

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 162 (2011)
Heft: 12

Artikel: Entscheidungskriterien im Umgang mit Naturgefahren (Essay)
Autor: Rheinberger, Christoph M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097746>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entscheidungskriterien im Umgang mit Naturgefahren (Essay)

Christoph M. Rheinberger Toulouse School of Economics, LERNA-INRA (FR)*

Decision criteria for the management of natural hazards (essay)

Protection against natural hazards is of great relevance to the Swiss people. In recent years a number of tools have been developed to foster cost awareness and efficiency in the mitigation of natural hazards. Since the beginning of 2008, the calculation program EconoMe is used nationwide to evaluate new mitigation projects that exceed investment costs of one million CHF. EconoMe relies on two decision criteria; the maximum acceptable risk threshold (personal safety goal) and the benefit-cost ratio of the mitigation project. From an economics perspective one may ask whether the use of these criteria leads to an efficient allocation of resources. In this article I will scrutinize the criteria used in EconoMe. I will first show that the benefits from a mitigation project are not simply equal to the expected reduction in losses. The utility calculus propagated by welfare economists is but one possible decision criterion to evaluate risks from natural hazards. In the second part of the article I will discuss alternative decision criteria for natural hazard management and outline the consequences resulting from the use of these criteria. The article will conclude with some suggestions on how EconoMe could be further improved. In particular, I suggest the use of a more customized incremental cost criterion, the equal discounting of costs and benefits, and the use of the net benefit (instead of the benefit-cost ratio) as decision criterion.

Keywords: natural hazard management, decision criteria, efficient allocation of resources, EconoMe, Switzerland

doi: 10.3188/szf.2011.0432

* 21, Allée de Brienne, FR-31000 Toulouse, E-Mail crheinbe@univ-tlse1.fr

Der Schutz vor Naturgefahren ist in der Schweiz von grosser gesellschaftlicher Bedeutung. Hochwasser, Lawinen und andere Massenbewegungen verursachen immer wieder grosse Schäden (Hilker et al 2009). Um die Bevölkerung vor den Folgen solcher Ereignisse bestmöglich zu schützen, braucht es ein Naturgefahrenmanagement, das mit den zur Verfügung stehenden Mitteln ein grösstmögliches Mass an Sicherheit gewährleistet. Im Rahmen der Strategie Naturgefahren Schweiz (Planat 2005) wurden in den letzten Jahren praktische Werkzeuge für die Planung von Schutzmassnahmen (weiter)entwickelt, die das Streben nach einem verbesserten Kostenbewusstsein in der Naturgefahrenabwehr unterstützen sollen (Bründl 2009, Bründl et al 2009, Greminger et al 2009).

Der Bund hat im Zuge der Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen (NFA) beschlossen, den Einsatz eines dieser Werkzeuge für behördenverbindlich zu erklären. Seit Anfang 2008 wird schweizweit das Kalkulationsprogramm EconoMe zur Beurteilung von Naturgefahrenprojekten mit einer Investitionssum-

me von mehr als einer Million Schweizer Franken verwendet.¹ Als Entscheidungskriterien dienen in EconoMe ein festgelegtes Höchststrisiko für betroffene Personen (individuelles Schutzziel) sowie das Nutzen-Kosten-Verhältnis der vorgesehenen Schutzmassnahmen. Um die Nutzen und Kosten von Schutzmassnahmen in der gleichen Einheit messen zu können, wird der erwartete Nutzen – sprich die Schutzleistung – durch einen bestimmten Geldwert pro Einheit Risikoverminderung ausgedrückt (kollektives Schutzziel). Zusammengenommen bewerten diese Kriterien also einerseits die Wirksamkeit und andererseits die Wirtschaftlichkeit eines Schutzprojekts mit dem Ziel, die Mittelverwendung des Bundes in der Naturgefahrenabwehr zu optimieren.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht stellt sich die Frage, ob die Anwendung dieser Entscheidungskriterien zu einer effizienten Allokation, d.h. zu einer optimalen Nutzung der vorhandenen Mittel führt. Im vorliegenden Beitrag gehe ich dieser Frage nach. Dazu betrachte ich die von EconoMe verwendeten

¹ www.econome.admin.ch (20.9.2011)



Abb 1 Schutz kann auf unterschiedliche Weise angeboten werden. Im Bild eine Wildbachverbauung mit Betonsperren. Foto: Dieter Rickenmann

Kriterien eingehend und analysiere, wieso sie dem wohlfahrtsökonomischen Prinzip der allokativen Effizienz nur bedingt genügen. Insbesondere zeige ich, dass der Nutzen nicht einfach mit der erwarteten Schadenverhinderung gleichzusetzen ist. Das wohlfahrtsökonomische Nutzenkalkül ist das weitverbreitetste Kriterium, um Risiken durch Naturgefahren zu bewerten. Im zweiten Teil des Beitrags gehe ich auf zwei alternative Kriterien zur Entscheidungsfindung im Umgang mit Naturgefahren ein und zeige auf, welche Konsequenzen sich aus der Anwendung dieser Kriterien für das Naturgefahrenmanagement ergeben würden.

Vorausschickend halte ich fest, dass dieser Aufsatz den von der Nationalen Plattform Naturgefahren (Planat) initiierten Wandel hin zu einem kostenbewussten Umgang mit Naturgefahren nicht infrage stellt. Vielmehr möchte ich zeigen, dass aus Sicht der Wohlfahrtsökonomie einige Entscheidungskriterien zur Erreichung eines einheitlichen, effizienten und wirksamen Naturgefahrenmanagements besser geeignet sind als andere.

Die beste aller Welten – Kosten und Nutzen in der Theorie

Ausgangspunkt für die folgende Diskussion über die Mittelverwendung im Naturgefahrenmanagement ist der von der Planat postulierte Paradigmenwandel – wir wollen weg von der reinen Gefahrenabwehr hin zu einer Risikokultur. Zwei Fragen stehen im Zentrum einer solchen Risikokultur: 1) Wie sicher ist sicher genug? Und 2): welcher Schutz zu welchem Preis? Antworten auf diese Fragen lassen Schlüsse

über den gesellschaftlichen Umgang mit Risiken zu. Aus der ersten Frage wird ersichtlich, dass manche Risiken aus Sicht der Bevölkerung zu gross sind, um einfach akzeptiert zu werden. Die Bevölkerung hat ein Bedürfnis nach Sicherheit und verlangt daher ein bestimmtes Mass an Schutz. Die zweite Frage impliziert, dass die Bevölkerung nicht gewillt ist, unbeschränkt viel für die Reduktion eines bestimmten Risikos auszugeben. Deshalb müssen Kosten und Nutzen von Schutzmassnahmen gegeneinander abgewogen werden.

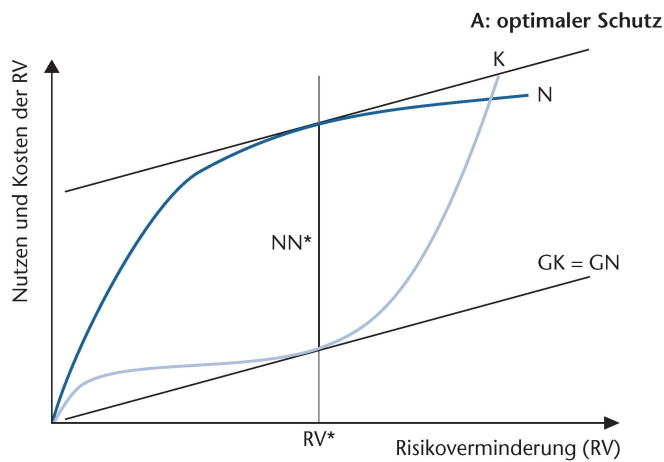
Für das Abwägen von Kosten und Nutzen stehen unterschiedliche Bewertungsverfahren zur Verfügung. Hier konzentriere ich mich auf die beiden bedeutendsten: die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) und die Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA). Trotz ihrer konzeptionellen Unterschiede werden diese beiden Verfahren häufig miteinander verwechselt und vermischt. Daher soll im Folgenden kurz auf die Hauptunterschiede eingegangen werden.²

Die KNA ist eine Methode, die ihre Wurzeln in der Wohlfahrtsökonomie hat (Frey & Kirchgässner 2002). Bei der Durchführung einer KNA werden sowohl die Kosten als auch der erwartete Nutzen in Geldeinheiten gemessen und auf einen gemeinsamen Zeitpunkt hin diskontiert, um so den Nettotonutzen eines Projektes zu ermitteln. Dieser Nettotonutzen ist definiert als die Differenz zwischen dem Gegenwartswert der Nutzenströme und dem Gegenwartswert der Kostenströme. Je grösser diese Differenz ist, desto grösser ist der Nettotonutzen eines Projektes. Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht ist ein Projekt dann effizient, wenn kein anderes Projekt einen grösseren Nettotonutzen verspricht (Abbildung 1).³ Alternativ kann das Nutzen-Kosten-Verhältnis eines Projekts betrachtet werden, das sich aus dem Quotienten des diskontierten Nutzens und der diskontierten Kosten ergibt.

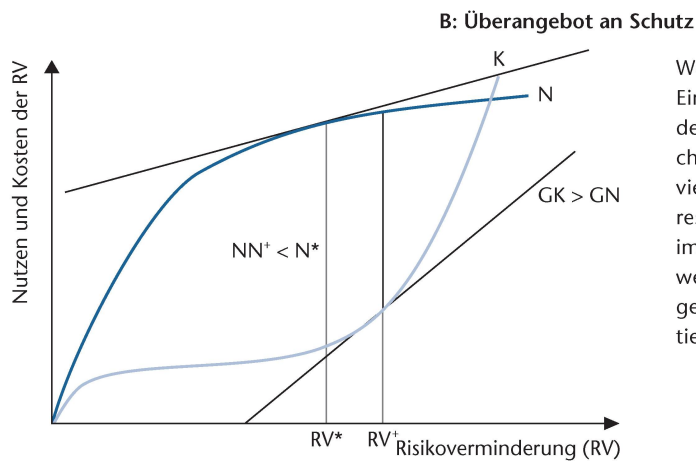
Vorsicht ist jedoch bei der Quantifizierung des Nutzens geboten. Der Schutz vor Naturgefahren ist in aller Regel ein öffentliches Gut, dessen Nutzen vom reduzierten Risiko für Leib und Leben herrührt. Da es für öffentliche Güter keine funktionierenden Märkte gibt, lässt sich der aus der verbesserten Sicherheit gewonnene Nutzen nicht einfach aus Marktprei-

² Für eine ausführliche Diskussion der konzeptionellen Unterschiede der KNA und der KWA im Hinblick auf die Bewertung von Naturgefahren sei auf Wilhelm (1997) verwiesen.

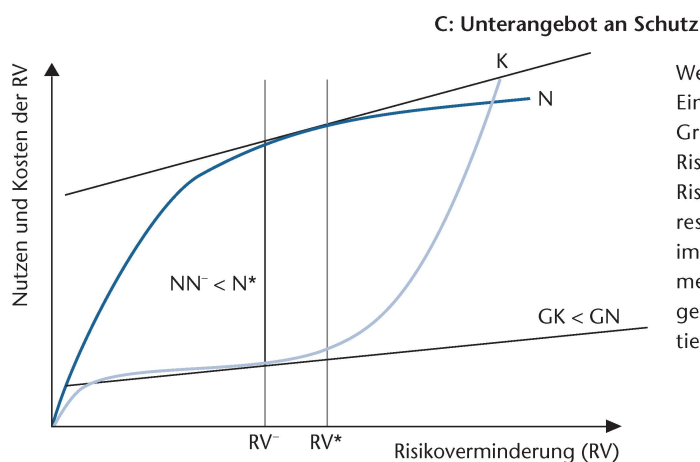
³ Das heisst nicht, dass ein effizientes Projekt für jeden Betroffenen einen Nettotonutzen generiert. Die Verteilungsgerechtigkeit gilt als ein Hauptkritikpunkt an der KNA. Um dem entgegenzutreten, wurden verschiedene Kompensationskriterien entwickelt, welche gesamtgesellschaftliche Wohlfahrtsänderungen bewerten, die für einzelne Individuen einen Verlust bedeuten. Das bekannteste dieser Kompensationskriterien (Kaldor-Hicks-Kriterium) besagt, dass ein Projekt dann als effizient gilt, wenn seine Nutzniesser die Geschädigten vollständig kompensieren könnten und immer noch einen Nettotonutzen aufweisen würden.



Im Optimum sind die Grenzkosten (GK) einer weiteren Einheit Risikoverminderung gerade gleich gross wie der Grenznutzen (GN), der aus dieser zusätzlichen Risikoverminderung entsteht. Es wird die optimale Menge Risikoverminderung (RV^*) angeboten. Dies resultiert im maximalen Nettonutzen (NN^*) und daher im optimalen Schutz.



Wenn die Grenzkosten (GK) einer weiteren Einheit Risikoverminderung grösser sind als der Grenznutzen (GN), der aus dieser zusätzlichen Risikoverminderung entsteht, wird zu viel Risikoverminderung angeboten (RV^+). Dies resultiert in einem geringeren Nettonutzen als im Wohlfahrts optimum ($NN^+ < NN^*$). Durch weniger Ausgaben für den Schutz vor Naturgefahren würde die Volkswohlfahrt also profitieren.



Wenn die Grenzkosten (GK) einer weiteren Einheit Risikoverminderung kleiner sind als der Grenznutzen (GN), der aus dieser zusätzlichen Risikoverminderung entsteht, wird zu wenig Risikoverminderung angeboten (RV^-). Dies resultiert in einem geringeren Nettonutzen als im Wohlfahrts optimum ($NN^- < NN^*$). Durch mehr Ausgaben für den Schutz vor Naturgefahren würde die Volkswohlfahrt also profitieren.

Abb 2 Grafische Darstellung des Unterschieds zwischen dem Nettonutzen- und dem Grenzkostenkriterium (in Anlehnung an Wilhelm 1997).

sen herleiten.⁴ Es sind daher Ansätze zur Erfassung von Präferenzen für Nicht-Markt-Güter entwickelt worden, welche auf dem Konzept der Zahlungsbereitschaft (ZB) basieren (Pommerehne 1987). Übertragen auf den Schutz vor Naturgefahren drückt die ZB aus, wie viel wir für eine bestimmte Risikoverminderung zu bezahlen bereit sind. Sie spiegelt also die Nachfrage nach Schutz wider und erlaubt es, die Risikoverminderung in Geldeinheiten auszudrücken.

Die Monetarisierung von Risiken für Leib und Leben ist nicht unbestritten. Kritiker führen häufig an, es sei unethisch, Menschenleben einen Geldwert

beizumessen (u.a. Ackerman & Heinzerling 2004). Das ist unbestritten so, aber darum geht es bei der monetären Bewertung von Gesundheitsrisiken nicht. Wie schon Wirtschaftsnobelpreisträger Thomas Schelling (1968) feststellte, geht es vielmehr darum, zu bezif-

⁴ Das Fehlen oder Versagen eines Marktes für ein öffentliches Gut lässt sich auf zwei Umstände zurückführen. Einerseits schränkt der Konsum eines öffentlichen Gutes durch eine Person den Konsum desselben Gutes durch eine andere Person nicht ein (Nichtrivalität). Andererseits gibt es keine Möglichkeit, jemanden am Konsum eines öffentlichen Gutes zu hindern (Nichtausschliessbarkeit).

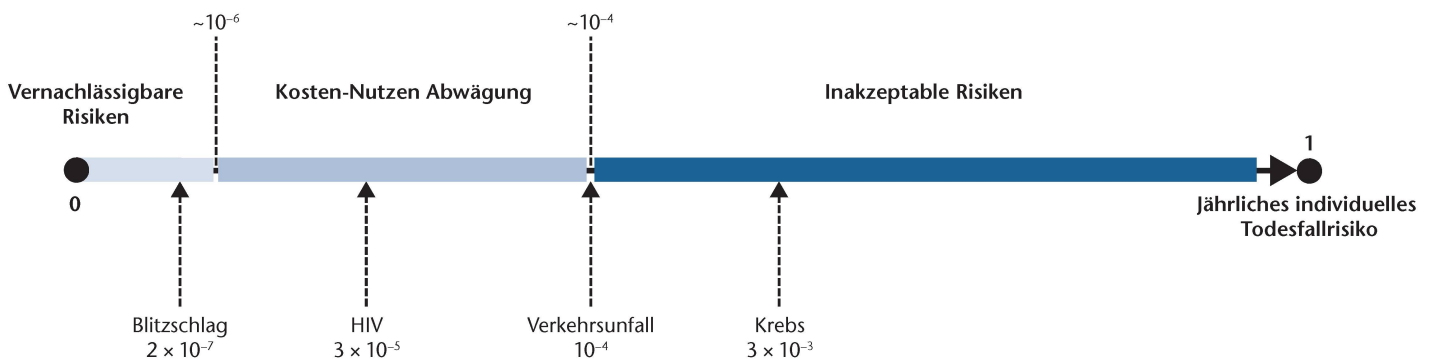


Abb 3 Risikostrahl nach Pate-Cornell (2002) mit Schweiz-spezifischen Angaben (Bründl 2009) zum Schutzziel für individuelle Todesrisiken (10^{-4}) sowie zum De-minimis-Schwellenwert (4×10^{-6}).

fern, wie viel der Allgemeinheit eine kleine Reduktion des Risikos für jeden Einzelnen wert ist. Dies sei im Folgenden an einem einfachen Beispiel illustriert.

In einer Gemeinde mit 10000 Einwohnern soll eine Strasse gegen Steinschlag gesichert werden, auf der es in den letzten 20 Jahren zu einem Unfall mit zwei Todesopfern kam (das individuelle Todesrisiko eines jeden Einwohners liegt also bei 1:100000 pro Jahr). Um die Strassensicherung zu finanzieren, schlägt der Gemeinderat eine permanente Steuererhöhung um 50 CHF vor. Dieser Vorschlag wird in einer Abstimmung von den Einwohnern gutgeheissen. Daraus lässt sich auf eine marginale ZB (oder auf einen Grenznutzen) von 5 Millionen CHF pro verhinderten Todesfall schliessen.⁵

Eine Alternative zur Monetarisierung des Risikos bietet die Methodik der KWA. Im Gegensatz zur KNA werden hier die diskontierten Kosten eines Projektes direkt der zu erwartenden Risikoverminderung gegenübergestellt. Das Ergebnis ist ein Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis, das ausdrückt, wie viel im Rahmen eines bestimmten Projekts für eine marginale Risikoverminderung aufzuwenden ist. Aus theoretischer Perspektive schaut sich die KWA also nur die kosteneffiziente Bereitstellung von Schutzmassnahmen (die Angebotsseite) an, vernachlässigt aber das Schutzbedürfnis der betroffenen Bevölkerung (die Nachfrageseite). Damit trotzdem beurteilt werden kann, ob ein Projekt positive Wohlfahrtswirkung hat, muss ein Grenzkostenwert festgelegt werden, der das maximal zulässige Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis umschreibt.

Im Wohlfahrtsoptimum stimmen die Grenzkosten exakt mit dem Grenznutzen der Schutzmassnahmen überein und drücken daher aus, wie viel die Gesellschaft maximal zur Produktion einer weiteren Einheit Risikoverminderung auszugeben bereit ist (Abbildung 2). In diesem und nur in diesem Fall stimmen KWA und KNA vollständig überein (Abbildung 2 A). Da der Grenznutzen der Risikoverminderung aber keine Naturgrösse ist, sondern von verschiedenen Faktoren abhängt (Rheinberger 2009), bietet die KWA aus theoretischer Sicht kein optimales Entscheidungskriterium. Wenn nämlich die Grenzkos-

ten höher (Abbildung 2 B) oder tiefer (Abbildung 2 C) angesetzt werden als der Grenznutzen, resultiert daraus ein Über- respektive ein Unterangebot an Schutz. Oder einfacher gesagt: Es wird entweder zu viel oder zu wenig in Schutzmassnahmen investiert. Häufig wird argumentiert, dass die theoretischen Unterschiede zwischen KNA und KWA vernachlässigbar seien, wenn «nur» eine beschränkte Anzahl von alternativen Naturgefahrenprojekten verglichen werden soll. Diesen Standpunkt möchte ich im folgenden Kapitel anhand einiger Beispiele infrage stellen.

Die Wirklichkeit – Kosten und Nutzen in der Praxis

Die Abwägung von Kosten, Nutzen und Risiken wird in der Praxis häufig in einem zweistufigen Prozess durchgeführt. In Abbildung 3 wird dieses Bewertungsverfahren am Beispiel von individuellen Todesrisiken grafisch dargestellt.⁶ Auf der abgebildeten Risikoachse sind verschiedene Todesfallrisiken und ihre statistische Häufigkeit in der Schweiz abgetragen. Ausserdem markiert sind das Schutzziel für individuelle Risiken (Planat 2005) und ein Schwellenwert, unterhalb dessen Risiken als vernachlässigbar klein gelten.⁷

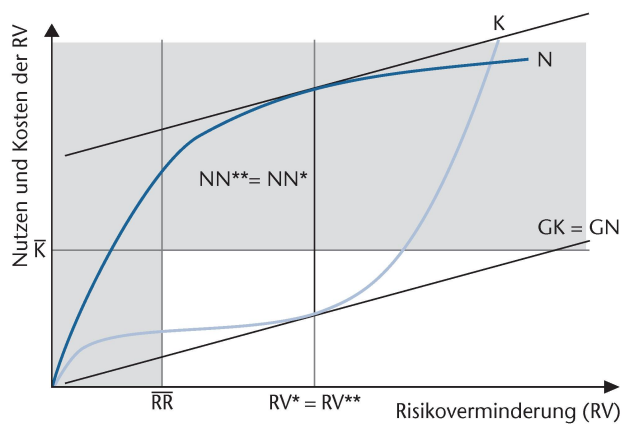
In einem ersten Schritt wird geprüft, ob ein bestimmtes Risiko das vorgegebene Schutzziel ver-

5 Die ZB berechnet sich wie folgt: $(50 \text{ CHF}) / ((\frac{2 \text{ Tote}}{20 \text{ Einwohner}})) = 5 \text{ Mio. CHF/verhinderten Todesfall}$. Auf keinen Fall sollte daraus jedoch geschlossen werden, dass das Leben von Herrn Müller oder Frau Meier 5 Mio. CHF wert sei. Die ZB besagt lediglich, dass der Mehrheit der Einwohner eine kleine Reduktion des Steinschlagrisikos mindestens 50 CHF wert ist. Aufsummiert ergibt sich ein gesellschaftlicher Wert der Risikoverminderung, der bei der Projektbewertung als Nutzen des Projekts den Kosten für die Sicherungsmassnahmen gegenübergestellt werden kann.

6 Ein individuelles Todesrisiko sei hier definiert als die statistische Wahrscheinlichkeit eines Individuums, innerhalb eines Jahres durch einen spezifischen Grund zu sterben.

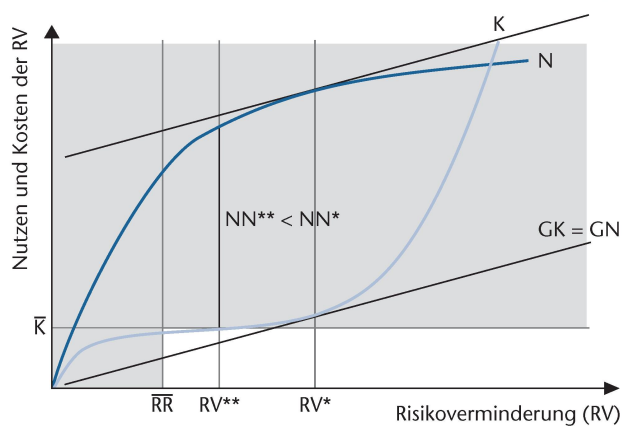
7 Häufig wird als Schwellenwert ein individuelles Todesfallrisiko von 10^{-6} angenommen (vgl. Pate-Cornell 2002). Historisch lässt sich diese De-minimis-Schwelle auf den lateinischen Rechtsgrundsatz *Lex non curat de minimis* (das Gesetz kümmert sich nicht um Einzelfälle) zurückführen.

A: Schutz bei Nebenbedingungen



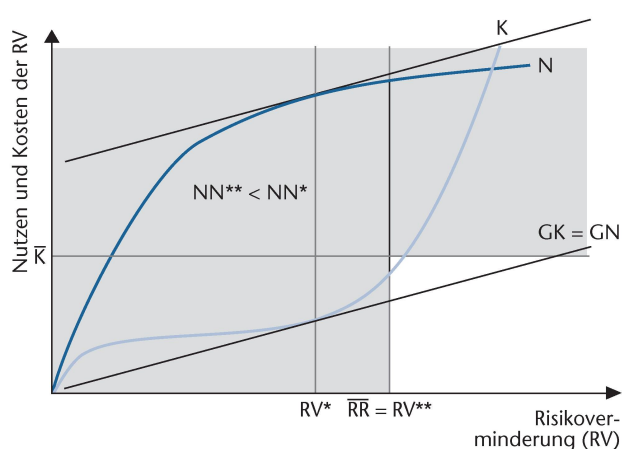
Bei der Bewertung von Schutzprojekten können weitere Nebenbedingungen bindend sein. Relevant sind hier das zur Verfügung stehende Budget mit der Kapitalgrenze \bar{K} sowie das von EconoMe verwendete Schutzziel, welches ein maximal zulässiges Restrisiko (\bar{R}) definiert. Durch diese Nebenbedingungen sind nur noch diejenigen Bereiche auf der Kostenfunktionskurve zulässig, die nicht grau hinterlegt sind. Im Optimum sind die Nebenbedingungen nicht bindend, d.h., es ist möglich, die optimale Menge Risikoverminderung (RV^*) anzubieten.

B: Schutz unter Budgetknappheit



Unter Budgetknappheit ist die Kapitalgrenze \bar{K} bindend. Im Second-Best resultiert ein Unterangebot an Risikoverminderung ($RV^{**} < RV^*$), was wiederum zu einem geringeren Nettonutzen als im Wohlfahrtsoptimum ($NN^{**} < NN^*$) führt.

C: Schutz unter restriktivem Schutzziel



Unter einem restriktivem Schutzziel ist das Restrisiko (\bar{R}) bindend. Im Second-Best resultiert ein Überangebot an Risikoverminderung ($RV^{**} > RV^*$), was wiederum zu einem geringeren Nettonutzen als im Wohlfahrtsoptimum ($NN^{**} < NN^*$) führt.

Abb 4 Grafische Darstellung der Auswirkung von (bindenden) Nebenbedingungen auf die Menge an angebotenen Schutz.

letzt. Risiken, die das Schutzziel verletzen, sind per Definition inakzeptabel und sollen mit möglichst geringem Mittelaufwand auf ein akzeptierbares Mass reduziert werden. Risiken, welche das vorgegebene Schutzziel einhalten, lassen sich in zwei Kategorien unterteilen. Risiken, die kleiner als der Schwellenwert sind, werden ignoriert. Risiken im Bereich zwischen dem Schwellenwert und dem Schutzziel sollen reduziert werden, wenn die dafür nötigen Kosten geringer sind als der zu erwartende Nutzen.

EconoMe zieht also zwei Entscheidungskriterien für die Beurteilung von Naturgefahrenpro-

jekten heran: 1) das individuelle Schutzziel zur Bewertung individueller Risiken und 2) das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) zur Bewertung kollektiver Risiken. Die beiden Entscheidungskriterien stellen zusätzliche Bedingungen an ein zu bewertendes Schutzprojekt. Das erste Kriterium verlangt, dass das Restrisiko nach Implementierung des Projekts möglichst klein ist, aber auf jeden Fall unter dem festgelegten Schutzziel für betroffene Personen liegt; das zweite, in der Praxis häufig relevantere Kriterium verlangt, dass mit einem beschränkten Budget eine grösstmögliche Risikoverminderung erreicht wird.



Abb 5 Holzsperrn sind eine andere Variante im Wildbachverbau. Foto: Christian Rickli

Im Vergleich zum theoretischen Modell in Abbildung 2 müssten bei der Bewertung von Schutzprojekten beide Nebenbedingungen beachtet werden.

Dies führt dann zu einem Wohlfahrtsverlust, wenn mindestens eine der beiden Nebenbedingungen bindend ist. Abbildung 4 erklärt, unter welchen Umständen Nebenbedingungen bindend werden. In der Abbildung sind diejenigen Bereiche der Kostenfunktion grau hinterlegt, die aufgrund der Nebenbedingungen nicht mehr in Betracht fallen – entweder weil das Projekt mehr kosten würde, als das Budget erlaubt, oder weil das Projekt das individuelle Schutzziel nicht einhält. In Abbildung 4 A sind die beiden Nebenbedingungen nicht bindend, d.h., die optimale Risikoverminderung kann weiterhin angeboten werden. Abbildung 4 B zeigt eine Situation, in der das Budget zu tief ist, um die optimale Risikoverminderung anbieten zu können. Die unter dem Budgetzwang grösstmögliche Risikoverminderung ist kleiner als die nachgefragte Schutzleistung; es entsteht ein Unterangebot an Schutz und damit ein Wohlfahrtsverlust. Abbildung 4 C zeigt eine Situation, in der das individuelle Schutzziel bei einer optimalen Risikoverminderung nicht eingehalten wird. Die kleinstmögliche Risikoverminderung, die das Schutzziel einhält, ist grösser als die nachgefragte Schutzleistung; es entsteht ein Überangebot an Schutz und wiederum ein Wohlfahrtsverlust.

In der Praxis müssen Naturgefahrenverantwortliche oft unter Budgetknappheit einen nachvollziehbaren Entscheid für oder gegen ein Projekt treffen. Gerade dabei soll EconoMe helfen. Das Vorgehen bei der Projektbewertung in EconoMe soll im Folgenden an einem einfachen Beispiel erläutert werden. Nehmen wir an, es ständen zwei Projekte (A und B; Abbildungen 1 und 5) für eine Wildbachverbauung

zur Disposition. Zuerst wird geprüft, ob beide Projekte das Schutzziel für das individuelle Risiko einhalten. Ist dies der Fall, wird das NKV betrachtet. Ist dies nicht der Fall, sollten zusätzliche Massnahmen geprüft werden. Bei einem NKV grösser als eins gilt ein Projekt als kostenwirksam und somit grundsätzlich als Nutzen stiftend. Erfüllen beide Projekte das individuelle Schutzziel, gibt das grössere NKV den Ausschlag dafür, welches Projekt zu bevorzugen ist.

Um das NKV zu berechnen, werden die Kosten für den Bau und Unterhalt jedes Projekts wie in der KNA auf den Gegenwartswert hin diskontiert. Der Projektnutzen wird berechnet als das Produkt aus verhindertem Risiko und den Grenzkosten pro verhindertem Todesfall. D.h., der Nutzen eines Schutzprojekts wird in EconoMe monetarisiert, aber nicht diskontiert. Im Grunde genommen verwendet EconoMe also eine Variante der KWA, in welcher die Risikoverminderung mit einem konstanten Geldwert von 5 Mio. CHF multipliziert wird. Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht ist dieses NKV kein optimales Entscheidungskriterium. Das folgende Beispiel illustriert, wieso der Nettonutzen (NN), den man erhält, wenn man die Kosten (K) eines Projektes vom erwarteten Nutzen (N) abzieht ($NN = N - K$), das bessere Entscheidungskriterium ist.

Nehmen wir für unser Wildbach-Beispiel an, Projekt A koste jährlich 5 Einheiten und nutze 15 Einheiten ($NKV_A = 3$; $NN_A = 10$), Projekt B hingegen koste jährlich 15 und nutze 30 Einheiten ($NKV_B = 2$; $NN_B = 15$). Basierend auf dem NKV-Kriterium ist Projekt A zu bevorzugen ($NKV_A > NKV_B$), obwohl Projekt B einen Mehrnutzen von 5 Einheiten pro Jahr aufweist ($NN_A < NN_B$). Wie sieht es mit der absoluten Risikoverminderung (RV) aus, welche die beiden Projekte bewirken? Da der Nutzen eines Verbauungsprojektes fast ausschliesslich im verminderten Risiko liegt ($N \approx ZB \times RV$), würde nach diesem Kriterium Projekt B vorgezogen ($RV_B > RV_A$). Wieder entsteht ein Widerspruch zum NKV-Kriterium. Mit einem einfachen Gedankenexperiment lässt sich zeigen, dass dieser Widerspruch auch unter Annahme des NN-Kriteriums auftreten kann.⁸ Grundsätzlich gilt es daher festzuhalten, dass Kosten-Nutzen-Überlegungen und das Bestreben nach grösstmöglicher Sicherheit häufig zu unterschiedlichen Entscheidungen führen. Oder anders gesagt, man kann nicht «den Fünfer» und «das Weggli» haben.

Die Langfristigkeit – Kosten und Nutzen über die Zeit

Im obigen Beispiel haben wir zeitliche Aspekte vernachlässigt. Diese spielen in der Naturgefahrenabwehr jedoch eine wichtige Rolle, weil in einem

⁸ Man denke an ein Projekt C ($K_C = 10$, $N_C = 26$, $NN_C = 16$, $NKV_C = 2.6$) und vergleiche dies mit Projekt B: $RV_B > RV_C$ aber $NN_B < NN_C$.

Schutzprojekt (relativ) viel Kapital gebunden wird. Geld, das zum Beispiel in eine Lawinenverbauung investiert wird, steht weder für andere Investitionen zur Verfügung, noch kann es auf dem Anlagemarkt eine Rendite erwirtschaften. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, werden im Bewertungsverfahren von EconoMe die Kosten eines Projekts abgezinst. Bei der Monetarisierung des Nutzens verzichtet EconoMe aus ethischen Gründen auf eine Diskontierung. Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht führt das unterschiedliche Behandeln von (zukünftigen) Kosten und Nutzen zu Verzerrungen bei der Projektbewertung.

Nehmen wir für das Wildbach-Beispiel an, dass Projekt A nächstes Jahr (d.h. zum Zeitpunkt $t = 1$) umgesetzt werden soll, und gehen wir davon aus, dass die im Projekt vorgesehenen Schutzmassnahmen eine Lebensdauer von $T = 20$ Jahren haben. Der Einfachheit halber ignorieren wir den Restwert des Projekts. Der Zinssatz sei wie in EconoMe angenommen $r = 2\%$. Das NKV zum Gegenwartswert (GW) des Projekts A ist definiert als:

$$GW(NKV): \sum_{t=1}^{T=20} \frac{N}{(1+r)^t} / \sum_{t=1}^{T=20} \frac{K}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^{T=20} \frac{15}{(1.02)^t} / \sum_{t=1}^{T=20} \frac{5}{(1.02)^t} = 3 \quad (1)$$

Verzichtet man auf eine Diskontierung des Nutzens, wird das NKV deutlich überschätzt:

$$NKV \text{ à la EconoMe: } \sum_{t=1}^{T=20} N / \sum_{t=1}^{T=20} \frac{K}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^{T=20} 15 / \sum_{t=1}^{T=20} \frac{5}{(1.02)^t} = 3.7 \quad (2)$$

Vergleicht man die Gleichungen (1) und (2), wird klar, dass der Verzerrungseffekt schon bei relativ kurzer Projektdauer und tiefer Zinsrate mehr als 20% beträgt. Wenn es darum geht, ob ein bestimmtes Projekt das NKV-Kriterium ($NKV > 1$) erfüllt, kann dieser Verzerrungseffekt ausschlaggebend sein.

Weiter kann man zeigen, dass die einseitige Diskontierung der Projektkosten absurde Folgen haben kann. Rein rechnerisch entsteht nämlich eine Situation, in der es sich lohnt, die Realisierung des Projekts auf den Sankt-Nimmerleins-Tag zu verschieben, weil gilt:

$$NKV(t): \sum_{t=1}^{T=20} N / \sum_{t=1}^{T=20} \frac{K}{(1+r)^t} = 3.7 < \sum_{t=1+x}^{T=20+x} N / \sum_{t=1+x}^{T=20+x} \frac{K}{(1+r)^t} = 3.7 + g(x) \quad (3)$$

wobei t den Zeitpunkt der evaluierten Realisierung, $x > 0$ die Verschiebung (in Jahren) mit Respekt zum frühestmöglichen Realisierungsdatum $t = 1$ und $g(x)$ den hypothetischen Zusatznutzen, der durch die Verschiebung des Projekts um x Jahre anfällt, bezeichnen.

Die dynamische Betrachtung von Kosten und Nutzen verdeutlicht nochmals, dass das Vermischen der KNA- und KWA-Methodik in EconoMe negative Auswirkungen auf die Effizienz der Mittelsteuerung im Naturgefahrenmanagement hat. Natürlich lässt sich darüber streiten, ob der Wirtschaftlichkeit von Schutzprojekten eine übergeordnete Rolle im Allo-

kationsprozess eingeräumt werden soll. Im nächsten Abschnitt untersuche ich daher zwei alternative Prinzipien für Entscheidungen unter Unsicherheit im Hinblick auf ihre Eignung für das praktische Naturgefahrenmanagement.

Alternative Entscheidungsprinzipien – Minimax- und Maximin-Kriterien

Obwohl das Maximieren des Erwartungsnutzens die dominierende Entscheidungslogik in den Wirtschaftswissenschaften darstellt (Sinn 1980), ist es nur eines von mehreren denkbaren Prinzipien, die gesellschaftliches Handeln unter Unsicherheit leiten können. Im Folgenden wende ich mich zwei alternativen Entscheidungsprinzipien zu, die schon heute im Umgang mit gesellschaftlichen Risiken implizite Beachtung finden.

Das Minimax-Kriterium bewertet Risiken nach dem Prinzip des kleinstmöglichen Maximalschadens, d.h. nach der Handlungsmaxime «Minimiere den maximalen Verlust». Dieses Prinzip wird gelegentlich angeführt, um das überproportionale Gewichten von Risiken mit Katastrophenpotenzial zu rechtfertigen. Damit einher geht die Annahme einer gesellschaftlichen Risikoaversion bezüglich potenzieller Todesfälle. Plakativ gesagt bedeutet das: Ein Unfall, der zehn Todesfälle zur Folge hat, wird für schwerwiegender gehalten als zehn Unfälle, die jeweils einen Todesfall zur Folge haben. Zwar gewichtet EconoMe grosses Schadenspotenzial nicht überproportional, aber im Schweizer Naturgefahrenmanagement wird seit Längerem über den Einbezug sogenannter Risikoaversionsfunktionen nachgedacht, die solche risikoscheuen Präferenzen der Bevölkerung abbilden sollen (u.a. Wilhelm 1997, Plattner et al 2005, Bohnenblust et al 2008).

Um zu verdeutlichen, wie Risikoaversion und Minimax-Kriterium zusammenhängen, betrachten wir wieder zwei fiktive Wildbachprojekte A und B. Der Erwartungswert des Restrisikos RR_i nach Umsetzung von Projekt $i \in \{A, B\}$ sei:

$$E[RR_i] = \sum_j p_j \times L_{i,j} = p_1 \times L_{i,1} + p_2 \times L_{i,2} + \dots + p_j \times L_{i,j} \quad (4)$$

wobei p_j die erwartete Überschreitenswahrscheinlichkeit des Szenarios j (vgl. Bründl 2009, Kapitel 2), $L_{i,j}$ das damit verbundene Schadenausmass und $j \in \{1, 2, \dots, J\}$ die zu analysierenden Szenarien bezeichnet. Tabelle 1 beschreibt die Restrisiken RR_A und RR_B nach Realisierung des Projekts A (zweite Zeile) respektive des Projekts B (dritte Zeile). In den Spalten ist die jeweilige Überschreitenswahrscheinlichkeit des 30-jährlichen, 100-jährlichen und 300-jährlichen Ereignisses angegeben. Die angegebenen Restrisiken lassen sich dann gemäss Gleichung (4) berechnen.

	30-jährl. Ereignis ($p_{30j} = 2.33E-2$)	100-jährl. Ereignis ($p_{100j} = 6.67E-3$)	300-jährl. Ereignis ($p_{300j} = 2.33E-3$)	Restrisiko ($E[RR_i]$)
Erwarteter Schaden ($L_{A,j}$ in Todesfällen) nach Umsetzung von Projekt A	3	9	18	0.172
Erwarteter Schaden ($L_{B,j}$ in Todesfällen) nach Umsetzung von Projekt B	3	8	21	0.172

Tab 1 Fiktive Risikoanalyse zur Bestimmung des Restrisikos nach Umsetzung des Wildbachprojekts A bzw. B. Das erwartete Restrisiko $E[RR_i]$ wurde gemäss der Gleichung (4) berechnet.

Beim Betrachten der beiden Projekte fallen drei Dinge auf. 1) Das erwartete Restrisiko ist identisch: $E[RR_A] = E[RR_B]$. 2) Die Wirksamkeit gegen das 100-jährliche respektive 300-jährliche Ereignis unterscheidet sich: $RV_{A,100j} < RV_{B,100j}$ und $RV_{A,300j} > RV_{B,300j}$. 3) Der maximal mögliche Schaden unter B ist grösser als unter A: $\max L_{B,j} > \max L_{A,j}$. Unter Anwendung des Minimax-Kriteriums, formal definiert als das Minimierungsproblem $\min_i \varphi_i = \max_j L_{i,j}$, wird das Projekt A dem Projekt B vorgezogen, obwohl beide Projekte denselben Erwartungswert besitzen. Dies bedingt eine Präferenzordnung, in der die erwarteten Schäden mit einer nicht linearen Nutzenfunktion $u(\cdot)$ gewichtet werden:

$$A > B \Leftrightarrow \sum_j p_j \times u(L_{A,j}) > \sum_j p_j \times u(L_{B,j}) \quad (5)$$

Diese Ungleichung hält nur unter der Annahme einer konkaven Nutzenfunktion $u(\cdot)$, was wiederum Risikoaversion impliziert (Sinn 1980).⁹ Daraus folgt, dass das Minimax-Kriterium eine gesellschaftliche Aversion gegenüber Ereignissen mit geringer Eintretenswahrscheinlichkeit und grossem Schadenpotenzial voraussetzt.

Ein weiteres Entscheidungsprinzip, das im Naturgefahrenmanagement Anwendung findet, ist das Maximin-Kriterium. Es bewertet Risiken nach dem Prinzip der grösstmöglichen Mindestsicherheit, d.h. nach der Handlungsmaxime «Maximiere ein Mindestmass an Sicherheit».¹⁰ Die konsequente Einhaltung des Maximin-Kriteriums steht im Einklang mit dem von der Planat (2005) vorgeschlagenen Schutzzielansatz. Um dies zu verdeutlichen, betrachten wir wieder zwei Schutzprojekte $i \in \{A, B\}$. Das Restrisiko für $j \in \{1, 2, \dots, J\}$ betroffene Personen, bei einem Wildbachereignis zu Schaden zu kommen, kann als Tupel $RR_i = \{\pi_{i,1}, \dots, \pi_{i,j}, \dots, \pi_{i,J}\}$ beschrieben werden. Projekt A unterscheide sich von B dadurch, dass für ein bestimmtes Haus im Gefahrenperimeter keine Schutzmassnahmen vorgesehen sind. Der Bewohner j wäre nach Umsetzung von Projekt A also immer noch seinem Ursprungsrisiko $\pi_{A,j} > \pi_{B,j}$ ausgesetzt. Das Restrisiko aller Personen können wir vereinfacht schreiben als $RR_A = \{\pi_1, \dots, \pi_j, \dots, \pi_J\}$ respektive als $RR_B = \{\pi_1, \dots, \pi_j - \varepsilon, \dots, \pi_J\}$, wobei ε die Risikoverminderung des Projekts B für Person j bezeichnet.

In Worten umschrieben besagt das Maximin-Kriterium, dass die Restrisiken nach Umsetzung von

Projekt A mit den Restrisiken nach Umsetzung von Projekt B verglichen werden. Dann wird dasjenige Projekt gewählt, bei welchem sich die Situation für diejenige Person j mit dem geringsten Mass an Sicherheit (dem höchsten Restrisiko) am meisten verbessert, oder formal: $\max_i \varphi_i = \min_j (1 - \pi_{i,j})$. In unserem Beispiel wäre dies also Projekt B.

Um den Unterschied zum Erwartungsnutzenkriterium zu veranschaulichen, nehmen wir nun an, dass das Projekt A* zwar Person j keine Risikoverminderung bietet, dafür Person k eine um ε grössere Risikoverminderung erhält als unter B, d.h. $RR_{A^*} = \{\pi_1, \dots, \pi_j, \pi_k + \varepsilon, \dots, \pi_J\}$ und $RR_B = \{\pi_1, \dots, \pi_j - \varepsilon, \pi_k + \varepsilon, \dots, \pi_J\}$. Das Erwartungsnutzenkriterium bewertet die Risikoverminderung der beiden Projekte A* und B als gleichwertig, weil die Restrisiken aus gesellschaftlicher Sicht gleich sind ($RR_{A^*} = RR_B$). In einer KNA oder KWA würde daher das günstigere der beiden Projekte bevorzugt. Unter der Annahme des Maximin-Kriteriums ist jedoch immer noch das Projekt B vorzuziehen, da damit das Restrisiko der am meisten gefährdeten Person j gesenkt werden kann.

Das Maximin-Kriterium verlangt also, dass die Gesellschaft Präferenzen für eine faire Verteilung von Risiken besitzt, während das Schutzziel definiert, welches Risiko für den Einzelnen als vertretbar angesehen wird. Man kann zeigen, dass eine faire Verteilung von Risiken risikofreudige Präferenzen bedingt (Keeney 1980).¹¹ Damit wird klar, dass Schutzziele für individuelle Risiken und die Idee einer ge-

⁹ Dies lässt sich einfach zeigen. Gleichung (5) bedingt, dass:

$$(i) \quad p_{100j} \times u(9) + p_{300j} \times u(18) > p_{100j} \times u(8) + p_{300j} \times u(21) \\ \Leftrightarrow p_{100j}/p_{300j} > [u(21) - u(18)]/[u(9) - u(8)];$$

aus Tabelle 1 folgt, dass:

$$(ii) \quad E[RR_A] = E[RR_B] \Leftrightarrow p_{100j} \times 9 + p_{300j} \times 18 = p_{100j} \times 8 + p_{300j} \times 21 \\ \Leftrightarrow p_{100j}/p_{300j} = (21 - 18)/(9 - 8);$$

durch Einsetzen von (ii) in (i) folgt eine hinreichende Bedingung für Konkavität:

$$(iii) \quad (21 - 18)/(9 - 8) > [u(21) - u(18)]/[u(9) - u(8)].$$

¹⁰ In der politischen Philosophie wird das Maximin-Kriterium häufig im Zusammenhang mit der «Theorie der Gerechtigkeit» von John Rawls (1979) erwähnt. Rawls definiert das Maximin-Kriterium in dem von ihm vorgeschlagenen Differenzprinzip. Angewendet auf den Risikofall besagt das Prinzip, dass eine ungleiche Verteilung von Schutz dann gerechtfertigt ist, wenn das Risiko der höchstgefährdeten Personen am meisten reduziert wird und dadurch eine gerechtere Verteilung des (Rest-)Risikos entsteht.

¹¹ Die Gleichheitspräferenzen, die uns B gegenüber A* bevorzugen lassen, bedingen, dass eine 50:50-Chance, entweder 0 oder $2 \times n$ Leben zu verlieren, aus gesellschaftlicher Sicht wünschenswerter erscheint als ein sicherer Verlust von n Leben.

sellschaftlichen Aversion gegenüber Ereignissen mit geringer Wahrscheinlichkeit und grossem (katastrophalem) Ausmass im Widerspruch zueinander stehen. Inwiefern sich dieser Widerspruch innerhalb der Bewertung von Naturgefahrenprojekten durch das Priorisieren des einen oder anderen Kriteriums aufheben lässt, bleibt dahingestellt.

EconoMe Reloaded – was sollte verbessert werden?

Die Anwendung normierter Entscheidungskriterien hat zweifelsfrei zu einem kostenbewussteren Umgang von Mitteln im Naturgefahrenmanagement geführt und die Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Schutzprojekten verbessert. In diesem Beitrag habe ich anhand mehrerer Punkte aufgezeigt, wo EconoMe meiner Meinung nach weiter verbessert werden sollte, damit die Naturgefahrenabwehr noch effizienter wird. Hier komme ich nochmals auf die meiner Meinung nach wichtigsten Punkte zurück.

Grenzkosten pro verhinderten Todesfall

Grenzkosten sind nur dann ein effizientes Entscheidungskriterium, wenn sie dem Grenznutzen aus der Risikoreduktion entsprechen. Die Festlegung des Grenzkostenbetrags pro verhinderten Todesfall sollte daher flexibler gehandhabt werden. Bei bedrohlich erscheinenden Risiken ist die Nachfrage nach Schutz oft grösser als bei alltäglichen oder freiwillig eingegangenen Risiken. Deshalb ist der Einbezug der «Akzeptanz» eines Risikos (Bründl 2009) bei der Festlegung des Grenzkostenbetrags angebracht. Mindestens genauso wichtig scheint mir die Tatsache, dass der Grenznutzen aus der Risikoreduktion mit abnehmendem individuellem Risiko immer kleiner wird, weil die Mittel effizienter zur Reduktion anderer Risiken eingesetzt werden könnten (Rheinberger 2009).

Einheitliche Diskontierung von Kosten und Nutzen

Der in Geldeinheiten gemessene Nutzen eines Projekts, d.h. der Erwartungswert über den verhinderten Schaden, sollte mit derselben Zinsrate diskontiert werden wie die Kosten für die Bereitstellung der Schutzleistung. Die Diskontierung drückt nämlich aus, dass es für die Gesellschaft eine Rolle spielt, wann genau in der Zukunft Schäden verhindert werden. Bei Sachschäden ist die Logik dahinter einfach zu verstehen. Passiert ein Schaden morgen, muss für die Instandstellung ein bestimmter Betrag aufgewendet werden. Passiert der Schaden erst in 20 Jahren, ist dieser Betrag aller Voraussicht nach geringer. Denn der Betrag konnte während 20 Jahren risikofrei angelegt werden, und die Teuerung wurde durch das Wirtschaftswachstum mehr als ausgeglichen.

Diese Logik lässt sich eins zu eins auf Personenschäden übertragen. In diesem Fall ist es die Nachfrage nach einer Schutzleistung in der Zukunft, die geringer bewertet wird als eine sofortige Schutzleistung.

Fokus auf den Nettonutzen als Entscheidungskriterium

EconoMe sollte anstatt des Nutzen-Kosten-Verhältnisses den Nettonutzen als Entscheidungskriterium verwenden. Letzten Endes ist dies das einzige Bewertungsmass, welches erlaubt, die Konsumentenrente und damit das wohlfahrtsökonomische Optimum zu bestimmen (Frey & Kirchgässner 2002). Zudem lassen sich aus dem Nettonutzen auch Handlungsperspektiven für den Umgang mit bindenden Nebenbedingungen herleiten. Allenfalls könnte man sich vorstellen, dass Projekte, die zwar einen positiven Nettonutzen aufweisen, aber wegen Budgetknappheit nicht umsetzbar sind, über einen gesamtschweizerischen Fonds mitfinanziert werden. Die durch die NFA gewonnene Finanzautonomie der Kantone im Umgang mit Naturgefahren würde dadurch kaum beeinträchtigt, und Projekte mit einem ausgewiesenen Mehrwert für die Gesellschaft könnten trotz Budgetzwängen realisiert werden.

Schutzziel vs. Aversion

Der zweite Teil des Beitrags diskutiert zwei alternative Entscheidungsprinzipien, die nicht nur den wirtschaftlichen Gesamtnutzen betrachten, sondern auch gesellschaftliche Präferenzen für eine Vermeidung von Unfällen mit grossem Ausmass (Minimax-Kriterium) und für eine faire Verteilung von Risiken (Maximin-Kriterium) in die Bewertung von Schutzprojekten miteinbeziehen. Wie aus der Analyse hervorgeht, können beide Präferenzen in eine Kosten-Nutzen-Abwägung integriert werden. Allerdings konnte ich auch zeigen, dass ein Widerspruch aus der gleichzeitigen Beachtung beider Präferenzen resultiert. In jedem Fall gilt: Ein Abweichen vom wohlfahrtsökonomischen Optimum kann zwar durch ethische oder fairnessbezogene Überlegungen begründet werden. Dies bedingt jedoch Einbussen in der öffentlichen Sicherheit.

Schlussbemerkung

Einige Leserinnen und Leser mögen sich an der Betonung der Wirtschaftlichkeit im Zusammenhang mit dem Schutz von Menschenleben stören. Es sei deshalb nochmals daran erinnert, dass im wohlfahrtsökonomischen Optimum die grösstmögliche Anzahl Todesfälle pro eingesetzten Steuerfranken verhindert und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln die höchstmögliche Sicherheit für uns alle bereitgestellt wird. ■

Eingereicht: 23. Mai 2011, akzeptiert (mit Review): 20. September 2011

Dank

Der Autor bedankt sich bei Christian Wilhelm für die ausführlichen Diskussionen und wertvollen Anregungen zu diesem Papier.

Literatur

- ACKERMAN F, HEINZERLING L (2004) Priceless: on knowing the price of everything and the value of nothing. New York: New Press. 277 p.
- BOHNENBLUST H, HOLTHAUSEN N, MERZ HA (2008) Risikoaversion – Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- bzw. Sicherheitsbeurteilung. Zusammenfassender Bericht. Bern: Bundesamt Bevölkerungsschutz. 24 p.
- BRÜNDL M, EDITOR (2009) Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. Biel: Nationale Plattform Naturgefahren. 422 p.
- BRÜNDL M, ROMANG HE, BISCHOF N, RHEINBERGER CM (2009) The risk concept and its application to natural hazard risk management in Switzerland. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 9: 801–813.
- FREY BS, KIRCHGÄSSNER G (2002) Demokratische Wirtschaftspolitik: Theorie und Anwendung. München: Vahlen. 495 p.
- GREMINGER P, BALMER J, WILLI C, MERZ H, GUTWEIN P (2009) Pragmatisches Risikomanagement mit RiskPlan. *Tec21* 135 (31/32): 16–18.

Entscheidungskriterien im Umgang mit Naturgefahren (Essay)

Der Schutz vor Naturgefahren ist in der Schweiz von grosser gesellschaftlicher Bedeutung. In den letzten Jahren wurden Werkzeuge für die Planung von Schutzmassnahmen entwickelt, die das Streben nach einem verbesserten Kostenbewusstsein in der Naturgefahrenabwehr unterstützen sollen. So wird seit Anfang 2008 das Kalkulationsprogramm *EconoMe* schweizweit zur Beurteilung von Naturgefahrenprojekten mit einer Investitionssumme von mehr als einer Million Schweizer Franken verwendet. Als Entscheidungskriterien dienen *EconoMe* ein festgelegtes Höchstisiko für betroffene Personen (individuelles Schutzziel) sowie das Nutzen-Kosten-Verhältnis der vorgesehenen Schutzmassnahmen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht stellt sich die Frage, ob die Anwendung dieser Entscheidungskriterien zu einer optimalen Nutzung der vorhandenen Mittel führt. Im vorliegenden Beitrag nehme ich die von *EconoMe* verwendeten Entscheidungskriterien aus einer wohlfahrtsökonomischen Sicht unter die Lupe. Insbesondere zeige ich, dass der Nutzen eines Schutzprojekts nicht einfach mit der erwarteten Schadenverhinderung gleichzusetzen ist. Das wohlfahrtsökonomische Nutzenkalkül ist nur ein mögliches Kriterium, um Risiken durch Naturgefahren zu bewerten. Im zweiten Teil des Beitrags gehe ich auf alternative Kriterien zur Entscheidungsfindung im Umgang mit Naturgefahren ein und zeige, welche Konsequenzen sich aus der Anwendung dieser Kriterien ergeben. Der Beitrag schliesst mit einigen Vorschlägen zur weiteren Verbesserung von *EconoMe*, damit die Naturgefahrenabwehr noch effizienter wird. Insbesondere empfehle ich, den Grenzkostenbetrag pro verhinderten Todesfall flexibler zu handhaben, Kosten und Nutzen einheitlich zu diskontieren und anstelle des Nutzen-Kosten-Verhältnisses den Nettonutzen als Entscheidungskriterium zu verwenden.

- HILKER N, BADOUX A, HEGG C (2009) The Swiss flood and landslide damage database 1972–2007. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 9: 913–925.
- KEENEY RL (1980) Equity and public risk. *Operat Res* 28: 527–534.
- PATE-CORNELL ME (2002) Risk and uncertainty analysis in government safety decisions. *Risk Anal* 22: 633–646.
- PLANAT (2005) Strategie Naturgefahren Schweiz. Synthesenbericht. Biel: Nationale Plattform Naturgefahren. 88 p.
- PLATTNER T, HEINIMANN HR, HOLLENSTEIN K (2005) Risikobewertung bei Naturgefahren. Biel: Nationale Plattform Naturgefahren. 93 p.
- POMMERHNE WW (1987) Präferenzen für öffentliche Güter – Ansätze zu ihrer Erfassung. Tübingen: Mohr. 290 p.
- RAWLS J (1979) Eine Theorie der Gerechtigkeit. Frankfurt a. M.: Suhrkamp. 271 p.
- RHEINBERGER CM (2009) Preferences for mitigating natural hazards on Alpine roads: A discrete choice approach. Zürich: Eidg Tech Hochschule, PhD-thesis. 202 p. doi: 10.3929/ethz-a-005922637
- SCHELLING TC (1968) The life you save may be your own. In: Chase SB, editor. *Problems in public expenditure analysis*. Washington D.C.: Brookings. pp. 127–162.
- SINN HW (1980) Ökonomische Entscheidungen bei Ungewissheit. Tübingen: Mohr. 351 p.
- WILHELM C (1997) Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz – Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmassnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung. Davos: Eidgenöss Inst Schnee-Lawinenforschung, Mitt 54. 307 p.

Les critères de décision dans la gestion des dangers naturels (essai)

La protection contre les dangers naturels est un sujet important pour la population suisse. Ces dernières années, des outils de planification ont été développés qui permettront de mieux prendre en compte le ratio coût-efficacité des programmes de protection contre les dangers naturels. Ainsi, depuis 2008, l'outil de calcul *EconoMe* a été utilisé dans l'ensemble du pays pour évaluer les nouveaux programmes ayant un coût supérieur à 1 million CHF. *EconoMe* est basé sur deux critères de décision, 1) la définition de la limite du risque acceptable (objectif de protection individuelle) et 2) le ratio coût-bénéfices des mesures prévues. Dans une perspective économique, on peut se demander si l'utilisation de ces critères conduit à une allocation efficiente des ressources. Dans cet article, j'étudie les critères utilisés dans *EconoMe* dans une perspective socioéconomique. Je démontre d'abord que les bénéfices d'un projet de protection ne se limitent pas à la réduction espérée des pertes. En effet, les bénéfices socioéconomiques ne sont qu'un des critères possibles pour évaluer les risques liés aux dangers naturels. En second lieu, j'étudie deux critères de décision alternatifs en les appliquant aux catastrophes naturelles et démontre les conséquences liées à l'application de ces critères. L'article conclut avec des suggestions pour améliorer *EconoMe* et rendre la protection contre les dangers naturels encore plus efficiente. En particulier, je suggère l'utilisation d'un critère de coût marginal par décès évité plus adapté, une actualisation uniforme des coûts et des bénéfices, et l'utilisation du bénéfice net (au lieu du ratio coûts-bénéfices) comme critère de décision.