuung - Teil 1 - Schädigungsmechanismen, Bauwerkserhaltung. Schriftenreihe des Departments für Bautechnik und Naturgefahren Vol. 14, Vienna.

Suda J., Sicher P., Lamprecht D., Bergmeister K. (2007): Zustandserfassung und -bewertung von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung - Teil 2 - Schadensdokumentation, Schadenstypenkatalog. Schriftenreihe des Departments für Bautechnik und Naturgefahren Vol. 15, Vienna

Suda J., Strauss, A., Rudolf-Miklau, F., Jenni, M, Perz, T. (2007): Betrieb, Überwachung, Instandhaltung und Sanierung von Schutzbauwerken: Normierung in der ONR 24803. Wildbach- und Lawinenverbau, Vol. 155, pp. 120-136.

Suda J., Strauss A., Rudolf-Miklau F., Hübl J. (2009): Safety Assessment of Barrier Structures. Structure & infrastructure engineering, Vol. 5/2009, pp. 311-324.

Jürgen Suda, 2013: Erhaltungskonzept (Laufende Überwachung, Kontrolle und Prüfung) für Schutzbauwerke der Wildbachverbauung Instandhaltung von Schutzbauwerken gegen alpine Naturgefahren (Maintenance Strategies for Protection Works) Publikationen der Universität für Bodenkultur Wien ISBN 978-3-900782-71-9 Verlag Guthmann-Peterson

Zobel D., Hartmann R. (2009): Erfindungsmuster: TRIZ: Prinzipien, Analogien, Ordnungskriterien, Beispiele. Expert Verlag.

Weiterführende Literatur:

Spackova, O.; Straub, D.; Rimböck, A. (2013): How to select optimal mitigation strategies for natural hazards?; Proc. ICOSSAR: 11th International Conference on Structural Safety & Reliability; Columbia University New York; June 16-20, 2013

Rimböck, A.; Loipersberger, A. (2013): Integral risk management: steps on the way from theory to practice, Natural Hazards, Volume 67, Issue 3, July 2013; Springer Verlag; DOI 10.1007/s11069-011-9928-z

Höhne, R.; Rimböck, A. (2013): Eigenüberwachung von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung in Bayern, Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, 77. Jahrgang Jänner 2013 Heft 170

Horvat, Aleš, Papež, J. (2008): Maintenance of torrent control structures in Slovenia. V: MIKOŠ, Matjaž (ur.), HUEBL, Johannes (ur.). 11th congress INTERPRAEVENT 2008, 26 -30 May 2008, Dornbirn Vorarlberg Austria. Klagenfurt: INTERPRAEVENT, str. 180-181, ilustr.

Kryžanowski, A., Širca, A., Ravnikar Turk, M., Humar, N., (2013): The VODPREG project: Creation of dam database, identification of risks and preparation of guidelines for civil protection, warning and rescue actions. Proc. of the 9th ICOLD European Club Symposium, Venice, Italy: 8 pages.

Papež, J., (2011): Silent witnesses in hazard assessment of erosion and torrential processes: M.

Sc. thesis. Ljubljana: [J. Papež], 180 str.; 42 str. pril., ilustr.

Papež, J., et al (2010): The strategy of protection against erosion and torrents in Slovenia. V: ZORN, Matija (ur.), Od razumevanja do upravljanja, (Naravne nesrece, knj. 1). Ljubljana: Založba ZRC, str. 113-124.

Hitsch, R., Weinmeister H. W, (1992). Energiefluss bei der Durchführung verschiedener Bauweisen der Wildbachverbauung. INTERPRAEVENT 1992-BERN, Tagungspublikation, Band 4, p. 279-290.

BAFU (2009): Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur - umfassender Überblick für die Schweiz; Bundesamt für Umwelt Reihe Umwelt Wissen UW-0920-D, Eigenverlag, 2009; http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01058/index.html?lang=de (download am 24.10.2014)

ANHÄNGE

ANHANG A - Staatenbezogene Fakten und Zahlen zum *Systems Engineering* beim Naturgefahrenmanagement

ANHANG B - Bewährte Beispiele aus der Praxis der Mitgliedstaaten

ANHANG C - Bewährte Beispiele aus der Praxis der Mitgliedstaaten zu bautechnischen Details, die die Lebensdauer / Funktionsfähigkeit einer vorhandenen Schutzinfrastruktur verlängern bzw. unterstützen.

ANHANG A - Staatenbezogene Fakten und Zahlen zum Systems Engineering beim Naturgefahrenmanagement

Instandhaltungspflichten

Wildbäche

a) Überwachung und Inspektion
b) Wartung und korrektive Instandhaltung
c) Umbau und Änderung

Land (alphabetische Reihenfolge)	**Verantwortliche**	**Geldgeber**	**Betreiber**	**Rechtsgrundlage**	**Kosten (€/a)** inkl. Beschreibung der Kosten
Österreich	a) Allgemein: Bundeswasserbauverwaltung, Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung für spezifische Schutzarbeiten: Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	a) Besitzer (Betreiber) oder Nutznießer des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft	a) Besitzer (Betreiber) oder Nutznießer des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft oder beauftragter Bauingenieur	Wassergesetz Forstgesetzt Wasserbauten-förderungsgesetz	Bis zu 15% der jährlichen Investitionskosten: ca. 20 Millionen Euro
	b) Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	b) Nutznießer für wiederkehrende Maßnahmen, außerordentliche Instandhaltung: Öffentliche Mittel, aufgeteilt auf Staat, Bundesland und Nutznießer (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	b) Besitzer (Betreiber) des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft; Außerordentliche Instandhaltungsmaßnahmen durch die Österreichische Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung		
	b) Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	c) öffentliche Mittel, aufgeteilt auf Staat, Bundesland und Nutznießer (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	c) durch die Österreichische Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung oder Bundeswasserbauverwaltung in den Ländern		
Deutschland (Bayern)	a) Staat (Wasserwirtschaftsämter)	a) Staat	a) Staat (Wasserwirtschaftsämter)	Bayerisches Wassergesetz	Ca. 12 Millionen Euro
	b) Staat (Wasserwirtschaftsämter)	b) Staat	b) Staat (Wasserwirtschaftsämter)		
	c) Staat	c) Staat	c) Staat (Wasserwirtschaftsämter)		

	(Wasserwirtschaftsämter)				
Italien	a, b, c) Lokale Behörden (Provinzen, Regionen, Gemeinden) für öffentliche Sicherheit und öffentliche Infrastrukturen, für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, private Firmen)	a, b, c) Lokale Behörden (Provinzen, Regionen, Gemeinden) für öffentliche Sicherheit und öffentliche Infrastrukturen, für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, private Firmen)	a) Besitzer oder zuständige Behörden b, c) Private Firmen, staatliche Firmen	Nationales Bodenschutzgesetz (183/89) Regionale Bodenschutzgesetze	
Liechtenstein	a) Gemeinden / Zivilschutzbehörde	a) Staat	a) Gemeinden / Zivilschutzbehörde	Wasserwirtschaftsgesetze (Gesetz für Rüfeschutzbauten, Rheingesetz)	3,4 Millionen Euro (inkl. Neuinvestitionen)
	b) Zivilschutzbehörde	b) Staat	b) Zivilschutzbehörde		
	c) Zivilschutzbehörde	c) Staat	c) Zivilschutzbehörde		
Slowenien	a) Staat (Ministerium für Umwelt und Raumplanung)	a) Staat	a) Slowenische Umweltbehörde & Dienstleistungskonzession im Bereich Wasserwirtschaft	Slowenisches Wassergesetz und sekundäre Rechtsvorschriften	Ca. 7 Millionen Euro
	b) Staat (Ministerium für Umwelt und Raumplanung)	b) Staat, oder in manchen Fällen durch Mitfinanzierung der Kommunen	b) Slowenische Umweltbehörde & Dienstleistungskonzession im Bereich Wasserwirtschaft		
	c) Staat (Ministerium für Umwelt und Raumplanung)	c) Staat, oder in manchen Fällen durch Mitfinanzierung der Kommunen	c) Zuständiges Ministerium (Wasserwirtschaft oder Infrastruktur) mit Unterstützung der slowenischen Umweltbehörde & Dienstleistungskonzessionen oder Bauunternehmer		
Schweiz	a) Kantone und lokale Behörden	a) Staat, Kantone, lokale Behörden	a) Kantone oder lokale Behörden	Bundesforstgesetz Bundeswasserwirtschaftsgesetz Entsprechende Kantonsgesetze	
	b) Kantone und lokale Behörden	b) Staat, Kantone, lokale Behörden	b) Kantone oder lokale Behörden		
	c) Kantone und lokale Behörden	c) Staat, Kantone, lokale Behörden	c) Kantone oder lokale Behörden		

* die Verwaltung von Wasser und Ufergebieten wird in Slowenien im Rahmen der vorgeschriebenen öffentlichen Versorgungsleistungen durchgeführt, oder durch ausgewählte konzessionierte Unternehmen gemäß eines Konzessionsvertrags, verwaltet von der slowenischen Umweltbehörde (Ministerium für Umwelt und Raumplanung)

Instandhaltungspflichten

Lawinen

a) Überwachung und Inspektion
b) Wartung und korrektive Instandhaltung
c) Umbau und Änderung

Land (alphabetische Reihenfolge)	**Verantwortliche**	**Geldgeber**	**Betreiber**	**Rechtsgrundlage**	**Kosten (€/a)** inkl. Beschreibung der Kosten
Österreich	a) Allgemein: Bundeswasserbauverwaltung, Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung für spezifische Schutzarbeiten: Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	a) Besitzer (Betreiber) oder Nutznießer des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft	a) Besitzer (Betreiber) oder Nutznießer des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft oder beauftragter Bauingenieur	Wassergesetz Forstgesetzt Wasserbauten-förderungsgesetz	Bis zu 5% der jährlichen Investitionskosten: ca. 2 Millionen Euro
	b) Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	b) Nutznießer für wiederkehrende Maßnahmen; außerordentliche Instandhaltung: Öffentliche Mittel, aufgeteilt auf Staat, Bundesland und Nutznießer (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	b) Besitzer (Betreiber) des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft; Außerordentliche Instandhaltungsmaßnahmen durch die Österreichische Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung		
	b) Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	c) öffentliche Mittel, aufgeteilt auf Staat, Bundesland und Nutznießer (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	c) durch die Österreichische Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung oder Bundeswasserbauverwaltung in den Ländern		
Deutschland (Bayern)	a, b, c) Objektschutzbauwerke: für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (Straßenbaubehörden, Private) Sanierung von Schutzwäldern: Staat (Forst- und Wasserbehörden)	a, b, c) Objektschutzbauwerke: Staat, Private Sanierung von Schutzwäldern: Staat	a, b, c) Objektschutzbauwerke: für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (Straßenbaubehörden, private Firmen) Sanierung von Schutzwäldern: Staat (Forst- und Wasserbehörden)	Objektschutzbauwerke: Verkehrssicherungspflicht	Sanierung von Schutzwäldern: 0,5 - 1,0 Millionen (nur Anteil Wasserbehörden)

Italien	a, b, c) Lawinenverbauungen: lokale Behörden (Provinzen, Regionen) für öffentliche Sicherheit und öffentliche Infrastrukturen. Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, private Firmen, Skigebietsunternehmen). Forstwirtschaft: lokale Behörden (Regionen, Provinzen, Gemeinden)	a, b, c) Lawinenverbauungen: Lokale Behörden (Provinzen, Regionen) für öffentliche Sicherheit und öffentliche Infrastrukturen Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, private Firmen, Skigebietsunternehmen), Forstwirtschaft: Lokale Behörden (Regionen, Provinzen, Gemeinden)	a, b, c) Lawinenverbauungen: private Firmen, staatliche Firmen Forstwirtschaft: Private & staatliche Forstunternehmen	Nationales Bodenschutzgesetz (183/89) Regionale Bodenschutzgesetze Regionale Waldgesetze	
Liechtenstein	a) Zivilschutzbehörde	a) Staat	a) Zivilschutzbehörde	Waldgesetz	0.2 Millionen Euro (inkl. Neuinvestitionen)
	b) Zivilschutzbehörde	b) Staat	b) Zivilschutzbehörde		
	c) Zivilschutzbehörde	c) Staat	c) Zivilschutzbehörde		
Slowenien	a, b, c) Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (zum Beispiel Straßenverwaltung, Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, Gemeinden)	a, b, c) Straßenverwaltung, Staatliche Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, lokale Gemeinden, private Firmen	a, b, c) Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (zum Beispiel Straßenverwaltung, Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, Gemeinden)	Baugesetz, Einführungspflicht von Sicherheitsvorkehrungen	
Schweiz	a) Kantone und lokale Behörden	a) Staat, Kantone, lokale Behörden	a) Kantone oder lokale Behörden	Bundesforstgesetz Entsprechende Kantonsgesetze	
	b) Kantone und lokale Behörden	b) Staat, Kantone, lokale Behörden	b) Kantone oder lokale Behörden		
	c) Kantone und lokale Behörden	c) Staat, Kantone, lokale Behörden	c) Kantone oder lokale Behörden		

Instandhaltungspflicht

a) Überwachung und Inspektion
b) Wartung und korrektive Instandhaltung
c) Umbau und Änderung

Land (alphabetische Reihenfolge)	**Verantwortliche**	**Geldgeber**	**Betreiber**	**Rechtsgrundlage**	**Kosten (€/a)** inkl. Beschreibung der Kosten
Österreich	a) Allgemein: Bundeswasserbauverwaltung, Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung für spezifische Schutzarbeiten: Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	a) Besitzer (Betreiber) oder Nutznießer des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft	a) Besitzer (Betreiber) oder Nutznießer des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft oder beauftragter Bauingenieur	Wassergesetz Forstgesetzt Wasserbauten-förderungsgesetz	Bis zu 5% der jährlichen Investitionskosten: ca. 1,0 Millionen Euro
	b) Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	b) Nutznießer für wiederkehrende Maßnahmen, außerordentliche Instandhaltung: Öffentliche Mittel, aufgeteilt auf Staat, Bundesland und Nutznießer (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	b) Besitzer (Betreiber) des Schutzsystems: zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft; Außerordentliche Instandhaltungsmaßnahmen durch die Österreichische Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung		
	b) Besitzer (Betreiber) (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	c) öffentliche Mittel, aufgeteilt auf Staat, Bundesland und Nutznießer (zum Beispiel Gemeinde, Straßenverwaltung, Wassergenossenschaft)	c) durch die Österreichische Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung oder Bundeswasserbauverwaltung in den Ländern		
Deutschland (Bayern)	a, b, c) Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtung (Bayern) (zum Beispiel Straßenbaubehörden, Gemeinden)	a, b, c) Staat, Gemeinden	a, b, c) Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtung (zum Beispiel Straßenbaubehörden, Gemeinden)	Verkehrssicherungspflicht	

Italien	a, b, c) Lokale Behörden (Provinzen, Regionen, Gemeinden) für öffentliche Sicherheit und öffentliche Infrastrukturen, für das zu schützende Objekt verantwortliche Institutionen (Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, private Firmen)	a, b, c) Lokale Behörden (Provinzen, Regionen, Gemeinden) für öffentliche Sicherheit und öffentliche Infrastrukturen, Für das zu schützende Objekt verantwortliche Institutionen (Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, private Firmen)	a) Besitzer oder zuständige Behörden b, c) Private Firmen, staatliche Firmen	Nationales Bodenschutzgesetz (183/89) Regionale Bodenschutzgesetze	
Liechtenstein	a, b) Straßen: Amt für Gebäude und Infrastruktur; Amt für Zivilschutz	a) Staat	a, b) Straßen: Amt für Gebäude und Infrastruktur; Amt für Zivilschutz	Waldgesetz	0,2 Millionen (inkl. Neuinvestitionen)
		b) Staat			
	c) Zivilschutzbehörde	c) Staat	c) Zivilschutzbehörde		
Slowenien	a, b, c) Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (zum Beispiel Straßenverwaltung, Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, Gemeinden)	a, b, c) Straßenverwaltung, Staatliche Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, lokale Gemeinden, private Firmen	a, b, c) Für das zu schützende Objekt verantwortliche Einrichtungen (zum Beispiel Straßenverwaltung, Autobahn- und Eisenbahngesellschaften, Gemeinden)	Baugesetz, Einführungspflicht von Sicherheitsvorkehrungen	Keine Daten
Schweiz	a) Kantone und lokale Behörden	a) Staat, Kantone, lokale Behörden	a) Kantone oder lokale Behörden	Bundesforstgesetz Entsprechende Kantonsgesetze	
	b) Kantone und lokale Behörden	b) Staat, Kantone, lokale Behörden	b) Kantone oder lokale Behörden		
	c) Kantone und lokale Behörden	c) Staat, Kantone, lokale Behörden	c) Kantone oder lokale Behörden		

Bauwerksdatenbank

Land (alphabetische Reihenfolge)	**Gibt es eine Datenbank / ein Register für bautechnische Schutzmaßnahmen?**	**Anzahl von Schutzbauwerken**	**Inhalt der Datenbank**						**Schnittstelle zu anderen Datenbanken**
	(falls ja: Name der Datenbank falls nein: ---)	(in Datenbank)	Bauwerksmaße	Zustandsbeurteilung	Nutzung für die Planung der Überwachung	Dokumentation von Überwachung und Inspektion	Dokumentation von Wartung und korrektiven Instandhaltungsmaßnahmen	Dokumentation von Umbau und Änderung	
Österreich	Österreichischer Wildbach- und Lawinenkataster: Daten zu Schutzmaßnahmen; Datenbank der bautechnischen Straßen- und Schienenmaßnahmen	WLV: 150,000 (derzeitiger Dokumentations- und Beurteilungsstand); ÖBB: ?	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	Datenexport im *.xls- oder *.shp-Format (GIS) möglich; Darstellung in interaktiven PDF-Karten
Deutschland (Bayern)	Wildbäche: InfoWiba	Ca. 50.000	**X**	**X**	**X**	**X**	**(x)**	**(x)**	Datenexport im *.xls- oder *.shp-Format (GIS) möglich
	Lawinen: --- (keine einheitliche nationale Datenbank)								
	Steinschlag: --- (keine einheitliche nationale Datenbank)								
Italien	ReNDIS (Repertorio Nazionale degli Interventi per la Difesa del Suolo)								WebGIS und Shapefile
	Südtirol: BAUKAT (Wildbachverbauung)	Ca. 35.000	**x**	**x**	**x**	**x**			Shapefile
	Südtirol: LAWBAUKAT (Lawinenverbauung – im Aufbau)		**x**	**x**					Shapefile

	Südtirol: VISO (Bergsturzverbauung – im Aufbau)		**x**	**x**					ORACLE
	Autonome Provinz Trient: Schutzbautendatenbank	Ca. 18.000	**x**	**x**	**x**				
	Region Friaul-Julisch Venetien - Schutzbautenkataster								Shapefile
Liechten-stein	Schutzbautenkataster (SBK) Lawinen, Steinschlag	1.000	**x**	**(x)**				**x**	Datenexport im *.xls- oder *.shp-Format (GIS) möglich
	Wildbäche: --- (in der Entwicklungsphase)								
Slowenien	Wasserinfrastruktur: „Vodni objekti”	Ca. 14.000	**X**	**(x)**	**(x)**	**(x)**	**(x)**	**(x)**	Datenexport im *.xls- oder *.shp-Format (GIS) möglich
	Lawinen: --- (keine einheitliche nationale Datenbank)								
	Steinschlag: --- (keine einheitliche nationale Datenbank)								
Schweiz	ProtectMe								

ANHANG B - Bewährte Beispiele aus der Praxis der Mitgliedstaaten

Hinweis: Die mit Unterstützung der Mitgliedstaaten gesammelten bewährten Beispiele aus der Praxis erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und zeigen die verschiedenen komplexen Situationen in der Alpenregion auf

B1 - Inspektionssystem für Rückhaltebecken in der Steiermark **41**

B2 - Galina-Wildbach – Sanierung historischer Schutzsysteme **42**

B3 - Die Rolle von Wassergenossenschaften beim gemeinschaftlichen Risikomanagement **43**

B4 - Habichtgraben - Systemänderung in einem Wildbach **44**

B5 - Bergwaldinitiative **45**

B6 - Vergleich von Restrisiken **46**

B7 - Nachverfolgung und Evaluation von Flusskorridorentwicklungen **47**

B8 - Auf dem Weg zur Neukonfiguration eines Schutzsystems am Gadriabach **48**

B9 - Renaturierung des Mareta-Flusses **49**

B10 - Anpassung von Bauwerken **50**

B11 - Zustandsbeurteilung von Dämmen zu wasserwirtschaftlichen Zwecken in Slowenien **51**

B12 - Management von alten Lawinenverbauungen **52**

B13 - Wildbach Guppenrunse, Schwanden, Kanton Glarus **53**

B1 - Inspektionssystem für Rückhaltebecken in der Steiermark Österreich

Phase des LZM: Betrieb

INSTALLATION EINES SYSTEMS ZUR REGELMÄßIGEN, PERIODISCHEN BAUWERKSINSPEKTION DURCH KOMPETENTE EXPERTEN ALS SCHRITT IN RICHTUNG EINES OPTIMIERTEN INSTANDHALTUNGSBEWUSSTSEINS

Darlegung des Problems: Während des Betriebs der Rückhaltebecken wurde deutlich, dass die Betreiber des Bauwerks - Gemeinden und Wasserverbände - die Instandhaltung des Bauwerks sowie die Inspektion wichtiger Systemkomponenten vernachlässigt haben. Grund dafür war in den meisten Fällen ein Mangel an Fachkompetenz.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Die Instandhaltung von Rückhaltebecken ist im Wasserrechtsgesetz 1959 geregelt. Normalerweise ist der Betreiber (meistens die Gemeinde) für die Instandhaltungsmaßnahmen verantwortlich.

Lösung / Beschreibung: Im Jahr 1993 wurden alle Rückhaltebecken sowohl in Bezug auf Planungs- und Baumängel als auch in Bezug auf Schwachpunkte während des Betriebs überprüft. Die Ergebnisse der Analyse und die festgestellten Mängel bewegten die verantwortlichen Personen in der regionalen Regierungsbehörde dazu, ein System zur regelmäßigen, periodischen Inspektion der Bauten durch kompetente Experten einzuführen. Im Jahr 1994 wurde in Zusammenarbeit mit Vertretern der Kammer der ZiviltechnikerInnen für Steiermark und Kärnten der Leistungsumfang für das Projekt „Rückhaltebecken-Verantwortliche“ bestimmt (siehe Abbildung 15)

Im Rahmen der jährlichen Anlageninspektion und Bauwerkskontrolle in Bezug auf Mängel im Bereich Bau, Planung und Statik wurde auch die Funktionsfähigkeit aller Komponenten geprüft. Zusätzlich zur jährlichen Kontrolle müssen die Rückhaltebecken nach jedem Ereignis vor allem nach jeder Beaufschlagung des Beckens überprüft werden. Der Inspektionsbericht wird an den Auftraggeber, den Betreiber des Beckens und der Wasserrechtsbehörde übermittelt. Weiterhin wird ein Wärter ernannt, zum Beispiel ein Gemeindeangestellter, der für die Instandhaltung des Bauwerks verantwortlich ist und diese in einem Betriebstagebuch dokumentiert. Das System wird vom BMLFUW, der Steiermärkischen Landesregierung und vom Betreiber finanziert.

Aufgaben des Aufsehers:

- Erstellung eines Rückhaltebecken-Buchs (technische und juristische Dokumente)
- Erstellung eines Handbuchs und einer Betriebsordnung
- Jährliche visuelle und funktionelle Inspektion des Bauwerks
- Meldung an die Wasserrechtsbehörde, die Steiermärkische LR Abt. 14, den Betreiber, das Bezirksbaumanagement und die Dienststelle Wildbach- und Lawinenverbauung
- Schulung und Ausbildung des Aufsehers
- Prüfung möglicher Sanierungsarbeiten
- Überwachung und Prüfung aller Wiederaufbauarbeiten

Aufgaben des Wärters:

- Führen eines Betriebstagebuchs
- Instandhaltung des Bauwerks
- Zustandskontrolle aller Anlagenteile (4 mal pro Jahr)
- Entfernung von Wildholz
- Benachrichtigung des Betreibers im Notfall

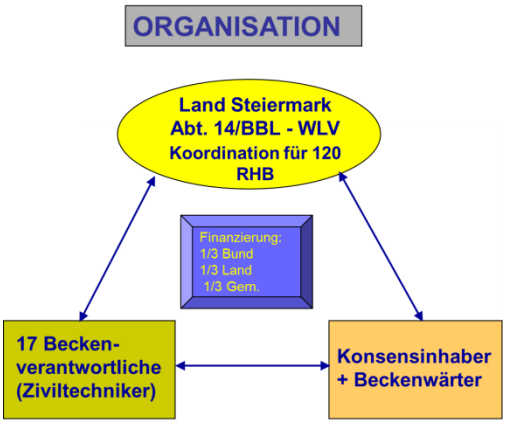


Abb. 15: Organisation des Inspektionssystems in der Steiermark.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

Die Inspektion der Rückhaltebecken in der Steiermark durch die Bauingenieure hat sich als äußerst erfolgreich erwiesen. Alle Bauwerke sind in einem guten Zustand. Das Verantwortungsbewusstsein hat aufgrund der Maßnahmen der Bauingenieure und der jährlichen Feldinspektion enorm zugenommen.

www.wasserwirtschaft.steiermark.at

B2 - Galina-Wildbach – Sanierung historischer Schutzsysteme Österreich

Phase des LZM: Planung

AUFGRUND NEUER UMWELTTECHNISCHER UND GESELLSCHAFTLICHER GEGEBENHEITEN MUSSTE DAS 100 JAHRE ALTE SCHUTZSYSTEM IM GALINA-WILDBACH (NENZIG, VORARLBERG) - DAS IM ZUGE DER HISTORISCHEN RHEINBEGRADIGUNG ERRICHTET WURDE - HINSICHTLICH DER SCHUTZZIELE UND DES SCHUTZKONZEPTS KOMPLETT NEU DEFINIERT SOWIE EIN KONSORTIUM VON NUTZNIEßERN GEBILDET WERDEN.

Darlegung des Problems: Nach einer Betriebsdauer von mehr als 100 Jahren haben die Schutzbauwerke und die erfolgreich wieder aufgeforsteten Erosionsgebiete im Einzugsgebiet „Galina“ in Bezug auf Stabilität und Gebrauchstauglichkeit einen kritischen Zustand erreicht und erfordern daher kostenaufwändige Sanierungsmaßnahmen. Die Schutzbauwerke im Galina-Wildbach wurden errichtet, um die durch Erosion gelockerten Gesteins- und Schottermassen zurückzuhalten und damit die Rheinbegradigung nicht durch Geschiebebildung und Auflandung zu gefährden. Obwohl das Einzugsgebiet und der riesige Murkegel zufriedenstellend aufgeforstet wurden und keine größeren Siedlungen vorhanden sind, wurden in der ehemaligen Gefahrenzone des Galina-Wildbaches mehrere wichtige Infrastrukturanlagen errichtet (wie zum Beispiel Bahnlinien, Kraftwerk), die nun erhöhten Risiken ausgesetzt sind.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Die Wildbach-Schutzbauwerke im Galina-Einzugsgebiet wurden im Rahmen eines bilateralen Vertrags zwischen Österreich und der Schweiz zur Begradigung des Rheins errichtet und zu 100% vom Staat finanziert. Aufgrund des historischen Ursprungs der Schutzanlagen sind die Verantwortlichkeiten für die Instandhaltung und Überwachung des Schutzsystems nicht angemessen, da die derzeitigen Nutznießer der Schutzwirkungen und -maßnahmen nicht berücksichtigt werden. Der kritische Zustand der Schutzbauwerke ist offensichtlich, wobei eine Prognose für den weiteren Zerfallsprozess (Schutzanlagen und Waldbestand) schwierig ist und von der Entwicklung von Katastrophen abhängt. Da die derzeitige Gefahrenkarte ein mäßiges Risiko anzeigt (eine vollständige Schutzfunktion vorausgesetzt), müssen die Nutznießer noch von ihrer Verantwortung und finanziellen Beteiligung für Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen überzeugt werden.

Lösung / Beschreibung: Die Sanierung des Schutzsystems und die Aufforstung im Galina-Einzugsgebiet erfordert ein Konzept, das an die neuen Risikoszenarien und den geänderten Schutzbedarf der Nutznießer angepasst ist. Da keine rechtliche Basis für eine 100%ige Finanzierung durch den Staat mehr besteht, war ein neues Modell zur Finanzierung von dringenden Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen, sowie eine rechtliche Grundlage zur Einbeziehung aller Nutznießer - gemessen am Umfang der Vorteile und der verhinderten Schäden - von entscheidender Bedeutung. Nach harten und intensiven Verhandlungen über die relevanten Risikoszenarien (potentielle Erweiterung der Gefahrenzonen), den Umfang und die Priorität von Sanierungsmaßnahmen, sowie die Zusammenarbeit der Nutznießer im Rahmen eines neues Schutzkonzeptes, wurde im Jahr 2014 ein neues Projekt mit Gesamtkosten von € 2,8 Millionen ins Leben gerufen und finanziell genehmigt, das unter anderem langfristige Sanierungsmaßnahmen bis zum Jahr 2035 vorsieht.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

http://www.naturgefahren.at/projekte/galina.html



Abb. 16: Historische Schutzbauwerke und aufgeforstete Erosionsgebiete im Galina-Einzugsgebiet (Vorarlberg).

B3 - Die Rolle von Wassergenossenschaften beim gemeinschaftlichen Risikomanagement

Österreich

Phase des LZM: Planung und Betrieb

LOKALE WASSERGENOSSENSCHAFTEN - AUS EINZELPERSONEN, GEMEINDEN, UNTERNEHMEN ETC. BESTEHENDE KÖRPERSCHAFTEN ÖFFENTLICHEN RECHTS - STELLEN IM RAHMEN DES NATURGEFAHRENMANAGEMENTS EIN EFFEKTIVES MITTEL DAR, UM DIE FINANZIELLE BELASTUNG UND DAS RISIKO DES NATURGEFAHRENSCHUTZES UNTER MEHREREN INTERESSENVERTRETERN AUFZUTEILEN.

Darlegung des Problems: Um die aktuellen Anstrengungen zur Förderung der Widerstandsfähigkeit in Österreich zu optimieren, muss sich unweigerlich die Frage der erweiterten Privatisierung von Risiken gestellt werden. Dies erfordert eine intensivere Mitwirkung von nicht-staatlichen Stellen, wie zum Beispiel Privathaushalten und Unternehmen, damit Investitionen in den Selbstschutz erhöht und das Bewusstsein für bzw. die Wahrnehmung von Risiken gestärkt wird. Die Anwendung von gemeinschaftlichen Finanzierungsmethoden ist ein entscheidender Schritt in Richtung eines gemeinschaftlichen Risikomanagement, wozu auch das Systems Engineering gehört.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): In Österreich ist ein Wasserverband oder eine Wassergenossenschaft gemäß dem Wasserrechtsgesetz von 1959 eine Körperschaft öffentlichen Rechts, die aus Einzelpersonen, Gemeinden, Unternehmen etc. besteht und eine Vielzahl von Aufgaben erfüllt, einschließlich der Aufteilung von (finanziellen) Risiken, die mit Hochwassergefahren in einem bestimmten Gebiet - hauptsächlich Täler und Regionen - sowie der Instandhaltung von Bauwerken in Zusammenhang stehen. Jedes Mitglied zahlt Gelder in einen gemeinsamen Fond ein, der für die Entwicklung von Gefahrenminderungs- bzw. Schutzmaßnahmen verwendet wird. Damit soll die finanzielle Belastung, zum Beispiel für die Entwicklung von Schutzmaßnahmen in einem Wildbach / Fluss, unter allen Personen / Organisationen aufgeteilt werden, die ein bestimmtes Sicherheitsniveau in einem Tal / einer Region erwarten - ungeachtet, ob sie direkt von den Naturgefahren betroffen sind oder nicht.

Lösung / Beschreibung: Einige Wasserverbände und Wassergenossenschaften existieren bereits in Österreich (manchen davon seit über 100 Jahren, wie zum Beispiel die Schutzwassergenossenschaft Schmittenbach, Zell am See, Salzburg), doch von einer gemeinsamen Kooperationsstruktur in ganz Österreich kann nicht die Rede sein. In Bezug auf Wildbach- und Lawinengefahren besteht die höchste Anzahl von Wasserverbänden im Land Salzburg (ca. 260), zu denen etwa 230.000 Haushalte gehören. Die Höhe des Einzahlungsbetrags in den gemeinsamen Fond durch jedes Mitglied wird durch ein punktebasiertes System geregelt, das den Gefährdungsgrad eines bestimmten Grundstücks bzw. Gebäudes widerspiegelt. Aufgrund dieser „direkten“ Beteiligung von Mitgliedern eines Wasserverbandes beim Naturgefahrenmanagement konnte eine hohe Identifikation mit den „Produkten“ der Schutzstrategien beobachtet werden, was unweigerlich zur Optimierung zukünftiger Instandhaltungs- und Gefahrenminderungsmaßnahmen in den betroffenen Gebieten beiträgt.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

www.wg-schmittenbach.at (zum Beispiel)

IM WILDBACH „HABICHTGRABEN“ WURDE EINE NEUE, GROßE SPERRE ERRICHTET, UM MEHRERE ALTE, FAST ZERSTÖRTE SPERREN IM EINZUGSGEBIET DES OBERLAUFS ZU ERSETZEN.

Darlegung des Problems: Der Habichtgraben ist ein Wildbach in der Gemeinde Eurasburg, der 7 km südlich von Wolfratshausen in die Loisach fließt. Etwa 60 Wildbachsperren (Baumaterial: Beton, Stein oder Holz) im Einzugsgebiet befinden sich inzwischen in einem schlechten Zustand oder sind bereits ganz zerstört. Die Instandhaltung dieser alten Sperren wäre sehr kostenaufwändig.

In den letzten Jahrzehnten ist als Nebeneffekt der Sperren ein dichter Wald gewachsen, der die Hänge am Oberlauf stabilisieren konnte. Das Siedlungsgebiet im unteren Einzugsgebiet war jedoch immer noch gefährdet. Die positive ökologische Entwicklung ermöglichte eine Änderung des Schutzsystems.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Vor der Systemänderung war der Staat als Bauherr der Bauwerke für die Unterhaltung des Wildbachs und seiner Schutzbauwerke auch im oberen Einzugsgebiet des Wildbaches verantwortlich. Das örtlich zuständige Wasserwirtschaftsamt Weilheim war zudem für die Erhaltung des Schutzniveaus im Siedlungsgebiet verantwortlich. Die Rechtsgrundlage bildet hierbei das Bayerische Wassergesetz.

Lösung / Beschreibung: Ein integraler Ansatz bildete die Basis für die Planungsphase. Das gesamte Einzugsgebiet wurde während dieses Prozesses betrachtet. Die Planer entschlossen sich schließlich dazu, eine einzige Geschieberückhaltesperre kurz oberhalb des Siedlungsgebiets zu errichten, die den Zweck der vorhandenen, alten Wildbachsperren erfüllen und sie damit ersetzen sollte.

Die geringeren Bau- und Instandhaltungskosten waren nur ein Vorteil dieser Lösung. Da der Habichtgraben gemäß der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH) durch ein Naturschutzgebiet verläuft, konnte mit dieser Lösung zudem ein größerer Eingriff in das Gebiet vermieden werden.

Die Bauwerke im oberen Einzugsgebiet werden nach Fertigstellung der neuen Schutzanlage nicht mehr instand gehalten. Ein Rückbau ist jedoch nicht geplant. Als rechtliche Folge dieser Maßnahme ging die Instandhaltungspflicht für den Oberlauf (oberhalb der neuen Geschieberückhaltesperre) vom Staat auf die Gemeinde Eurasburg über. Die Übertragung der Verantwortung wurde durch eine Begehung vor Ort besiegelt, bei der die Einzelheiten vereinbart und in einem Protokoll festgehalten wurden.

Die Maßnahme wurde vom Landratsamt rechtlich genehmigt und vom Wasserwirtschaftsamt bereits umgesetzt. Da sich das Schutzniveau nicht geändert hat, hat sich die Gemeinde nicht an den Baukosten für die neue Sperre beteiligt.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

Wasserwirtschaftsamt Weilheim
www.wwa-wm.bayern.de

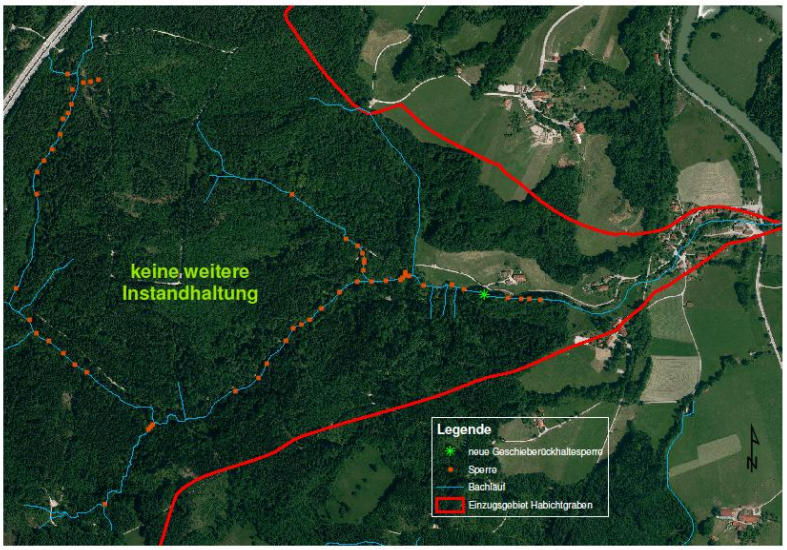


Abb. 17: Bau der neuen Geschieberückhaltesperre (Bild: WWA Weilheim).

B5 - Bergwaldoffensive

Deutschland

Phase des LZM: Betrieb

DIE BERGWALDOFFENSIVE TRÄGT ZU ANPASSUNGSFÄHIGEN UND LANGFRISTIG STABILEN KONZEPTEN BEI UND BERÜCKSICHTIGT SICH VERÄNDERNDE INTERESSEN.

Darlegung des Problems: Bestimmte Maßnahmen im Einzugsgebiet von Wildbächen können technische Schutzbauwerke unterstützen oder sogar ersetzen. Ein gut erhaltener Bergwald kann zum Beispiel Abflussspitzen im Bachlauf reduzieren und die Hänge stabilisieren. Ein integraler Ansatz bei Wildbacheinzugsgebieten ermöglicht die Errichtung flexibler Schutzsysteme und damit eine schnelle Reaktion auf sich ändernde Randbedingungen in der Zukunft. Die Fähigkeit von Bergwäldern, Wohngebiete und Infrastrukturen gegen abiotische Naturgefahren zu schützen, muss durch eine gezielte Forstwirtschaft aufrechterhalten bzw. wiederhergestellt werden.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Im Jahr 2007 hat der Freistaat Bayern das „Klimaprogramm Bayern 2020“ eingeführt, bei dem verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen, zur Anpassung an den Klimawandel und zur Intensivierung von Forschung und Entwicklung beschlossen wurden.

Lösung / Beschreibung: Das Maßnahmenpaket „Bergwaldoffensive“ (BWO) konzentriert sich auf die Anpassung von alpinen Wäldern in Bayern an den Klimawandel. Hauptziel der BWO ist die Stabilisierung und nachhaltige Anpassung der alpinen Bergwälder an den Klimawandel. Zu diesem Zweck wurden in Gebieten mit erhöhtem Gefährdungspotential 30 Projekte ins Leben gerufen. Für diese Projekte wurde ein integriertes Gesamtkonzept entwickelt, das unterschiedliche forstwirtschaftliche Maßnahmen wie zum Beispiel Durchforstung, Aufforstung und natürliche Waldverjüngung, den Bau von Waldstraßen, sowie das Jagd- und Weidemanagement zur Reduzierung von Verbissschäden umfasst. Da eine große Anzahl von Personen von den Projekten betroffen ist, werden die Pilotmaßnahmen in Absprache mit den Grundbesitzern und lokalen Interessenvertretern geplant und umgesetzt. Dieser Fokus auf die Mitwirkung aller Beteiligten macht den Prozess transparent - ein entscheidender Faktor für den Erfolg.

Ein weiteres Hauptziel der BWO ist die Verbesserung der Saatgutversorgung für die Alpenregion in Bayern, die Verstärkung der praxisnahen Forschung und die Bereitstellung neuer Grundlageninformationen für die Bewirtschaftung alpiner Wälder. So wurde zum Beispiel in Zusammenarbeit mit Partnern aus Österreich (Tirol, Salzburg) eine digitale Karte des Waldbodens in den nördlichen Alpen als Grundlage für Sanierungen sowie für Prognosen im Rahmen des WINALP-Projektes (Waldinformationssystem Nordalpen) erstellt.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

www.forst.bayern.de
www.hswt.de
http://arcgisserver.hswt.de/Winalp

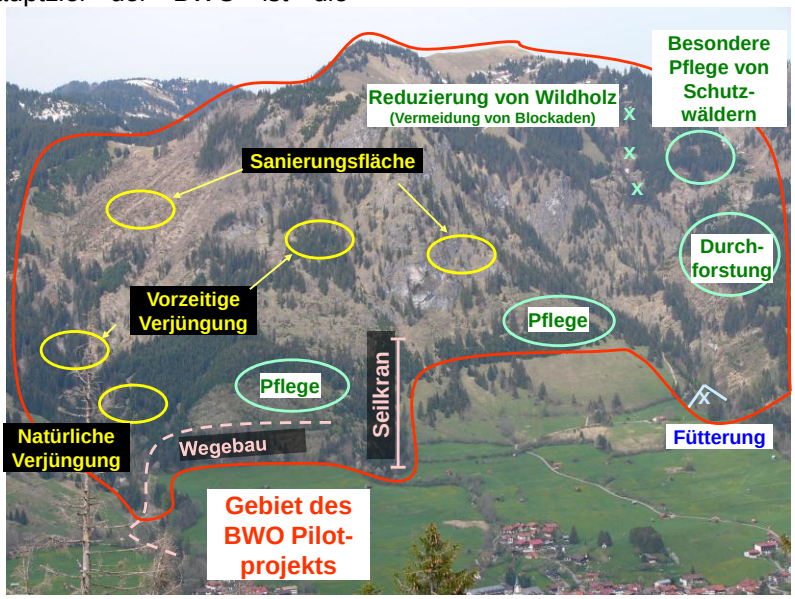


Abb. 18: Beispiel für die Kombination von Maßnahmen im Rahmen der Bergwaldoffensive. (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft).

IDEEN FÜR DIE (FINANZIELLE) BEWERTUNG VON ALTERNATIVEN BEI UNTERSCHIEDLICHEN FOLGEN IM FALL VON ÜBERLASTUNGEN BZW. BEI UNTERSCHIEDLICHEN RESTRISIKEN.

Darlegung des Problems: Alternativen könnten zwar das gleiche Schutzniveau gewährleisten (zum Beispiel 100-jährliches Hochwasser), haben jedoch aufgrund der „stillen Reserven“ unterschiedliche Restrisiken, Versagensprozesse (plötzlich, stufenweise etc.) oder andere Auswirkungen. Derzeit gibt es keinen gängigen Ansatz zur Einbeziehung solcher Effekte in der Variantenauswahl.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Die Verantwortung zur Betrachtung von Überlastfällen bzw. Restrisiken ist eng mit der Verantwortung zur Planung der Schutzmaßnahmen verknüpft - in Bezug auf Maßnahmen für mittlere und große Flüsse sowie für die Wildbachverbauung in Bayern ist es das Land, für Maßnahmen in Bezug auf kleine Bäche und Flüsse ist es die Gemeinde.

Lösung / Beschreibung: Derzeit werden beim Vergleich verschiedener Schutzalternativen vor allem die Baukosten berücksichtigt. Dieser Ansatz basiert auf der Annahme, dass alle Alternativen das gleiche Schutzniveau bieten. In Bezug auf die Risikobeurteilung bedeutet dies wiederum, dass sowohl das Schutzpotenzial als auch das Restrisiko bei allen Alternativen identisch ist und daher missachtet werden kann.

In Wirklichkeit können bei den verschiedenen Alternativen zwischen den Restrisiken jedoch große Unterschiede bestehen. Daher denken wir darüber nach, wie diese Unterschiede bei der Auswahl der bevorzugten Alternative berücksichtigt werden können. Dies kann durch Ausarbeitung detaillierterer Schadensfunktionen sowie Betrachtung seltenerer Ereignisse jenseits der Bemessungsereignisse geschehen. Berechnungen des durchschnittlichen Schadenspotenzials auf einer solchen Basis sollten die Unterschiede zwischen den Restrisiken aufzeigen (siehe Abbildung unten). Die Auswahl der „Stützstellen“ für die Berechnung ist daher von entscheidender Bedeutung. Wir sind jedoch noch am Anfang des Projekts und müssen noch weitere Untersuchungen durchführen, um die Kalkulation als Standard einführen zu können.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

Spackova, O.; Rimböck, A.; Straub, D.; (2014): Risk Management in Bavarian Alpine Torrents: a Framework for Flood Risk Quantification Accounting for Subscenarios; IAEG XII Congress - Torino, September 15-19, 2014

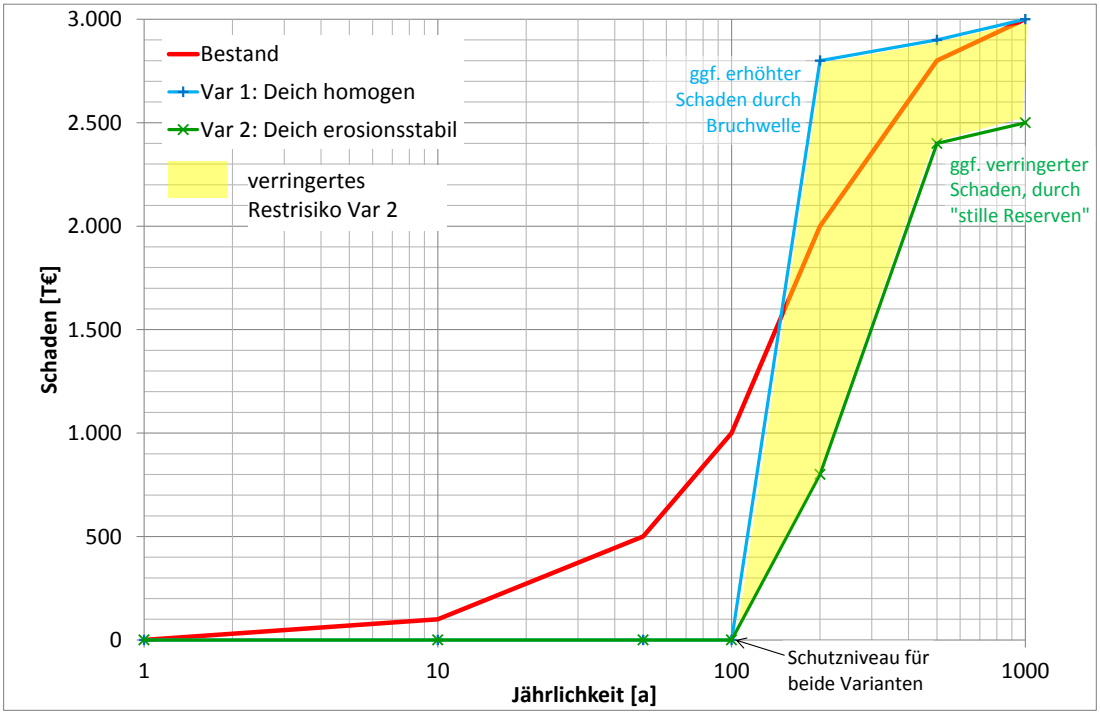


Abb. 19: Vorschlag für die Kalkulation verschiedener Restrisiken in Bezug auf Schutzalternativen.

B7 - Verfolgung und Evaluation von Flusskorridorentwicklungen durch ein strukturiertes Zielsystem

Italien

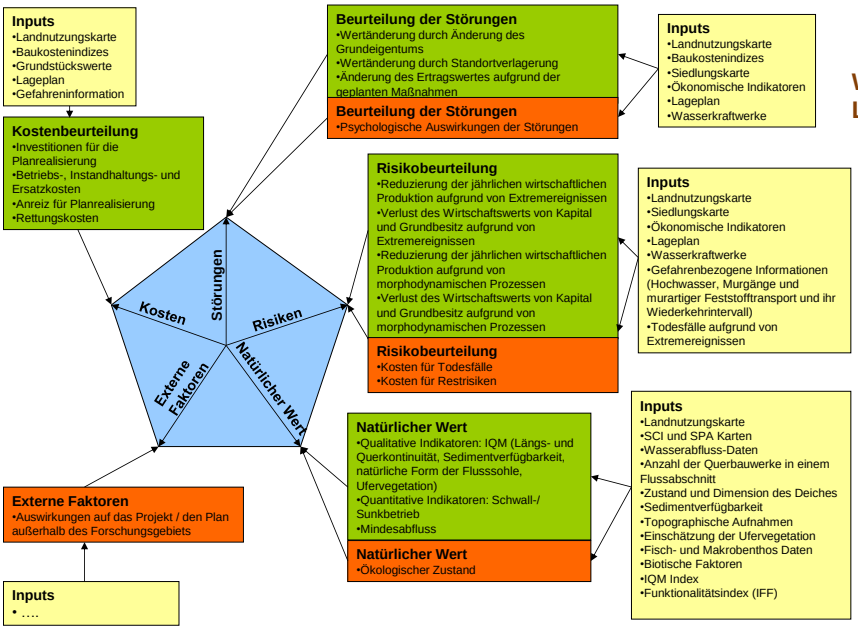
Phase des LZM: Planung

EIN EFFEKTIVES FLUSSKORRIDORMANAGEMENT ERFORDERT KLARE UND MESSBARE ZIELE.

Darlegung des Problems: Flussverantwortliche werden sich immer mehr bewusst, dass die Landentwicklung innerhalb von Flusskorridoren zu dauerhaften und unstrukturierten Problemen führen kann. Aufgrund ihrer innewohnenden Komplexität, den Unsicherheitsfaktoren sowie der verschiedenen Interessenvertreter, die alle eine andere Perspektive vertreten, stellen Flusskorridormanagement-Prozesse eine große Herausforderung dar. Weiterhin führt die fehlende Transparenz und Konsistenz bei Entscheidungsfindungsprozessen der Mitwirkenden zur Minderung der potentiellen Schutz- und Ökosystemleistungen für die betroffenen Gesellschaften.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Ultimatives Ziel des Flusskorridormanagements ist die Suche nach Alternativen und Perspektiven, die eine Synthese schaffen zwischen dem: i) was die Gesellschaft will, ii) was den natürlichen Entwicklungsmustern entspricht und iii) was gemäß den gesetzlichen Rahmenbedingungen erlaubt ist. Mit anderen Worten soll eine Entscheidungsgrundlage geschaffen werden, die eine Schnittstelle zwischen den folgenden Elementen bildet: (i) Desiderata oder Raum der Wünschbarkeit (d.h. das Wertesystem und die Präferenzstruktur der betroffenen Gesellschaft); (ii) die Entwicklungsmöglichkeiten (zum Beispiel Entwicklungsverlauf von Flusskorridoren, beurteilte Widerstandsfähigkeit des Ökosystems und Naturgefahrrisiken, Entwicklungstrends bei Prognosen und ökonomische Szenarien) und (iii) die Beschränkungen (d.h. gesetzliche und institutionelle Vorgaben, Budgetbegrenzungen, konjunktive und disjunktive Einschränkungen, Modus Operandi, etc.). Die Hervorhebung der Desiderata der betroffenen Gesellschaft und Interessenvertreter (bzw. des zuständigen Lenkungsausschusses) ist der erste Schritt zu einem ganzheitlichen Flusskorridormanagement. Die Erläuterung des entwicklungstechnischen Raums von Möglichkeiten wird durch einen disziplinenübergreifenden Ansatz erreicht, der auf die Integration der korridorbezogenen Umweltforschung und der sozioökonomischen Wissenschaft abzielt. Jeder Versuch zur Flusskorridorentwicklung ist von bestimmten gesetzlichen und institutionellen Rahmenbedingungen bestimmt, der den Managementprozess einschränkt.

Das operationale Zielsystem: Das Konzept eines operationalen Zielsystems ist in Abbildung 20 dargestellt. Hinsichtlich der zu berücksichtigenden Ziele beim Flusskorridormanagement haben wir die folgende Kategorisierung für den Fluss Drava herausgearbeitet (aus Nardini und Pavan, 2012): Risiko (R - Risk) (in unterschiedlicher Form: Hochwasser, fluviatile Prozesse, Geschiebe/ Erdrutsche; Restrisiken); Kosten (C - Costs) (Investition und Management); Störung (D - Disturbance) vorhandener Maßnahmen, insbesondere aufgrund von: Landnutzungsänderung, Eigentumswechsel, Standortverlagerungen, Modifizierung der Wasserkrafterzeugung; „Naturwert“ (N - Natural Value); ökologischer Zustand des Flussökosystems; externe Effekte (E - Externalities), insbesondere Auswirkungen, die das betroffene Teileinzugsgebiet auf den Rest des Flusses hat. In den grünen Kästchen haben wir Indikatoren aufgeführt, die objektiv bewertet werden, während in den orangefarbenen Kästchen entscheidungsrelevantes Wissen aufgelistet ist, das von Experten, Interessenvertretern und Entscheidungsträgern generiert und verwendet werden kann.



WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

Weitere Einzelheiten: E-Mail: wasserschutzbauten@provinz.bz.it

Referenzes:
Nardini A., Pavan S., River restoration: not only for the sake of nature but also for saving money while addressing flood risk: a decision-making framework applied to the Chiese River (Po basin, Italy). Journal of Flood Risk Management 2012; 5:111–133.

Abb. 20: Das operationale Zielsystem.

B8 - Auf dem Weg zur Neukonfiguration eines Schutzsystems am Gadriabach

Italien

Phase des LZM: Planung

EIN HOLISTISCHER PLANUNGSANSATZ.

Darlegung des Problems: Der Gadriabach (Südtirol, Italien) mit einer Einzugsgebietsfläche von 6 km2 weist einen der größten Schwemm- / Murkegel der Alpen auf (10,9 km2) und entwickelt häufig Murgänge (1-2 Mal pro Jahr). Die Jahresniederschläge sind im Gegensatz zu ähnlichen Eizugsgebieten in den Alpen relativ gering (ca. 500 mm). Die häufigste Ursache für Murgänge sind Gewitter. Seit dem Mittelalter wurden 39 Ereignisse dokumentiert. Im Hauptzubringer, dem Strimmbach, wurden vor kurzem Murgangaktivitäten und Erosionen im unteren Teil des Baches festgestellt. In der aktuellen Konfiguration führen der Gadriabach und der Strimmbach regelmäßig große Geschiebemengen einem einzigen Rückhaltebecken zu. Dies führt auf lange Sicht zu unhaltbaren Räumungskosten für die öffentliche Verwaltung. Außerdem ist der Schwemm- / Murkegel trotz des Rückhaltebeckens großen Naturgefahren ausgesetzt. Simulationen zeigen, dass die Durchflusskapazität des Gerinnes bei Ereignissen mit einer Wiederkehrperiode von über 30 Jahren unzureichend sein könnte. Bei Ereignissen mit längeren Wiederkehrperioden ist die Verklausung der Brücke im Allitztal zu erwarten, was die Gefahr für weitere Gebiete des Murkegelbereichs erhöhen würde.

Planungsziele

Das Risiko für gefährdete Objekte auf dem Murkegel soll wesentlich reduziert werden. Dies umfasst die Reduzierung spezifischer Risiken für Wohngebäude und Infrastrukturen (hauptsächlich Straßen) sowie für landwirtschaftliche Flächen. Gleichzeitig soll die Funktionsfähigkeit des Schutzsystems optimiert werden. Dies bedeutet im Wesentlichen die Entwicklung eines Geschiebedosierungssystems, das die Abfluss- und Geschiebetransportspitzen kappt, ohne zusätzliche Instandhaltungskosten (Ausräumkosten für abgelagerte Geschiebemengen) zu verursachen. Die ideale Lösung wäre ein selbstregulierendes Dosierungssystem.

Planungsansatz

Da die Leistungsfähigkeit des geplanten Systems wesentlich von seiner Dosierungsfunktion abhängt, wurde der von Simoni et al. (2014) ausgearbeitete Planungsansatz übernommen, der rückwärtsgerichtete Indikationen, numerische Simulationen und physikalische Modellversuche (Hübl et al., 2012) umfasst (vgl. Abbildung 1).

Mögliche Lösungen

Die angewandte Untersuchungsstrategie ergab, dass die Modifizierung der vorhandenen Wildbachsperre durch die Erweiterung seiner Öffnung zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit des Systems beitragen und damit die Lebenszykluskosten erheblich reduzieren würde. Ein erhöhtes Hochwasserrisiko für die gefährdeten Siedlungsgebiete könnte durch bewährte Techniken (zum Beispiel lokaler Objektschutz, lokale Leitwände und die Modifizierung einer Holzbrücke) vermieden werden. Auf konzeptueller Ebene wurden sogar noch radikalere Eingriffe in Betracht gezogen (vgl. Stecher et al. 2012), wie zum Beispiel die komplette Entfernung der Sperre zur Wiederherstellung des Geschiebekontinuums. Sollten die integralen Schutzmaßnahmen vor Ort umgesetzt werden, würde dieser Ansatz das akute Murgang- und Geschiebeproblem vollständig lösen.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

Weitere Einzelheiten: E-Mail: wasserschutzbauten@provinz.bz.it

Hübl, J., Fleisch, M., Chiari, M., Kaitna, R. (2012): Physikalische Modellversuche zur Optimierung der Geschieberückhaltesperre am Gadriabach (Vinschgau,Südtirol); IAN Report 144, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur - Wien (unpublished)

Simoni, S., Vigoli, G., Zambon, F. (2014): Assessment of mutual interactions between control structures, torrential and river sediments, and large wood. SEDALP Project (unpublished)

Stecher, M., Mazzrana, B., Hübl, J. (2012): Proposal of risk mitigation strategies based on a conceptual planning approach. 12th Congress INTERPRAEVENT 2012 – Grenoble / France - Conference Proceedings.



Abb. 21: Gadriabach: Einzelheiten der Blockierungsmechanismen (d.h. durch Treibholz und Feststoffe) in den Sperrenöffnungen und die daraus resultierende Aufschüttung des Rückhaltebeckens.

B9 - Renaturierung des Mareta-Flusses Italien

Phase des LZM: Planung

VERSÖHNUNG VON HOCHWASSERSCHUTZ UND ÖKOLOGIE.

Darlegung des Problems: Bis vor Kurzem zielte der Planungsansatz von Flussbauarbeiten hauptsächlich auf die Minderung von Gefahren und die Entwicklung hydraulisch geeigneter und stabiler Flussquerschnitte ab. Aufgrund dieser Eingriffe in die Flussregulierung konnten Gebiete im Talgrund für verschiedene Erschließungsinteressen zur Verfügung gestellt werden. Im Gegenzug sind aquatische Lebensräume mit der Zeit immer mehr geschrumpft. Ein gestiegenes soziales Interesse an der Integrität und Funktionsfähigkeit des Ökosystems führte zu einem Umdenken in Bezug auf traditionelle Planungsparadigmen: multifunktionale Lösungen, die Risiken mindern, einen ökologischen Wert schaffen und die Nachfrage nach Erholungsgebieten decken werden inzwischen weitestgehend bevorzugt.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Im Rahmen des von der EU geförderten Interreg III B-Projekts „Flussraumagenda für den Alpenraum“ hat die Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen ein Sanierungsprojekt für den Mareta-Fluss ins Leben gerufen.

Lösung / Beschreibung:
Der Mareta fließt durch das Ridanna-Tal in Südtirol und in der Nähe der Stadt Vipiteno in den Eisack. Das Wassereinzugsgebiet ist 209 km2 groß und erhebt sich von 935 auf 3470 m ü.M. Der Referenz-Hochwasserabfluss beträgt 90 m3/s bei einem Wiederholungsintervall von 10 Jahren, und 230 m3/s bei einem Wiederholungsintervall von 100 Jahren.

In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurden im Mareta intensive Kiesgewinnungsmaßnahmen durchgeführt. Später, in den 1980er Jahren, wurden zudem zahlreiche Bauwerke zur Sohlensicherung errichtet, die zu einem Wandel von einem verzweigten zu einem monokursalen Fließgewässertyp geführt und dadurch das Geschiebekontinuum erheblich gestört haben.

Um die Bedingungen der Flussdynamik und das Flusskontinuum wieder herzustellen, wurde in der ersten Entwicklungsphase durch die Entfernung von 16 Sperren eine erhebliche ökologische Aufwertung erzielt. Die Konsolidierung der Flusssohle wurde durch die Platzierung riesiger Felsbrocken mit einem Mindestgewicht von 2 Tonnen erreicht.

Dazu wurde ein Überwachungsprogramm eingeführt, das die Qualität dieses Flusssanierungsprojekts langfristig überprüfen soll. Durch die topographische Bewertung von Querschnittsvariationen konnten morphologische Änderungen festgestellt werden. Der ökologische Zustand wird durch Ad-hoc-Untersuchungen der Vegetation und des Lebensraums überwacht.

Hauptziel dieser Maßnahmen ist die Förderung der Mensch-Fluss-Beziehung. Die Errichtung von Hochwasserschutzbauten im letzten Jahrhundert hat dazu beigetragen, dass die Angst vor Hochwassergefahren gestiegen ist. Doch in diesem neuen Zustand ist der Fluss für alle zugänglich und kann für Erholungszwecke genutzt werden. Der „neue“ Mareta-Fluss ist ein gutes Praxisbeispiel für die Erschaffung einer Symbiose zwischen Mensch und Fluss und bietet gleichzeitig ausreichenden Schutz für risikogefährdete Elemente.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

Weitere Einzelheiten: E-Mail:
wasserschutzbauten@provinz.bz.it



Abb. 22: Der Mareta vor und nach der Optimierung der Mensch-Fluss-Symbiose.

Phase des LZM: Betrieb - Umbau von Bauwerken

Darlegung des Problems: Die letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass es insbesondere bei Abflussspitzen nicht möglich ist, Hochwasserprozesse allein durch Wildbachsperren zu kontrollieren. Aus diesem Grund konzentriert man sich bei bautechnischen Maßnahmen heutzutage auf die Erweiterung der vorhandenen Sammleranlagen und zu Hochwasserrückhaltebecken.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Wissen über hochwassergefährdete Zonen durch Gefahrenkarten, Berücksichtigung von Überlastfällen und Anwendung von Kosten-Nutzen-Analysen bei Schutzkonzepten.

Lösung / Beschreibung: Die Naturgefahrenkarten haben gezeigt, dass Gefahren, die in Verbindung mit seltenen und sehr seltenen Ereignissen stehen, sowie Überlastfälle kaum im Einzugsgebiet selbst bewältigt werden können. Insbesondere wenn die finanziellen Mittel begrenzt sind, haben Kosten-Nutzen-Analysen gezeigt, dass die Lösung nicht im Bau von Wildbachsperren entlang des Gerinnelaufes liegen kann. Aus diesem Grund wurden neue Konzepte erarbeitet bzw. alte geändert.

Abflussmodelle haben gezeigt, dass es bei lange andauernden, schweren Niederschlägen vergleichbar mit den Jahren 1999 und 2000 nicht möglich ist, den gesammelten Abfluss durch die Vorfluter in den Rhein zu leiten. Da Murgänge und Geschiebeablagerungen bei Gewittern ein weiteres Problem darstellen, entstand die Idee, bestehende Sammleranlagen zusätzlich als Retention zu verwenden. Im Rahmen der Maßnahmen zur Vergrößerung der Sammleranlagen wurden die vorhandenen Sperren überprüft und wo möglich entfernt.

Natürlich sind solche Systemanpassungen nur möglich, wenn ausreichend Raum für Hochwasserrückhalt vorhanden ist und die geologischen Bedingungen diesen Lösungsansatz erlauben. In jedem Fall wurde deutlich, dass zusätzliches Wissen oder sich ändernde Umstände eine Überprüfung der bestehenden bautechnischen Maßnahmen notwendig machen. Die Modifizierung vorhandener Bauwerke ist schwer zu kommunizieren. Die Berücksichtigung von Überlastfällen sowie Kosten-Nutzen-Analysen sind jedoch gute Argumente hierfür.

Ein Beispiel für ein angepasstes System ist die Erweiterung des Rückhaltebeckens in Balzers. Bevor die maximale Kapazität aller Becken auf 100.000 m^3 erweitert wurde, hat bereits ein 20-jährliches Hochwasser erhebliche Probleme verursacht. Inzwischen kann ein hundertjährliches Ereignis ohne Schädigung des Dorfes bewältigt werden. Des Weiteren hat die Vergrößerung der Sammleranlagen zu einer verspäteten und selteneren Befüllung des Rückhaltebeckens geführt. Da für die Becken landwirtschaftliche Flächen benutzt werden, können dadurch die Entschädigungszahlungen verringert werden. Aufgrund der Erweiterung der Sammleranlagen ist die grenzüberschreitende Straße zwischen Liechtenstein und der Schweiz von Murgängen geschützt, ohne dass Wildbachsperren entlang des Rüfelaufs errichtet werden mussten.

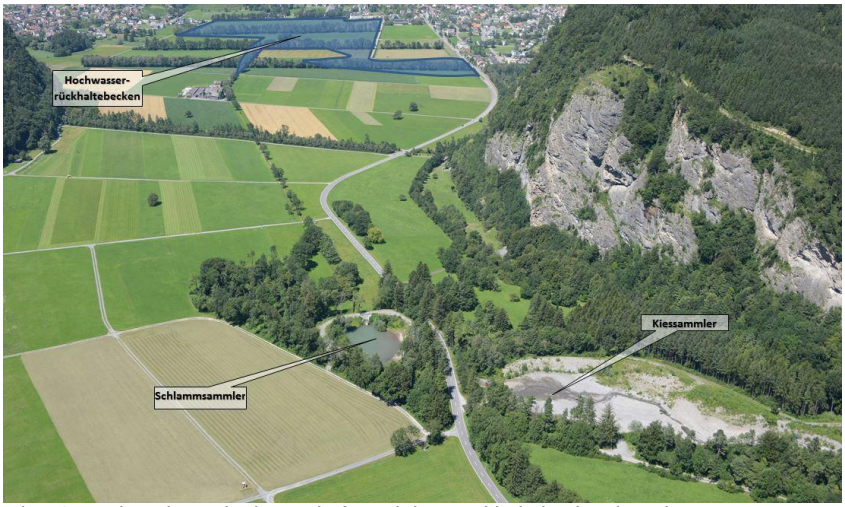


Abb. 23: Übersicht über Sammleranlagen in der Andrüfe und das Rückhaltebecken in Balzers.

B11 - Zustandsbeurteilung von Dämmen zu wasserwirtschaftlichen Zwecken in Slowenien

Slowenien

Phase des LZM: Überwachung, Analyse und Planung

Darlegung des Problems: Das geringe öffentliche Bewusstsein über die Gefahren, die von Dämmen ausgehen, sowie das fehlende Wissen über Notfallmaßnahmen zur Evakuierung im Fall eines Dammbruchs hat das Amt für Zivilschutz und Katastrophenhilfe des Verteidigungsministeriums von Slowenien dazu bewogen, eine umfassende Überprüfung der Dokumentationen und des Zustands der slowenischen Dämme und Becken zu wasserwirtschaftlichen Zwecken durchzuführen (im Jahr 2012).

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Vier Partnerorganisationen: die Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Universität von Ljubljana, Hidrotehnik, d.d., IBE, d.d., und das Slowenische Institut für Bauwirtschaft haben an der Auswertung der Analysen mitgewirkt. Im Anschluss hat das Konsortium Empfehlungen zur Verbesserung der Dammsicherheit und zur öffentlichen Aufklärung herausgegeben.

Lösung / Beschreibung: Das Interesse an einer sicheren Nutzung von Dämmen und Becken hat in den letzten Jahrzehnten weltweit zugenommen. Aufgrund der erhöhten Flächennutzung und dem erhöhten Bedarf an Dämmen in der Nähe von Wohngebieten wird immer mehr Aufmerksamkeit auf die Integration entsprechender Systeme in die Umgebung sowie die Erfüllung von Standards gelegt, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Eine tiefergehende Analyse im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „Zustandsbeurteilung von Dämmen zu wasserwirtschaftlichen Zwecken in Slowenien“ (VODPREG) befasste sich anschließend mit öffentlichen Wasserdämmen und -becken (in Besitz des Landes oder der Gemeinden), wobei qualifizierten Betreibern und Besitzern von öffentlichen Wasserwirtschaftsdienststellen eine Konzession gewährt wurde (Endauswahl: 45 Dämme und Stauwehre). In Übereinstimmung mit den nationalen Vorschriften müssen die Tragwerkeigenschaften großer Dämme (mit einer Aufbauhöhe von über 15 m) regelmäßig überwacht werden. Im Rahmen des Projekts wurden die errichteten Überwachungssysteme für 42 Erddämme überprüft (wobei 8 größer als 15 m waren).

Die Aufgabe wurde in drei Abschnitte aufgeteilt. Im ersten Abschnitt wurde eine Untersuchung aller archivierten Dokumentationen zu den Bauwerken durchgeführt, während im zweiten Abschnitt Felduntersuchungen im folgenden Umfang durchgeführt wurden: (1) Visuelle Prüfung der Bauwerke, (2) Inspektion der mechanischen und elektrischen Ausstattung, (3) Unterwasser-Tauchinspektion. Im dritten Abschnitt wurde ein Synthesebericht mit den relevanten Ergebnissen der durchgeführten Inspektionen erstellt. Aufgrund des ermittelten Zustand fand daraufhin eine Beurteilung des Gefahrenniveaus für jedes einzelne Bauwerk statt.

Nach Erledigung der oben genannten Aufgaben zeigte sich ziemlich schnell, dass bei praktisch allen Dämmen Maßnahmen erforderlich waren. Das endgültige Analyseergebnis umfasste eine Schätzung der Kosten für die Sanierung der einzelnen Dämme sowie eine Bewertung der Gesamtdauer der Sanierungsmaßnahmen. Die Ausgaben für die geplanten Sanierungsmaßnahmen belaufen sich auf ca. 13,6 Millionen €. Die Investitionsstruktur setzt sich wie folgt zusammen: vom Gesamtbetrag werden 12% für die Zusammenstellung der Expertenteams und der technischen Mittel benötigt, 1% für die Zusammenstellung der Dokumentationen, 9% für die Erstellung bzw. Erneuerung der Überwachungssysteme, 54% für Eingriffe in den Dammkörper, 10% für Eingriffe in die Betonstruktur und das Mauerwerk und 14% für Eingriffe in die Sammelbecken und die flussabwärts liegenden Gebiete.

Weitere Informationen / Links:
ACPDR: www.sos112.si (Projektbericht) and SLOvenian COmission on Large Dams (SLOCOLD): www.slocold.si

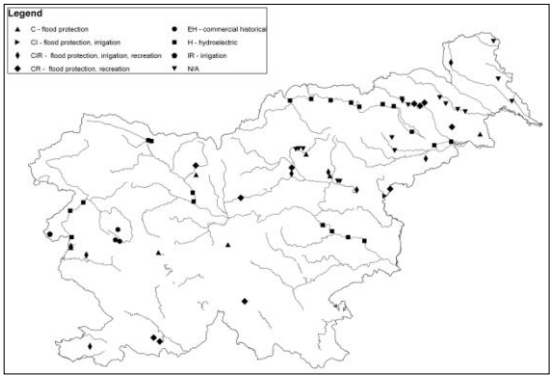


Abb. 24: Projekt VODPREG - 68 in Kategorien aufgeteilte Dämme wurden für die Aufgabe ausgewählt (Kryžanowski et al., 2013).

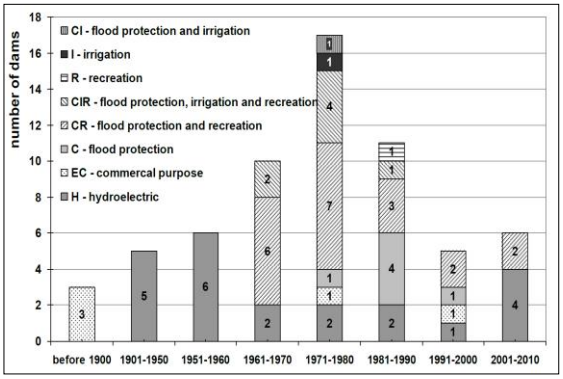


Abb. 25: Dynamik des Dammbaus in Übereinstimmung mit dem Verwendungszweck.

B12 - Management von alten Lawinenverbauungen Schweiz

Phase des LZM: Betrieb

Darlegung des Problems: Alte Lawinenverbauungen in der Schweiz bestehen häufig aus Steinmauern und Mauerterrassen. Aufgrund ihrer langen Nutzungsdauer sind die Mauern und Terrassen in vielen Gebieten in einem schlechten Zustand. Da ihre Wirkung gegen das Anbrechen von Lawinen nicht mehr den aktuellen technischen Anforderungen entspricht, stellt sich unweigerlich die Frage, ob die Bauwerke repariert oder besser gleich demontiert und durch moderne Schutzbauten ersetzt werden sollen. Das Bundesamt für Umwelt hat ein Handbuch zur Evaluation von Erhaltungsstrategien für Lawinenverbauungen mit Steinmauern und Mauerterrassen herausgegeben, das in Einzelfällen zur Ermittlung der durchzuführenden Maßnahmen herangezogen werden sollte. Das Handbuch wendet sich an kantonale Stellen und Bauherrschaften.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Der Bauherr bzw. die Eigentümerin der Schutzbauten (zum Beispiel Gemeinde, Kanton, Bahngesellschaft) ist für die Instandhaltung von Schutzbauten verantwortlich. Der Bund kann die Sanierung gemäß dem Waldgesetz subventionieren.
Der Besitzer ist für alle Schäden verantwortlich, die mangelhafte Verbauungen bei Dritten verursachen können.

Lösung / Beschreibung: Es gibt etwa 1000 Kilometer Steinmauern und Mauerterrassen zum Schutz gegen Lawinen. Sie wurden zwischen 1890 und 1940 errichtet, woraufhin derartige Techniken durch Stahlschneebrücken oder Schneenetze abgelöst wurden. Die Steinmauern und Mauerterrassen blieben jedoch weiterhin für mehrere Jahrzehnte in Betrieb. In dieser Zeit waren sie den extremen Bedingungen des Hochgebirgsklimas ausgesetzt und wurden teilweise wieder aufgebaut, wenn Teile zerstört wurden (siehe Abbildung 26). Da die Verbauungen das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hatten, war ein allgemeinerer Ansatz für ihre Instandhaltung erforderlich. Für die systematische Evaluation der Verbauungen und die Bestimmung der zu ergreifenden Maßnahmen wurde ein 6-Phasen-Ansatz definiert:

1. Datensammlung: Standort- und Typenbestimmung der Verbauungen
2. Zusammenfassende Beurteilung: Zustand der Verbauung, Bestimmung der zu schützenden Werte
3. Wirkungsbeurteilung: schützende Wirkung der Verbauungen, Gefahren aufgrund der Art der Verbauung
4. Definition möglicher Maßnahmen: Rückbau, Instandsetzung, Ersatz, keine Maßnahme
5. Gesamtbeurteilung der Maßnahmen: Wirksamkeit, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit
6. Umsetzung der ausgewählten Maßnahme

Für Schritt 1 kann eine Bestandsaufnahme der Verbauungen helfen, einen Überblick zu erhalten und Prioritäten auf regionaler Ebene zu setzen.

In Schritt 5 werden nicht nur technische Argumente zur Gefahrenabwehr in Betracht gezogen, sondern auch allgemeine Kriterien, wie zum Beispiel der Schutz des kulturellen Erbes und der Landschaft. Ein Wirtschaftsmodell vervollständigt die Evaluation der Maßnahmen.

Dieser Ansatz wurde in verschiedenen Kantonen umgesetzt und hat zu einem großen Fortschritt beim Management von alten Lawinenverbauungen geführt.

WEITERE INFORMATIONEN / LINKS:

Margreth S., Blum M. 2011: Gestion des ouvrages paravalanches en murs de pierres et terrasses en maçonnerie. Guide pratique. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1109: 80 p.

http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01610/index.html?lang=fr

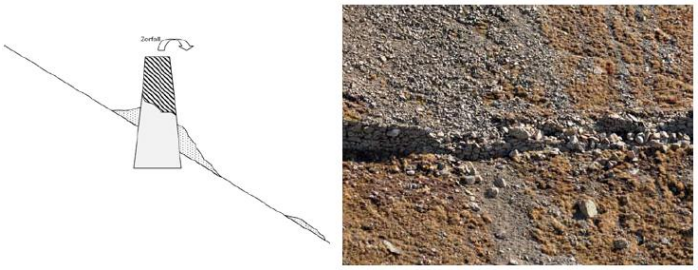


Abb. 26: Rückgebaute Steinmauer gegen Lawinen.

B13 - Wildbach Guppenrunse, Schwanden, Kanton Glarus Schweiz

Phase des LZM: Planung (Sanierung und Alternativen)

NACHDEM WÄHREND ZWEI MURGANGEREIGNISSEN IN DER GUPPENRUNSE EINE REIHE ALTER RÜCKHALTESPERREN ZERSTÖRT WURDEN, IST EIN NEUES SCHUTZSYSTEM IM SINNE DES INTEGRALEN RISIKOMANAGEMENTS GEPLANT.

Darlegung des Problems: Im Jahr 2010/2011 zerstörten und beschädigten zwei Murgangereignisse eine über 100 Jahre alte und 1 km lange Reihe von Rückhaltesperren im Einzugsgebiet des Wildbachs Guppenrunse, sowie Teile des darunterliegenden Kanals. Dies hat das Risiko von Murgängen für die Siedlungen auf den beiden Schuttfächern des Wildbachs erheblich erhöht. Die Behörden mussten entscheiden, ob die alte Reihe von Rückhaltesperren saniert oder andere, geeignetere Schutzstrategien umgesetzt werden sollen.

Rahmenbedingungen (Verantwortlichkeiten, Gesetze, Organisation): Die Kommunen sind für die Sanierung der Schutzmaßnahmen verantwortlich. Das Projekt wird gemeinsam von Bund, Kanton und der Gemeinde finanziert.

Lösung / Beschreibung: Eine detaillierte Analyse anhand eines Murgangmodells unter Berücksichtigung der verschiedenen Szenarien (Komplettsanierung, Teilsanierung oder Wiederaufbau der Sperren) kam zu folgendem Ergebnis: Die Rückhaltewirkung der Sperren auf das Geschiebe an den Schuttfächern liegt praktisch bei Null, da die topografische Situation sowieso eine enorme Geschiebeablagerung am Murkegel verursacht.

Aufgrund dieser Analyse wurde eine neue Variante mit einer anderen Schutzstrategie erarbeitet. Sie umfasst den Bau von drei Rückhaltesperren, zwei neuen Rückhaltebecken am Murkegel und der Sanierung des Kanals. Das System kann die erwartete Geschiebemenge komplett zurückhalten.

Die neue Variante „Rückhaltung am Murkegel“ hat gegenüber der Variante „Sanierung der Rückhaltesperren“ folgende Vorteile:

- größere Sicherheit im Fall von „Überlastungsereignissen“
- höhere Widerstandsfähigkeit in Verbindung mit einer
- natürlichen Flexibilität während des Prozesses und im Fall von Unsicherheiten bei der Gefahrenbeurteilung (allgemein und in Bezug auf den Klimawandel)
- kombinierter Schutz gegen Murgänge und Lawinen
- bessere Wirtschaftlichkeit (trotz höherer Instandhaltungs- und Baukosten sind die Gesamtkosten niedriger und das Siedlungsgebiet ist einem geringeren Risiko ausgesetzt)

Ein Nachteil der neuen Variante besteht darin, dass eine alternative Trinkwasserversorgung für die Gemeinde Schwändi auf dem Murkegel eingerichtet werden muss, da die neuen Rückhaltebecken sich im Schutzgebiet der einzigen Trinkwasserquelle befinden.

Insgesamt stellt die neue Variante im Vergleich zum alten System einen angemessenen Wandel von kostspieligen Maßnahmen im Einzugsgebiet zu einem neuen System im Sinne des modernen integralen Risikomanagements dar.

Weitere Informationen / Links:
Tiefbauamt of Canton Glarus, Switzerland
http://www.marty-ing.ch/referenzen.html?1085

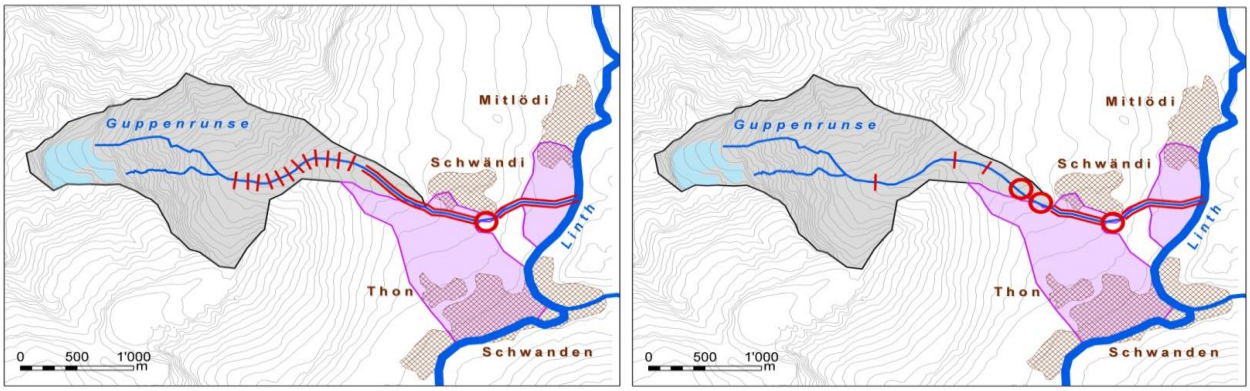


Abb. 27: Links: schematische Karte des alten Schutzsystems mit der zerstörten Reihe von Rückhaltesperren. Rechts: schematische Karte des neuen Schutzsystems mit Rückhaltebecken am Murkegel.

ANHANG C - Bewährte Beispiele aus der Praxis der Mitgliedstaaten zu bautechnischen Details, die die Lebensdauer / Funktionsfähigkeit einer vorhandenen Schutzinfrastruktur verlängern bzw. unterstützen

C1 - Wiederverwendung von alten Bauteilen 55

C2 - Flexible Gittersäulen 55

C3 - Stahlabdeckung des Abflussbereichs von Gabionen 56

C4 - Flexible Balken im Dammbau 56

C5 - Mobile Einheit zur Qualitätskontrolle von Baumaterialien 57

C6 - Sanierung einer alten Betonsperre 58

C7 - Ausbau und Anpassung von alten Steinsperren 58

C8 - Sanierung vorhandener Rückhaltesperren 59

C9 - Modifizierung des Geschieberückhaltebeckens Grosstanne 60

C10 - Geschieberückhalt mit Auslaufsperre und Ablenkdamm Ottawan 62

C11 - Modifizierung des Geschieberückhaltebeckens Humligentobel 63

C12 - Modifizierung des Geschieberückhaltebeckens Betelriedgraben 64

C13 - Durch seitlichen Gebirgsdruck gefährdete Schutzinfrastrukturen in Wildbächen 65

C1 - Wiederverwendung von alten Bauteilen



Der alte Steindamm war nicht stabil genug. Anstelle eines kompletten Ersatzes wurde er durch rückverankerte Betonsäulen verstärkt. Beispiel Maigraben, Landkreis Rosenheim, Bayern

C2 - Flexible Gittersäulen



Die Stahlsäulen dieses Wildholzrechens können in verschiedenen Abständen zueinander fixiert werden. Auf diese Weise kann das Bauwerk zukünftig den Umständen angepasst werden, ohne dass es neu errichtet werden muss. Beispiel Maigraben, Lkr. Rosenheim, Bayern

C3 - Stahlabdeckung des Abflussbereichs von Gabionen



Gabionen können aufgrund von Abnutzung insbesondere im Abflussbereich leicht zerstört werden. Aus diesem Grund wurden einfach zu ersetzende Stahlplatten installiert, um den stark beanspruchten Teil der Wildbachsperre zu sichern. Beispiel Talgraben, Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen, Bayern

C4 - Flexible Träger im Dammbau



Der vertikale Abstand der Stahlträger in diesem Rückhaltedamm kann ohne Weiteres verändert werden. Auf diese Weise kann das Bauwerk zukünftig den Umständen angepasst werden, ohne dass es neu errichtet werden muss. Beispiel Maigraben, Lkr. Rosenheim, Bayern

C5 - Mobile Einheit zur Qualitätskontrolle von Baumaterialien











Mobile Einheit zur Qualitätskontrolle von Baumaterialien in der frühen Bauphase - ein Beitrag zur längeren Lebensdauer und einer erhöhten Zuverlässigkeit von Schutzbauten (Autonome Provinz Bozen)

C6 - Sanierung einer alten Betonsperre



Eine Lösung zur Instandhaltung der Funktionsfähigkeit altersschwacher Sperren ist die Errichtung von massiven Stützbauten aus Stein, die mit den bestehenden Bauwerken verankert und verbunden werden und so zu einem Objekt verschmelzen (zwei Beispiele aus den Wildbächen Mačkov graben und Prošca, Foto: Hidrotehnik, Slowenien)

C7 - Erweiterung und Anpassung von alten Steinsperren



Neue Randbedingungen erfordern die Funktionserweiterung der bestehenden Schutzbauten - eine übliche Maßnahme ist die Erhöhung der Schutzsperren. Auf dem Foto sieht man ein solches Beispiel aus dem Wildbach Lučno: das Bauwerk wurde durch einen Zugang für Besitzer erweitert (mit beweglichen Holzstämmen), die in regelmäßigen Abständen Holz aus den bewaldeten Quellgebieten ausräumen müssen (Foto: Hidrotehnik, Slowenien)

C8 - Sanierung bestehende Sperrentreppe im Steinibach Hergiswil, NW

Die Sperrentreppe im Steinibach, Hergiswil, NW wurde 1956 als Blocksteinsperren erstellt, die auf einem Holzkastenbauwerk gelagert sind. Die durch Kolkbildung freigelegten Holzkastenbauwerte konnten die Stabilität des Systems nicht mehr gewährleisten. 2012/2013 wurden sie mittels einer Vorbetonierung saniert, ein verbesserter Kolkschutz eingesetzt und die Leitwerke saniert.



Situation vor der Sanierung
Quelle: Kanton NW



Situation nach der Sanierung
Quelle: BAFU



Vorbetonierung

Quelle: Kanton NW



Fertiggestellte Vorbetonierung und Holzabdeckung

Quelle: Kanton NW



Bau eines Ersatzdammes

Quelle: Schubiger AG



Vorbetonierungs- und Leitwerke

Quelle: Schubiger AG

C9 - Umbau Geschiebesammler Grosstanne, Steinibach, Hergiswil, NW wegen veränderter Szenarien (Rutschungen)

Da die Rückhaltekapazität des 1979 gebauten, aus 3 Kammern bestehenden Geschiebesammlers Grosstanne mit 15.000 m^3 zu klein ist und kein Schwemmholzrückhalt garantiert, wurde er 2013/2014 baulich angepasst. Zur Verbesserung der Statik wurden einerseits die Rückwände der bestehenden Bogensperren aufgedoppelt und die Sperrenfüsse mit Betonscheiben versteift. Um ein größeres Rückhaltevolumen zu schaffen, wurde die Bogensperre der mittleren Kammer erhöht. Die unterste Kammer wurde zu einer Holzrückhalte-Kammer umgebaut. Die Prozesse im Geschiebesammler wurden vorgängig durch physikalische Modellversuche simuliert.



Bogendämme 1 und 2 vor der Modifizierung

Quelle: Kanton NW



Bogendämme 1 und 2 nach der Modifizierung Quelle: Kanton NW



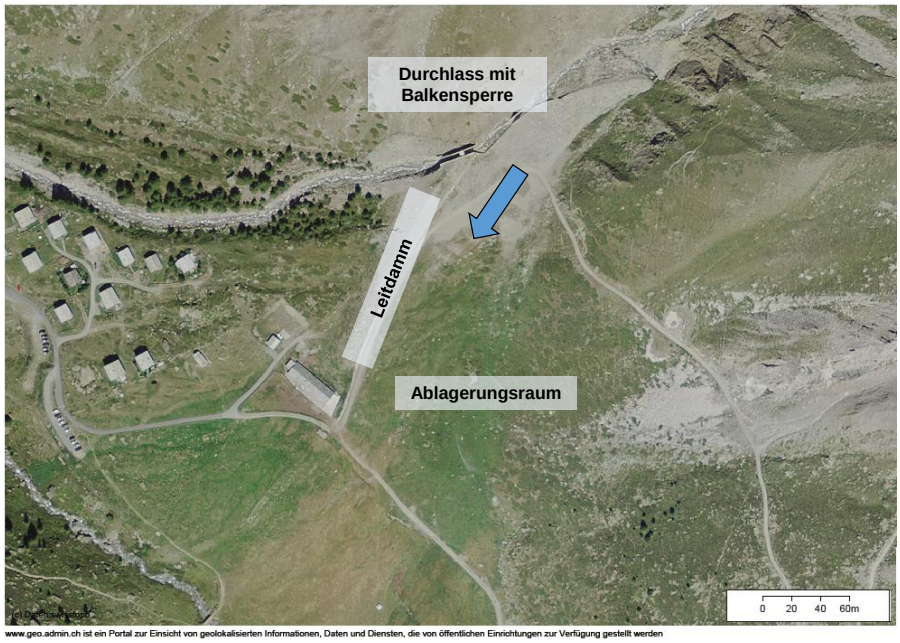
Modifizierung von Bogendamm 3 zur Rückhaltung von Wildholz Quelle: Kanton NW



Blick auf die fertiggestellte Konstruktion Quelle: Schubiger AG

C10 - Geschieberückhalt durch Leitdamm Ottawan, Täsch, VS wegen veränderter Szenarien (Klimawandel)

Durch Auftauen des Permafrosts, aktive Rutschungen und der Gefahr von Ausbrüchen eines Gletschersees ist das Geschiebepotential im Einzugsgebiet des Täschbachs praktisch unendlich und die Gefahr der Siedlung nicht alleine durch Geschiebesammler zu bewältigen. Aus diesem Grund wurde 2006 im Gebiet Ottawan auf der Täschalp ein flexibles Ausleitungssystem für Geschiebe erstellt. Das System beinhaltet einen Durchlass mit einer Balkensperre für den Abfluss und kleinere Ereignisse mit Geschiebe. Während größeren Ereignissen wird das Geschiebe aus dem Gerinne durch ein flexibles Ausleitungsbauwerk entlang eines Leitdamms in einen unbesiedelten Ablagerungsraum geleitet.



Übersicht über das Schutzsystem für das Täsch-Siedlungsgebiet Quelle: BAFU



Auslaufsperre (rechts), Rechensperre (links von der Auslaufsperre) und Ablenkdamm mit Ablagerungsgebiet (links) Quelle: BAFU

C11 - Umbau Geschiebesammler Humligenbach, Wolfenschiessen, NW zur Berücksichtigung des Überlastfalls

Damit der Geschiebesammler am Humligenbach im Überlastfall nicht in besiedeltes Gebiet, sondern rechts in den Wald entlastet und zusätzlich Schwemmholz zurückgehalten werden kann, wurde das Abschlussbauwerk des Sammlers 2004 umgebaut. Bereits bei einem Murgangereignis im August 2005 hat sich der Umbau bewährt.



Rückhaltebecken vor Modifizierung Quelle: BAFU



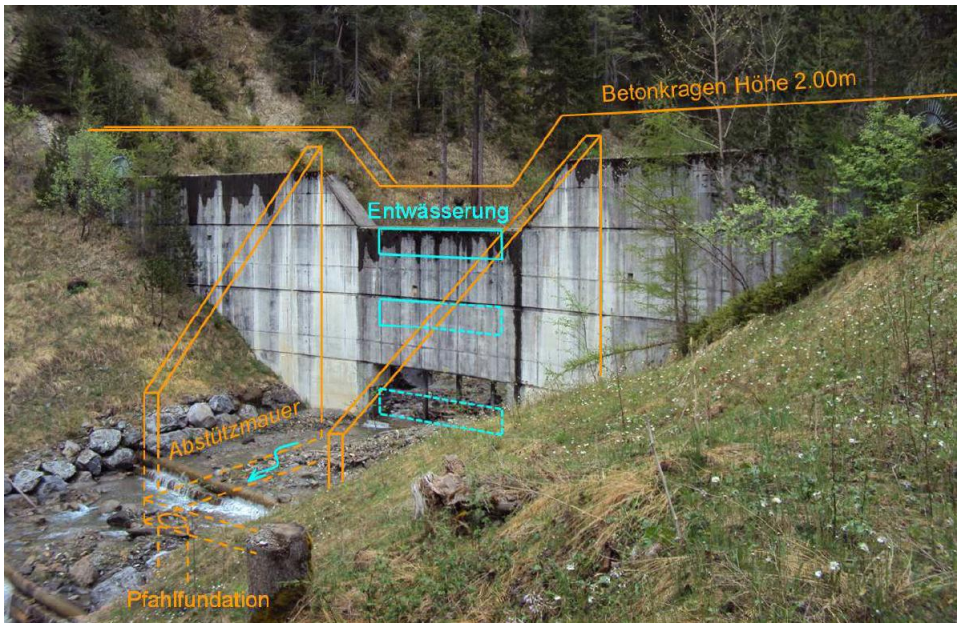
Rückhaltebecken nach Modifizierung Quelle: BAFU

C12 - Umbau Geschiebesammler Betelriedgraben, Blankenburg, BE aufgrund neuer Normen

Aufgrund der neuen Stauanlagenverordnung, die seit 1.1.2013 in der Schweiz in Kraft ist, müssen größere Geschiebesammler und Hochwasserrückhaltebecken neue statische Anforderungen erfüllen. Im Fall des Betelriedgrabens können die Anforderungen durch die bestehende Bogensperre nicht erfüllt werden. Der Umbau des Geschiebesammlers ist in Planung und wird voraussichtlich in den Jahren 2016/2017 realisiert.



Bisherige Bogensperre, Rückhaltebecken Betelriedgraben Quelle: BAFU



Geplante Modifizierungsmaßnahmen im Rahmen des Hochwasserschutzprojektes

Quelle: Theiler Ingenieure AG

C13 - Durch seitlichen Gebirgsdruck gefährdete Schutzinfrastrukturen in Wildbächen

Wildbachverbauungen unter dem Einfluss von Talzuschüben stellen eine große Herausforderung dar. Vor allem der seitliche Gebirgsdruck hat negative Auswirkungen und führt manchmal zu einer rasanten Zerstörung konventioneller Wildbachsperren. In Österreich wurden gute Erfahrungen mit einem Bautyp gemacht, bei dem die Flügel der Sperre sich (in gewissem Maße) gegen den stabilen Überlaufbereich bewegen können.



Rückhaltesperre mit verschiebbarem Flügel zum Ausgleich von seitlichem Gebirgsdruck,

Quelle: die.wildbach (Salzburg)

Beständigkeit von Schutzsystemen gegen Alpine Naturgefahren

Erfüllung vielseitiger Ansprüche durch die Anwendung der Prinzipien des *Systems Engineering* und des Lebenszyklusmanagements im Rahmen der Alpenkonvention

PLANALP Broschüre 2014



Conference presentations:
Protection Systems against Natural Hazards - Durability through Systems Engineering?
Literaturhaus Munich, 13th and 14th October 2015

- Systems Engineering (SE) und nachhaltiges Bauen: Schutzsysteme gegen Naturgefahren für Bauwerke
  Jürgen Schwarz & Norbert Gebbeken, Universität der Bundeswehr München (D)
- Erhaltungsmanagement in der bayerischen Straßenbauverwaltung im Bereich des Ingenieurbaus
  René Pinnel, Oberste Baubehörde Bayern (D)
- Erhaltungsmanagement von (Verkehrs-)Wasserbauwerken
  Jörg Bödefeld, Bundesanstalt für Wasserbau (D)
- Anforderungen an nachhaltig wirksame Schutzsysteme: System Life Cycle und Life Cycle Management
  Andreas Rimböck, Bayerisches Landesamt für Umwelt (D)
- VOM INTEGRALEN SCHUTZSYSTEM ZU "SCHUTZ SYSTEM ENGINEERING": Weiterentwicklung der Grundsätze des Naturgefahren-Ingenieurwesens
  Florian Rudolf-Miklau, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (AT)
- Das Erhaltungskonzept für Naturgefahrenschutzbauwerke (Wildbach, Lawine, Steinschlag) nach ONR 24800-Serie
  Jürgen Suda, alpinfra Wien (AT)
- PROTECT - Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren
  Stefan Margreth, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (CH)
- Reconstruction and Adjustment of Torrent Control Structures in Slovenia
  Jože Papež, Hidrotehnik Vodnogospodarsko podjetje d.d.(SL)
- Sammleranlagen - Anpassung und Erweiterung mit zusätzlichen Funktionen
  Stephan Wohlwend, Amt für Bevölkerungsschutz / Naturgefahren (FL)
- Fallbeispiel Guppenrunse, Kanton GL, Schweiz
  Josef Hess, Eva Gertsch, Bundesamt für Umwelt BAFU (CH)
- Integrale Wildbachentwicklungskonzepte zur Optimierung bestehender Schutzsysteme
  Florian Stauder, Technische Universität München (D)
- Redimensionierung der Schutzmaßnahmen im Wildbach Galina
  Martin Jenni, Wildbach- und Lawinenverbauung (AT)

All presentations and the brochure in English and German are available at:

http://www.alpconv.org/de/organization/groups/WGHazards

Conference of the Alpine Conventions Natural Hazards Platform (PLANALP)

"Protection Systems against Natural Hazards - Durability through Systems Engineering?"

Summary and Recommendations

alpenkonvention • convention alpine
convenzione delle alpi • alpska konvencija

Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection

MINISTERIUM FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH



PLANALP Conference, October 2015:
"Protection Systems against Natural Hazards - Durability through Systems Engineering?"

The high protection standard against natural hazards and subsequent risks in the Alps is a great achievement; however it also bears challenges related to the **costs for maintenance of the related structures**. These costs often need to be covered with the same budget as new protection measures and therefore the budget for new constructions decreases. The implementation of Systems Engineering (SE) in the field of natural hazard protection can help us to find long-term **cost-efficient** and sustainable solutions.

The overall question is probably how the countries across the Alps will develop and how to tackle the subsequent challenges related to the protection from natural hazards. This is an initial point for the change of perspective. The term Systems Engineering summarizes a lot of already taken measures and it is a good approach towards a **sustainable and holistic strategy** for the protection against natural hazards. Since there is no tendency towards an abandonment of Alpine areas, **the need for protection will remain**.

Because we have to convince policy makers but also the general public of SEs added value, **communication** is a crucial instrument. But the whole system of natural hazard protection is complex and so is the related communication. The implementation of SE depends on political decisions and the long-term goals of SE do not always meet short-term policy perspectives. Furthermore SE is a long-term process and the life span of a protection measure is longer than that of human beings. SE requires an interdisciplinary mindset not only for the person planning the structures but also for the general public, policy makers, lawyers etc. We need an **interdisciplinary education** that serves as a multiplier in the field of SE and natural hazard protection.

When we monetarize the effects of SE, the economic benefit is better visible and serves as an argument for communicating the SE approach.



More information available at:
http://www.alpconv.org/de/organization/groups/WGHazards

Recommendations:

- SE is a highly complex **compilation of measures** that (sometimes) have been applied in the past. We should integrate existing elements into our new approaches.
- The implementation requires not only **long-term** but also
- An **interdisciplinary** mindsets of all stakeholders. We have to think in a transboundary way.
- A simple, targeted and clear **communication** will be the key for advertising the added value of SE, overcoming existing systems and accepting new paradigms.
- We need a better **monitoring of protection infrastructure**, in order to have better predictions.
- We need a **holistic** consideration of systems and have to take into account the **residual risk**.

