

# RISIKOANALYSEN ALS GRUNDLAGE FÜR DIE AUFTEILUNG DER KOSTEN VON SCHUTZBAUTEN

## EIN BEISPIEL

Lukas Hunzinger<sup>1</sup>, Sylvia Durrer<sup>2</sup>, Hans-Heini Utelli<sup>3</sup>

### ZUSAMMENFASSUNG

Mit einem Hochwasserschutzprojekt sollen die Siedlung und die Autobahn auf dem Schwemmkegel eines Wildbaches in der Zentralschweiz vor Überschwemmung geschützt werden. An den hohen Investitionskosten beteiligen sich sowohl die Gemeinde als auch der Betreiber der Autobahn. Eine Risikoanalyse wurde eingesetzt, um den Nutzen, welche beide aus den Schutzmaßnahmen ziehen, zu quantifizieren und danach die jeweiligen Kostenanteile festzulegen. Mit den Maßnahmen wird das Risiko für Hochwasserschäden auf rund einen Viertel des heutigen Risikos vermindert werden. Den größten Anteil (82 %) an der Risikoreduktion erfährt dabei das Siedlungsgebiet. Bei der Festlegung des Kostenteilers können neben der Risikoreduktion noch weitere Nutzenarten berücksichtigt werden.

**Schlüsselwörter:** Risikoanalyse, Schutzbauten, Finanzierung.

### ABSTRACT

A flood protection project aims to decrease the flood risk for a settlement and a motorway situated on the alluvial fan of a torrent in Central Switzerland. The municipality and the motorway administration share the considerable investments costs of the constructive protection measures. A risk analysis has been performed in order to quantify the benefit of both stakeholders and to determine the share of each of them. The flood protection measures allow reducing the total risk by three quarter. The settlement benefits from a large portion of risk reduction (82 %). However, when the cost share is being determined, additional benefits may be taken into account.

**Keywords:** Risk analysis, protective measures, financing.

### EINLEITUNG

Bauwerke zum Schutz von Naturgefahren sind kostspielig. Die öffentliche Hand gibt dafür in der Schweiz über 700 Mio. Franken pro Jahr (PLANAT, 2007). Die Kosten für Bauten zum Schutz von Siedlungsgebieten werden zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden aufgeteilt. Das Subventionsmodell geht davon aus, dass Schutzmaßnahmen in erster Linie von den Gemeinden, welche für die Sicherheit ihrer Bürger verantwortlich sind, finanziert werden und dass die Gemeinden von Bund und Kanton subsidiär unterstützt werden (Bundesamt für Umwelt, 2009).

Wenn bauliche Maßnahmen nicht nur Siedlungen schützen, sondern auch Infrastrukturanlagen wie z.B. Autobahnen, Eisenbahnlinien oder Industrieanlagen nationaler Bedeutung, so profitieren diese auch von diesem Schutz und sie beteiligen sich an den Kosten. Die Kostenbeteiligung wird entweder nach dem so genannten Perimeterprinzip (jeder Akteur im Einzugsgebiet und im potenziellen Überschwemmungsgebiet eines Gewässers leistet einen Beitrag gemessen am Wert seiner Anlage) oder nach dem so genannten Expositionsmodell (Verkehrsträger leisten einen Beitrag wenn ihre Verkehrsachse parallel zum Gewässer verläuft) festgelegt.

---

<sup>1</sup> Dr. L. Hunzinger. Flussbau AG SAH, Schwarztorstrasse 7, 3007 Bern, Schweiz (e-mail: lukas.hunzinger@flussbau.ch)

<sup>2</sup> S. Durrer. vormals Flussbau AG SAH, heute Dienststelle Verkehr und Infrastruktur des Kantons Luzern, Schweiz

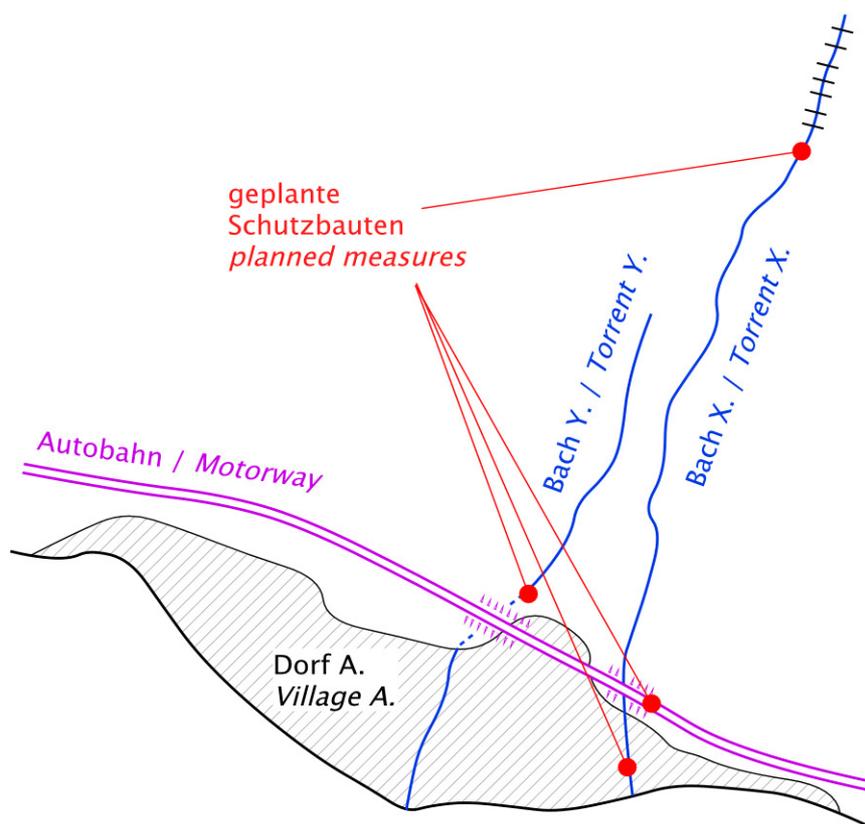
<sup>3</sup> H.-H. Utelli. IMPULS AG Wald Landschaft Naturgefahren, Schweiz

In jüngster Zeit werden Risikoberechnungen für die Ermittlung der Kostenwirksamkeit von Schutzprojekten durchgeführt (Bründl, 2009). Es liegt also nahe, diesen Ansatz auch zu verwenden, um den Nutzen, welchen verschiedene Akteure aus einem Schutzprojekt ziehen, zu quantifizieren und die Kosten für die Schutzbauten danach aufzuteilen. Ein solcher Kostenteiler wurde für ein Hochwasserschutzprojekt in der Zentralschweiz entwickelt.

### SITUATION AUF DEM SCHWEMMKEGEL

Das Dorf A. liegt auf dem Schwemmkegel von zwei Wildbächen (Fig. 1). Die Bäche entwässern steile, waldige Einzugsgebiete, durchqueren das Dorf A. und münden schließlich in einen See. Im oberen Einzugsgebiet können die Bäche aufgrund ausgedehnter Rutschhänge sehr viel Geschiebe mobilisieren und bis in das Siedlungsgebiet transportieren. Insbesondere im Bach X. ist deshalb das Gerinne im oberen Einzugsgebiet mit zahlreichen Sperren verbaut.

Heute fließen die beiden Bäche nahezu parallel auf dem gemeinsamen Schwemmkegel. Beim Kegelhals wechselt das punktuell verbaute Gerinne des größeren Baches X. in eine durchgehende Wildbachschale. Mit dem glatten Sohlen- und Uferverbau sollen Geschiebe und Wasser durch das Siedlungsgebiet ohne Ablagerung bis in den See transportiert werden. In der oberen Hälfte des Schwemmkegels, direkt oberhalb des Dorfes, quert eine Autobahn die beiden Bäche. Die Autobahn wird entlang der Bergflanke auf einem Erddamm geführt. Im Bereich der Bachquerungen ist sie berg- und talseitig mit Lärmschutzwänden versehen. Auf einem kurzen Abschnitt ist sie zudem mit einer Galerie überdeckt. Während Bach X. die Autobahn offen im Gerinne unterquert, wird Bach Y. oberhalb des Autobahndammes gefasst und erst unterhalb der Autobahn wieder in einem offenen Gerinne geführt.



**Fig. 1** Übersicht über die Situation auf dem Schwemmkegel der Bäche X. und Y.  
**Fig. 1** Overview on the situation on the alluvial fan of the torrents X. and Y.

## **GEFAHR UND RISIKO IM IST-ZUSTAND**

Bei Hochwasserereignissen mit Jährlichkeiten von hundert und mehr Jahren muss damit gerechnet werden, dass die Geschiebetransportkapazität der beiden Gerinne nicht ausreicht und sich im Bereich des Kegelhalses große Mengen Geschiebe ablagern können. Zudem queren einige Brücken den Bach X., so dass mit Verklausungen durch Schwemmholz gerechnet werden muss. Dies führt dazu, dass Wasser und Geschiebe aus dem Gerinne austritt und über den Schwemmkegel Richtung Autobahndamm fließt. Wasser und Geschiebe aus dem Bach X. kann dabei auch in die Geländekammer des Baches Y. übertreten. Bei Bach Y. führt vor allem die zu geringe Abflusskapazität des Gerinnes und des Durchlasses bei der Autobahn zu Ausuferungen. Wasser und Geschiebe der beiden Bäche können sich oberhalb der Autobahn an den Lärmschutzwänden aufstauen über die Lärmschutzgalerie abfließen und große Teile des Dorfes A. überfluten. Wasser kann auch durch die Lärmschutzwände auf die Autobahn treten und entlang der Fahrbahn in weiter entfernte Bereiche des Schwemmkegels abfließen. Im Ereignisfall sind also sowohl das Siedlungsgebiet als auch die Autobahn von Überflutung und Übersarung betroffen.

Der Damm der Autobahn hat im Ereignisfall einerseits eine Schutzfunktion, weil hinter dem Damm Wasser und Geschiebe zurück gehalten werden und er damit Teile des Siedlungsgebietes vor Überschwemmung und Übersarung schützt. Andererseits beeinflusst der Damm der Autobahn die Gefahrensituation negativ, indem er unkontrolliert überströmt wird und Wasser in Teile der Siedlung geleitet werden, welche ohne die Autobahn nicht gefährdet wären.

Im Ist-Zustand trägt die Gemeinde A. ein jährliches Risiko durch Überflutungen durch die beiden Wildbäche von rund 300'000 Fr. Das Risiko für die Autobahn beträgt 61'000 Fr./Jahr.

## **METHODEN DER RISIKOBESTIMMUNG**

Als Instrument zur Abschätzung des Nutzens der Hochwasserschutzmassnahmen wird das Risiko vor und nach den Maßnahmen bestimmt und damit die Risikoreduktion abgeschätzt, welche durch die Maßnahmen erreicht werden (Bründl, 2009). Diese Betrachtung gibt auch Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit eines Projektes. Bei einem Hochwasserereignis in den beiden Wildbächen sind das Dorf A. und die Autobahn betroffen. Das Risiko wurde deshalb für die Siedlung als auch für die Autobahn abgeschätzt.

Das Risiko für die Siedlung wurde mit Hilfe des durch den Bund entwickelten Instrumentes EconoMe 2.0 bestimmt (Bundesamt für Umwelt, 2010). Die Methode berücksichtigt direkte Sachschäden an Immobilien, Mobilien und Infrastrukturanlagen im Siedlungsgebiet sowie Personenschäden (Todesfälle) von Personen, die sich in Gebäuden und in Fahrzeugen aufhalten. Indirekte Risiken, z. B. der Produktionsausfall in einem Industriebetrieb nach einem Ereignis, werden nicht berücksichtigt. Der Anwendung sind standardisierte Basiswerte hinterlegt, um die Vergleichbarkeit von Risikoberechnungen für unterschiedliche Gebiete sicherzustellen.

Mit gleichen Ansätzen wurde auch das Risiko für die Autobahn bestimmt. Die Methode berücksichtigt jedoch neben den direkten Risiken für das Bauwerk und für Personen und Fahrzeuge auf der Fahrbahn auch indirekte Risiken durch den Ausfall der Straßenverbindung bei einem Ereignis. Damit wird der gesetzliche Auftrag an den Betreiber, die Autobahn jederzeit benutzbar zu halten, in Wert gesetzt. Die Methode der Risikobestimmung für die Autobahn ist in Utelli *et al.* (2012) ausführlich beschrieben.

## **DAS SCHUTZPROJEKT**

Das Ziel des Projektes ist es, die Gefährdung und damit auch das Risiko durch Überflutung und Übersarung auf dem Schwemmkegel langfristig zu reduzieren. Mit den neuen Ausbaumaßnahmen wird die bestehende Gefährdung der Siedlung als auch der Autobahn vermindert. Das Projekt sieht Maßnahmen zum Rückhalt von Geschiebe am Kegelhals und Maßnahmen zur Verbesserung der Abfluss- und Geschiebetransportkapazität der Gerinne auf dem Schwemmkegel vor.

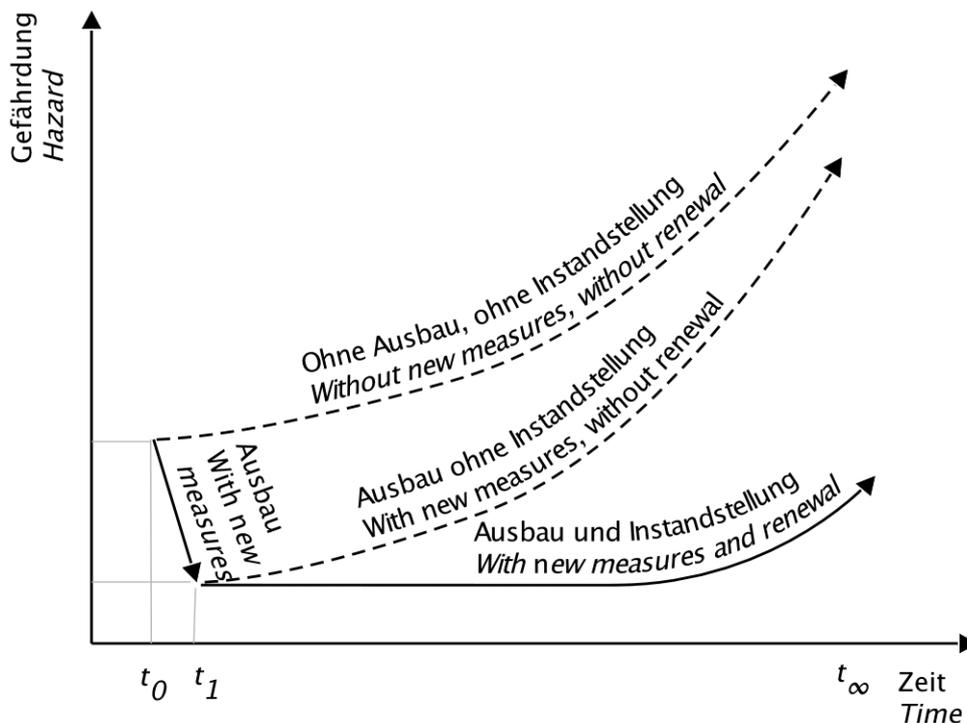
Am Kegelhals des Baches X. wird ein Geschiebesammler mit drei verschiedenen Rückhalteammern erstellt. In einer darauf folgenden scharfen Krümmung werden die Ufer erhöht und die Sohlensiche-

zung aus Blockriegeln ergänzt. Bei der Autobahn wird durch eine Geländeanpassung verhindert, dass oberhalb ausgetretenes Wasser auf die Autobahn fließt und unkontrolliert ins Siedlungsgebiet geleitet wird. Das Wasser wird stattdessen unter dem Autobahndamm durchgeleitet. Im Siedlungsgebiet wird das Gerinne teilweise ausgebaut und Brückendurchlässe vergrößert, so dass der Bach im Dorfbereich nicht mehr über die Ufer tritt.

Beim Bach Y. werden die Abflusskapazität des Einlaufes oberhalb der Autobahn vergrößert. Damit kann die Seebildung verringert und eine daraus folgende Entlastung auf die Autobahn verhindert werden.

Die Sperrenverbauungen im oberen Einzugsgebiet der Bäche haben ihre Lebensdauer teilweise erreicht oder sie wird in absehbarer Zeit ablaufen. Es ist notwendig, die Schutzbauten zu sanieren, um die Gerinne weiterhin zu stabilisieren und die Geschiebemobilisierung gegenüber heute nicht zu erhöhen. Das Projekt sieht deshalb neben neu zu erstellenden Hochwasserschutzmassnahmen auch Maßnahmen zur Instandstellung bestehender Sperrenbauwerke vor. Die Sperren sollen im Rahmen eines mehrjährigen Programmes sukzessive erneuert werden.

Mit den Instandstellungsmaßnahmen im oberen Einzugsgebiet wird die bestehende bzw. die neue, verminderte Gefährdungssituation längerfristig erhalten. Ohne diese Maßnahmen würde sich die Gefährdung auf dem Schwemmkegel sowohl für die Siedlung als auch für die Autobahn im Laufe der Zeit wieder erhöhen (Fig. 2).



**Fig. 2** Entwicklung der Gefährdung mit der Zeit mit und ohne Ausbau bzw. Instandstellungsmaßnahmen.

**Fig. 2** Development of the hazard over the years with and without new protective measures or the renewal of existing structures.

Die Gesamtkosten des Projektes belaufen sich auf 31.3 Mio. Fr. Davon entfallen 8.5 Mio. Fr. auf neue Schutzbauten und 22.8 Mio. Fr. auf die Instandstellung bestehender Schutzbauten.

## GEFAHR UND RISIKO NACH MASSNAHMEN

Die Hochwasserschutzmassnahmen an den beiden Wildbächen vermindern die Gefährdung durch Überflutung und Übersarung des Dorfes und der Autobahn. Geschiebe und Schwemmholz wird mehrheitlich am Kegelhalbs des Schwemmkegels zurückgehalten. Mit den Maßnahmen bei der Autobahn wird verhindert, dass bei Hochwasserereignissen mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren Wasser auf die Autobahn gelangt und über die Fahrspuren in das Siedlungsgebiet fließt. Die Autobahn ist bei

solchen Ereignissen nicht mehr gefährdet. Die Gefährdung des Dorfes beschränkt sich auf wenige lokale Überflutungen. Bei seltenen Ereignissen mit einer Wiederkehrdauer von mehr als 100 Jahren wird das System überlastet und es muss wiederum mit großflächigen Überflutungen des Schwemmkegels gerechnet werden, von denen sowohl die Autobahn als auch das Siedlungsgebiet betroffen sind. Das Gesamtrisiko auf dem Schwemmkegel nimmt ab (Tab. 1). Das Risiko für die Gemeinde A. beträgt nach den Maßnahmen jährlich noch rund 74'000 Fr. Die Autobahn trägt ein Risiko von rund 11'000 Fr./Jahr. Dieses wird durch potenzielle Überflutungen bei seltenen Ereignissen verursacht, welche die Bemessungsszenarien des Projektes übersteigen.

**Tab. 1** Risiko im Ist-Zustand und nach Maßnahmen sowie Anteile Risikoreduktion.

**Tab. 1** Current risk and risk after the implementation of measures, portion of risk reduction.

Teilgebiet / Area	Risiko Ist-Zustand <i>Flood risk pre project</i> [CHF/a]	Risiko nach Maßnahmen <i>Flood risk post project</i> [CHF/a]	Risikoreduktion <i>Risk reduction</i> [CHF/a]	Anteil Risikoreduktion <i>Portion of risk reduction</i>
Siedlung / Settlement	295'850	73'650	222'200	82 %
Autobahn / Motorway	60'590	11'240	49'350	18 %
Total	356'550	84'890	271'550	100 %

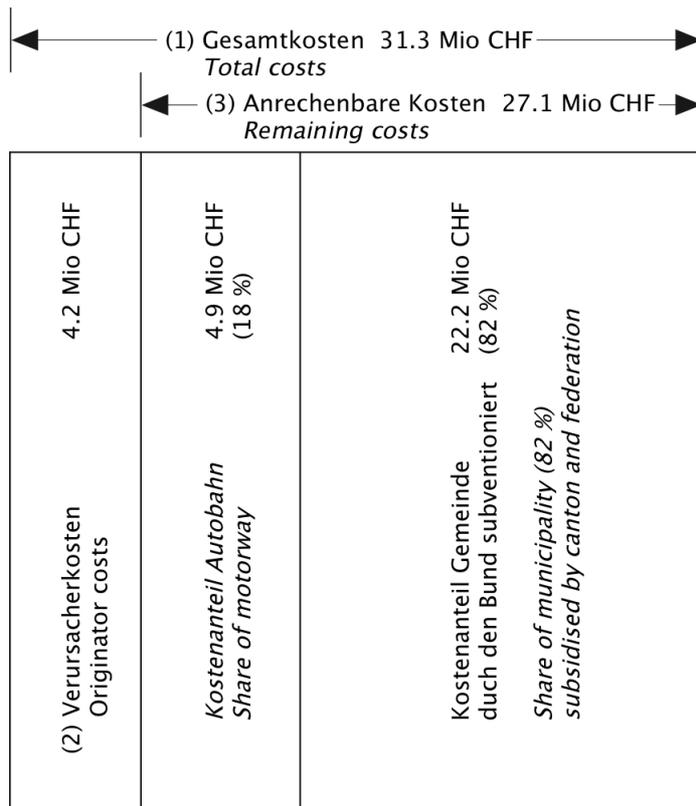
### KOSTENTEILERMODELL

Das Kostenteilermodell, welches für die Schutzbauten in der Gemeinde A. entwickelt wurde, stützt sich auf die folgenden Grundsätze ab:

- Die Kosten werden nach Maßgabe des Nutzens, welche die einzelnen Kostenträger an den Maßnahmen haben, abgegrenzt.
- Als Nutzen wird die Minderung von Hochwasserrisiken für das Siedlungsgebiet und für die Autobahn betrachtet.
- Alle geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen werden als Gesamtpaket betrachtet und die Wirkung in ihrer Gesamtheit berücksichtigt (Solidaritätsprinzip).
- Eine Reduktion des von der Autobahn beeinflussten Risikos für das Siedlungsgebiet wird als Nutzen für den Betreiber der Autobahn betrachtet.

Basis des Kostenteilers bildet ein Modell nach Fig. 3, wie es bereits früher für die Finanzierung anderer Großprojekte erarbeitet worden ist. In einem ersten Schritt werden von den Gesamtkosten (1) die direkten Verursacherkosten (2) abgezogen, welche vollumfänglich vom Betreiber der Autobahn getragen werden. Das sind die Kosten, die aufgewendet werden müssten, um das Risiko, welches die Autobahn durch die Beeinflussung der Fliesswege im Siedlungsgebiet verursacht, zu beseitigen. Der entsprechende Risikoanteil lässt sich nur mit einer erheblichen Unschärfe bestimmen, weshalb an Stelle der Verursacherkosten eine Ersatzgröße bestimmt wurde. Es sind dies die Kosten welche aufgewendet werden müssten, um den Einfluss der Autobahn auf die Gefahrensituation zu eliminieren. Dies sind im konkreten Fall die Kosten für einen hypothetischen Durchlass beim Bach Y, welcher im heutigen Zustand oberhalb der Autobahn eingedolt wird und die Kosten für die vorgesehene Dammschüttung beim Bach X. Mit dem hypothetischen Durchlass sollte Wasser und Geschiebe im heutigen Zustand ohne Rückstau und Ablagerung abfließen können.

Die verbleibenden Kosten (3) werden nach Anteilen der Wirkung der Maßnahmen in Bezug auf die Risikoreduktion auf die beiden Kostenträger Autobahn und Gemeinde verteilt (Fig. 3).



**Fig. 3** Kostenteilermodell des Eidgenössischen Departementes für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK.

**Fig. 3** Cost sharing modell of the Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications DETEC.

Die Aufteilung der Kosten gilt für das gesamte Projekt, also sowohl für die Instandstellungsmaßnahmen als auch für die neuen Hochwasserschutzmassnahmen. Für die Kosten der Instandstellungsmaßnahmen wäre auch eine Aufteilung im Verhältnis zur verhinderten Risikovermehrung vom Ist-Zustand zum Zustand ohne Ausbau und ohne Instandstellung denkbar (vgl. Fig. 2). Die Unsicherheiten in der Bestimmung der Szenarien für diesen Zustand und in der damit verbundenen Risikoberechnung sind jedoch sehr groß. Deshalb wird im vorliegenden Fall darauf verzichtet.

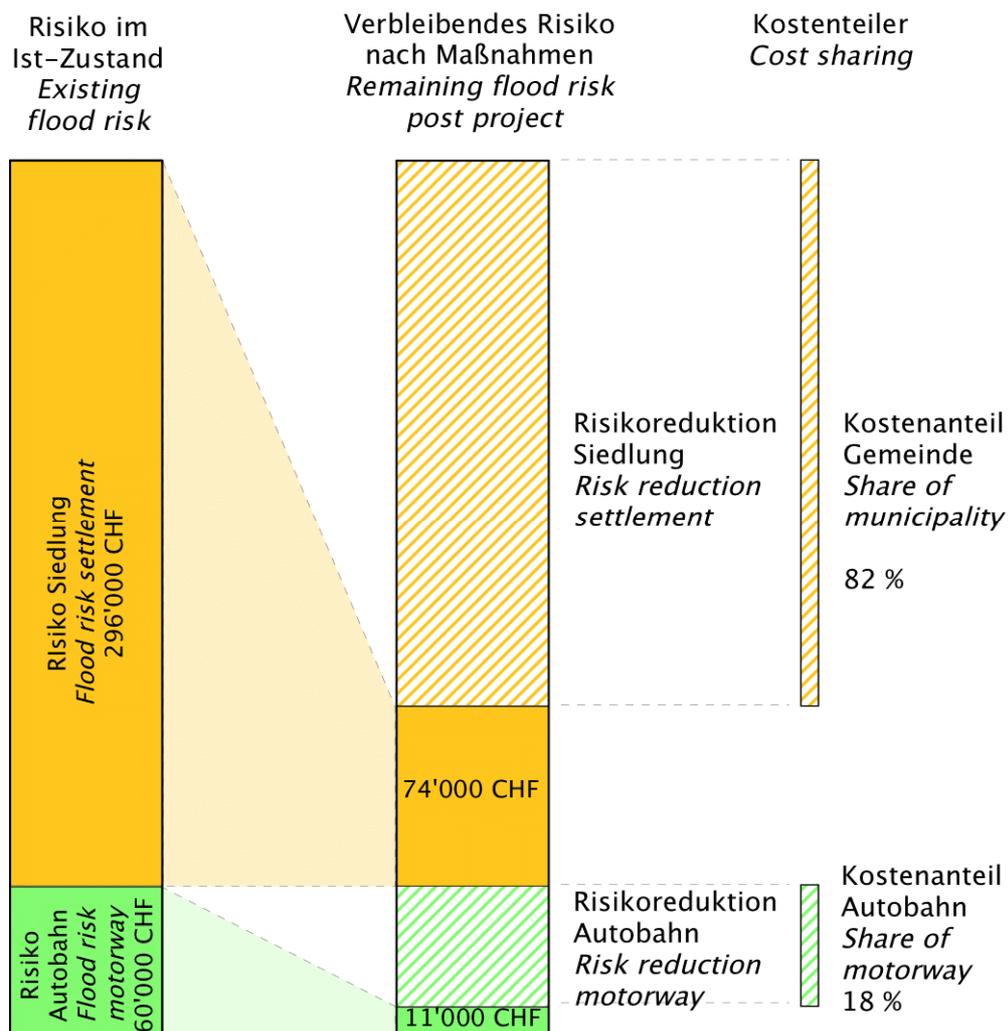
## RISIKOMINDERUNG UND KOSTENTEILER

### *Direkte Verursacherkosten*

Die direkten Verursacherkosten für einen hypothetischen Durchlass beim Bach Y. wurden zu 4'000'000 Fr. abgeschätzt. Dazu kommen die Kosten für eine Dammschüttung beim Bach X. von 230'000 Fr., welche verhindert, dass Wasser auf die Autobahn fließt und sich großräumig im Siedlungsgebiet verbreitet. Mit diesen beiden Maßnahmen wird der Einfluss der Autobahn eliminiert. Die gesamten direkten Verursacherkosten betragen 4'230'000 Fr. und gehen voll zu Lasten der Autobahn.

### *Interessenbeitrag gemäß Anteil Risikoreduktion*

Die nach Abzug der direkten Verursacherkosten verbleibenden Investitionskosten werden anhand des Nutzens der jeweiligen Interessengruppen aufgeteilt. Die Gesamtrisiken können mit den Maßnahmen von 361'000 Fr./Jahr auf 85'000 Fr./Jahr reduziert werden. Der größte Teil der Risikoreduktion kann für das Siedlungsgebiet erzielt werden. Das Risiko für Überflutungen im Dorf A. kann um jährlich rund 226'000 Fr. auf verbleibende 74'000 Fr./Jahr reduziert werden. Dies sind 82 % der gesamten Risikoreduktion. Das Risiko der Autobahn kann durch das Projekt um 49'000 Fr./Jahr reduziert werden. Die Risikoverteilung auf die beiden Interessenträger ist in der Tab. 1 zusammengefasst. Die Anteile an der Gesamtrisikoreduktion bestimmen die Anteile an den Kosten des Projektes. Die Kostenanteile der jeweiligen Nutznießer am Gesamtprojekt sind in der Tab. 2 zusammengefasst.



**Fig. 4** Kostenteiler zwischen Gemeinde und Autobahn gestützt auf die Anteile der Risikoreduktion.

**Fig. 4** Cost share between municipality and motorway based on risk reduction portions.

**Tab. 2** Aufteilung der Gesamtkosten zwischen der Gemeinde und dem Betreiber der Autobahn.

**Tab. 2** Share of costs between the municipality and the motorway administration.

	Total	Beitrag Autobahn Share of motorway		Beitrag Gemeinde Share of municipality	
	[CHF]	[%]	[CHF]	[%]	[CHF]
Verursacherkosten Originator costs	4.23 Mio	100	4.23 Mio	0	0
Anrechenbare Kosten Chargeable costs	27.07 Mio	18	4.87 Mio	82	22.20 Mio
Total	31.30 Mio		9.10 Mio		22.20 Mio

## **SCHLUSSFOLGERUNG**

Der Kostenteiler für das Hochwasserschutzprojekt im Dorf A. zeigt, dass die neuen Instrumente zur Bestimmung der Risikominderung und damit der Wirksamkeit von Schutzprojekten ein Hilfsmittel darstellen, um für ein Schutzprojekt einen Kostenteiler zu erarbeiten. Bei der Anwendung dieser Methoden ist unabdingbar, dass sich die beteiligten Akteure vorgängig auf eine gemeinsame Abgrenzung des betrachteten Systems einigen und die folgenden Fragen beantwortet haben:

- Welches sind die zu berücksichtigenden Gefahrenszenarien?
- Welche Risiken (direkte, indirekte) sollen berücksichtigt werden?
- Welches ist der zu betrachtende Ausgangszustand für die Ermittlung der Risikoreduktion?
- Auf welche Maßnahmen soll der Kostenteiler angewandt werden?

Die Reduktion direkter und indirekter volkswirtschaftlicher Risiken ist ein möglicher Nutzen eines Projektes. Andere Arten des Nutzens, z. B. die Erhaltung von Naturwerten, neu geschaffene Möglichkeiten der Landnutzung etc. können ebenfalls von Bedeutung sein. Zudem ist die Bestimmung des Risikos mit Unschärfen verbunden, denn sowohl die Gefahrenanalyse als auch die Erhebung potenzieller Schäden sind mit Fehlern behaftet. Die Ergebnisse der Risikoberechnung können daher als Grundlage für einen Kostenteiler dienen. In der Praxis wird die Kostenbeteiligung unterschiedlicher Akteure an einem Schutzprojekt aber politisch verhandelt werden müssen.

## **REFERENZEN**

- Bründl M. (Hrsg.) (2009). Risikokzept für Naturgefahren - Leitfaden. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern. 420 S.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (2010). EconoMe 2.0. Online-Berechnungsprogramm zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) (2008). Handbuch NFA im Umweltbereich. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Umwelt-Vollzug Nr. 0808. Bundesamt für Umwelt, Bern. 283 S.
- PLANAT (2007). Jährliche Aufwendungen für den Schutz vor Naturgefahren in der Schweiz. Nationale Plattform Naturgefahren Schweiz, Bern.
- Utelli H.-H., Arnold Ph., Hunzinger L., Gruner U., Kipfer, A., Perren B., Cajos J. (2012). Management von Gravitativen Naturgefahren auf Nationalstrassen. Methodik Risikokzept und dessen Anwendung. 12th Congress Interpraevent 2012. Grenoble.