



WSL-Institut für Schnee-  
und Lawinenforschung SLF



GEOTEST

GEOLOGEN / INGENIEURE /  
GEOPHYSIKER /  
UMWELTFACHLEUTE

B , S , S .  
VOLKSWIRTSCHAFTLICHE BERATUNG

*EconoMe – Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen*

## **Entwicklung eines Modells zur Bestimmung von indirekten Kosten in Folge Naturgefahren und Integration in EconoMe (iCost)**

Methodenbericht

ARGE iCost

Version 1.0  
25. Oktober 2018

## **Impressum**

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU

Projektleitung: Michael Bründl, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

Projektbegleitung: Reto Baumann, Bundesamt für Umwelt  
Eva Gertsch, Bundesamt für Umwelt  
Bernard Loup, Bundesamt für Umwelt  
Adrian Schertenleib, Bundesamt für Umwelt

Autoren (alphabet.): Michael Bründl, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF  
André Burkard, geoformer igp AG  
Fabian Dolf, GEOTEST AG  
Peter Gutwein, Gutwein IT-Service  
Wolfram Kägi, B,S,S Volkswirtschaftliche Beratung  
Michael Lobsiger, B,S,S Volkswirtschaftliche Beratung  
Nicole Oggier, geoformer igp AG  
Maren Salz, GEOTEST AG (bis 31.8.2017)  
Linda Zaugg, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

Version: 1.0 vom 25.10.2018

Zitievorschlag: ARGE iCost, 2018: Entwicklung eines Modells zur Bestimmung von indirekten Kosten in Folge Naturgefahren und Integration in EconoMe (iCost). Schlussbericht. Davos, 77 pp

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2 Objektgruppierung</b>	<b>7</b>
<b>3 Literatur</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Einleitung</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Ergebnisse</b>	<b>10</b>
3.2.1 Gruppe 1: Marktorientierte Betriebe	11
3.2.2 Gruppen 2 und 3: Betriebe des Gesundheitswesens und öffentliche Gebäude (bspw. Schulen)	13
3.2.3 Gruppe 6: Ersatz (z.B. Wohngebäude) und Versorgung (z.B. Leitungen)	15
3.2.4 Gruppe 7: Verkehrswege	16
3.2.5 Gruppe 8: Vernachlässigbar	17
<b>3.3 Implikationen für die Herleitung der Methodik</b>	<b>18</b>
<b>4 Methodik</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Einleitung</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Ergebnisse</b>	<b>22</b>
4.2.1 Gruppe 1: Marktorientierte Betriebe	22
4.2.2 Gruppe 2: Gesundheitswesen	31
4.2.3 Gruppe 3: Öffentliche Gebäude	33
4.2.4 Gruppe 6: Ersatz und Versorgung	35
4.2.5 Gruppe 7: Verkehrswege	38
<b>5 Beispielprojekte</b>	<b>43</b>
<b>5.1 Bauprojekt Bielzug (Kt. Wallis)</b>	<b>43</b>
5.1.1 Allgemeine Angaben Projekt	43
5.1.2 Getroffene Annahmen	43
5.1.3 Resultate (Stand: 10.09.2018)	44
5.1.4 Besonderheiten	46
<b>5.2 Vorstudie Eybach, Leissigen (Kt. Bern)</b>	<b>47</b>
5.2.1 Allgemeine Angaben Projekt	47
5.2.2 Getroffene Annahmen	47
5.2.3 Resultate (Stand: 11.09.2018)	49
5.2.4 Besonderheiten	50
<b>5.3 Risikoanalyse Val Parghera (Kt. Graubünden)</b>	<b>51</b>
5.3.1 Allgemeine Angaben Projekt	51
5.3.2 Getroffene Annahmen	51
5.3.3 Resultate (Stand: 30.09.2018)	52

5.3.4	Besonderheiten	53
<b>5.4</b>	<b>Klostert, Steinschlagschutz Gruobenwald (Kt. Graubünden)</b>	<b>55</b>
5.4.1	Allgemeine Angaben Projekt	55
5.4.2	Getroffene Annahmen	55
5.4.3	Resultate (Stand: 01.03.2018)	56
<b>6</b>	<b>Vergleich Methoden zur Monetarisierung von Strassensperrungen</b>	<b>61</b>
<b>6.1</b>	<b>Dissertation "Vulnerability assessment of road transport infrastructure" von Alexander Erath</b>	<b>61</b>
6.1.1	Offene Punkte in der Dissertation:	62
6.1.2	Umsetzung in Roadrisk	62
<b>6.2</b>	<b>Berechnung mit Google Maps</b>	<b>63</b>
<b>6.3</b>	<b>Beispielrechnung anhand Autobahnabschnitt Nyon-Genf</b>	<b>64</b>
<b>6.4</b>	<b>Offene Fragen</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>67</b>
7.1	Übersicht iCost-Berechnungsansätze für EconoMe-Objekte	67
7.2	NOGA Klassifikation	70
<b>8</b>	<b>Referenzen</b>	<b>74</b>

# 1 Einleitung

Das BAFU betreibt seit 2008 die Online-Plattform EconoMe um die Wirtschaftlichkeit der Schutzbauten-Projekte nachweisen zu können. Mit EconoMe werden gegenwärtig nur die durch Naturgefahrenereignisse direkt entstehenden Schäden an Objekten und Personen berechnet. Indirekte Kosten werden nicht berücksichtigt.

Eine Integration der indirekten Kosten in die Risikobetrachtungen wird angestrebt, damit eine umfassendere Sicht der Naturgefahren verursachten Risiken möglich wird und die Vergleichbarkeit mit anderen Risiko-Tools (insbesondere RoadRisk) hergestellt werden kann.

Deshalb wurde die ARGE iCost beauftragt, ein Modell zu entwickeln, mit dem indirekte Kosten als Folge von Naturereignissen berechnet werden können. Mit Fallbeispielen sollen die Konsequenzen auf das Risiko bzw. auf die Risikoreduktion durch Massnahmen sowie die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Massnahmen aufgezeigt werden.

Dem BAFU ist es ein Anliegen, dass die indirekten Kosten gemäss einer pragmatischen, transparenten und einfachen Methodik bestimmt werden. Aus diesem Grund sollen die zeitlichen und räumlichen Grenzen für indirekte Kosten eng dafür aber eindeutig gefasst werden. Gemäss Pflichtenheft des BAFU und der Offerte sind folgende Rahmenbedingungen zu beachten, welche auch hinsichtlich der Interpretation der Literatur wichtig sind. Aus diesem Grund werden diese im Folgenden noch einmal wiedergegeben:

- Es sind nur indirekte Kosten als Folge von direkten Einwirkungen der Naturgefahrenereignisse auf die betroffenen (d.h. beschädigten) Objekte bzw. Menschen zu berücksichtigen. Es sind keine indirekten Nutzen zu berücksichtigen.
- Es ist nur der Betriebsunterbruch, welcher durch die Nichtverfügbarkeit eines Objektes entsteht, zu berücksichtigen.
- Es ist für Objekte, in oder mit denen keine wirtschaftliche Tätigkeit erfolgt, eine Ersatzgrösse zu finden (z.B. Evakuationskosten bei Wohnhäusern).
- Betriebsunterbrüche, die in Gebäuden entstehen können, sind zu berücksichtigen.
- Für Betriebsunterbrüche bei Sonderobjekten wie Kraftwerke, ARAs, Deponien ist die Möglichkeit zur Einzelfallbeurteilung vorzusehen.
- Für den Betriebsunterbruch im Strassenverkehr ist die Methode auf RoadRisk bzw. auf weitergehende Arbeiten dazu des VSS abzustimmen.
- Für den Betriebsunterbruch im Schienenverkehr ist zu prüfen, wie die Methodik Rail-way verwendet und weiterentwickelt werden kann.
- Es sind keine immateriellen Schäden zu berücksichtigen.
- Es sind keine indirekten Schäden wie beispielsweise „Vertrauen in die Behörden, Image, innere Sicherheit, Versorgung, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, Ökosystemleistungen“ zu berücksichtigen.
- Es ist kein Betriebsunterbruch bei mechanischen Aufstiegshilfen zu berücksichtigen.
- Der Betriebsunterbruch bei Leitungen ist nur dann zu berücksichtigen, wenn Kosten dazu ermittelbar und sie im Vergleich zu anderen Objektarten relevant sind. Durch

Analyse der bisherigen Projekte und während der Entwicklung der Methodik soll herausgefunden werden, ob es sich lohnt Leitungen zu berücksichtigen.

- Betriebsunterbrüche bei der Objektart Landwirtschaft sind zu berücksichtigen, wenn die Kosten dazu mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden können (z.B. Methoden zur Bestimmung der Ertragsausfälle des Fonds für nicht versicherbare Elementarschäden). Es gilt das Gleiche, wie beim Betriebsunterbruch bei Leitungen. Durch Analyse der bisherigen Projekte und während der Entwicklung der Methodik soll herausgefunden werden, ob es sich lohnt, Betriebsunterbrüche bei den Landwirtschaftsobjekten zu berücksichtigen.
- Betriebsunterbrüche bei den Objektarten „Grünanlagen, Wald“ etc. sind nicht zu berücksichtigen.

Die indirekten Kosten, die durch die Betroffenheit eines Objektes entstehen, sollen nicht nach Prozess unterschieden werden: Ein Objekt fällt entweder aus oder nicht. Einzig die Dauer des Ausfalls mag mit der Intensität und Art des Prozesses variieren.

Der Zusatzaufwand für die Benutzer, indirekte Kosten in eine Risikoanalyse einzubeziehen, soll sich auf ein Minimum beschränken. Deshalb sollen die zusätzlich nötigen Parameter zur Bestimmung der indirekten Kosten in die bereits bestehende EconoMe-Struktur eingebbracht werden.

Da das Schadenpotenzial bei jedem Projekt wieder anders zusammengesetzt ist, muss die Methodik alle möglichen Kombinationen von Objektarten berücksichtigen können. Um eine Vergleichbarkeit mit den jetzigen Projekten herzustellen und um den Einfluss der indirekten Kosten auf das gesamte Schadenausmass bzw. das Risiko und das Nutzen-Kosten-Verhältnis beurteilen zu können, sollen die indirekten Kosten (Schäden) getrennt und zusammen mit den direkten Kosten ausgewiesen werden können.

Der vorliegende Bericht beschreibt lediglich die Methode und die Fallbeispiele. Die Programmierung für das Tool EconoMe ist nicht Gegenstand dieses Berichtes.

## 2 Objektgruppierung

In einem Workshop wurden die Objektarten aus EconoMe in Gruppen zusammengefasst, die sich in der Art und Weise, wie für sie die indirekten Kosten ermittelt werden können, gleichen.

### Gruppe 1: marktorientierte Betriebe

#### Methodik: Wertschöpfung

- Industrie/Gewerbegebäude
- Gemüsekultur
- Nutzwald
- Obstplantagen
- Rebberg
- intensive Fläche (Ackerland, Mähwiese)
- Campingplatz (fixer Standplatz) feste Installation
- Campingplatz (Zeltplatz)
- Einkaufszentrum
- Hotel/Gästehaus

N.B. Objekt Sportanlage zählt als nicht kommerzieller Betrieb. Falls eine Sportanlage kommerziell betrieben wird, muss sie als Industrieanlage erfasst werden. Ebenso ist mit Golfanlagen zu verfahren.

### Gruppe 2: Gesundheitswesen

#### Methodik: Ausfallkosten (Wertschöpfung, Kosten pro Spitalbett) oder Ersatzkosten (Ersatz der vom Spital erbrachten Leistungen, Verlegung der Patientinnen und Patienten)

- Spital

### Gruppe 3: öffentliche Gebäude

#### Methodik: Anzahl Mitarbeiter, Lohnkosten

- Schule, Kindergarten
- Bahnhof
- öffentliche Gebäude

### Gruppe 4: Ersatz

Diese Gruppe wird mit Gruppe 6 zusammengelegt, da die Methodik dieselbe ist.

### Gruppe 5: Objekte mit kulturhistorischem Wert

Diese Gruppe wird aufgelöst. Das einzige Objekt (Kirche) wird in die Gruppe 8 verlegt.

**Gruppe 6: Ersatz (z.B. Wohngebäude) und Versorgung (z.B. Leitungen)**

**Methodik:** Ersatz für die verlorene Leistung bestimmen. Für jedes Objekt wird ein Durchschnittswert ermittelt, der angepasst werden kann, aber dann begründet werden muss.

- Telekommunikation unter Terrain
- Telekommunikation auf Terrain
- Gas unter Terrain
- Gas auf Terrain
- Abwasser unter Terrain
- Hochspannungsleitung  $\leq 60\text{kV}$
- Hochspannungsleitung  $> 60\text{kV}$
- Freileitung
- Strom unter Terrain
- Wasser auf Terrain
- Wasser unter Terrain
- Kraftwerk
- ARA
- Deponie
- Wasserreservoir
- Sendeanlage (Funk, TV)
- Frei wählbares Sonderobjekt
- Schutzbauwerk
- Schutzwald
- WE EFH
- WE MFH
- Stall
- Frei wählbares Gebäude

**Gruppe 7: Verkehrswege**

**Methodik:** RoadRisk und EconoMe-Railway (Busersatz etc.)

- Brücke Mehrspur
- Brücke Einspur
- Mehrspur
- Einspur
- Schaltposten
- Durchtrennung Kabelanlage
- Sonderobjekt Brücke
- Brücke Gemeindestrasse
- Brücke Kantonsstrasse
- Brücke Autobahn
- Brücke Einzelfahrzeuge
- Gemeindestrasse
- Kantonsstrasse
- Nationalstrasse

**Gruppe 8: Vernachlässigbar**

- Stationsgebäude mechanische Aufstiegshilfe

- Sportanlage (Aussenanlage)
- Parkanlage
- Frei wählbares Objekt Landwirtschaft, Grünflächen, Wald
- Friedhof
- Extensive Fläche (Weideland)
- Schuppen / Remise
- Sportanlage (Gebäude)
- Garage
- Öffentlicher Parkplatz, Grossparkplatz
- Kirche
- frei wählbare Leitung
- frei wählbare Strasse
- Feldweg / Waldweg (Kies)
- Feldweg / Waldweg (asphaltiert)

# 3 Literatur

## 3.1 Einleitung

Der Einbezug von indirekten Kosten in Risikoanalysen und die Beurteilung der Kosten von Naturgefahren wurde in den letzten Jahren verschiedentlich thematisiert und verschiedene Methoden für die Ermittlung wurden entwickelt. Die wissenschaftliche Literatur wurde nach Ansätzen für die Umsetzung in EconoMe durchsucht, die Methoden unter fachlich-methodischen Gesichtspunkten kritisch diskutiert und überprüft, ob sie unter den in Kapitel 1 aufgelisteten Rahmenbedingungen umsetzbar sind. Es ist insbesondere zu berücksichtigen, dass nur indirekte Kosten als Folge von direkten Einwirkungen der Naturgefahrenereignisse auf die betroffenen Objekte bzw. Menschen abgebildet werden. Weitere indirekte Schäden wie Verlust der mittel-/langfristigen wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und immaterielle Kosten dürfen nicht inkludiert werden.

Im folgenden Kapitel werden die in der Literatur diskutierten Ansätze vorgestellt und die Umsetzbarkeit diskutiert. Als Ordnungskriterium verwenden wir die in Kapitel 0 aufgeführten Gruppen von Objekten.

## 3.2 Ergebnisse

Die Auswertung der Literatur hat gezeigt, dass sich die Anwendung von Methoden zur Bewertung von indirekten Kosten von Naturgefahren vornehmlich auf die Gruppe der marktorientierten Betriebe fokussiert. Für die Gruppen öffentliche Gebäude, Ersatz und Versorgung sowie Verkehrswege wurden in der Literatur nur wenige Hinweise auf Bewertungen von indirekten Kosten durch Naturgefahren gefunden. Die Ausnahme bilden die Objektarten Wald- und Forstwirtschaft sowie landwirtschaftliche Nutzflächen. Für die restlichen Objektarten wurden dafür Hinweise zum möglichen Schadenausmass gefunden, welche als Basis für die Festlegung von Referenzwerten, zusammen mit repräsentativen Branchenvertretern (z.B. Swissgrid, Schweizer Erdgaswirtschaft etc.), verwendet werden können.

Um die in Kapitel 1 aufgeführten Rahmenbedingungen in der Beurteilung der Methoden zu berücksichtigen, lohnt es sich, in einem ersten Schritt eine Kategorisierung der Kosten vorzunehmen und nur diejenigen Methoden weiter zu betrachten, die den Rahmenbedingungen entsprechen. Eine Kategorisierung der Kosten von Naturgefahren bietet bspw. [14]. In Anlehnung an [14] werden folgende Kostenkategorien unterschieden:

- Direkte Kosten: Monetarisierte Schäden an Gebäuden und Infrastruktur.
- Kosten aufgrund Betriebsunterbruch/Betriebsausfall: Diese Kosten entstehen bspw. aufgrund von durch das Naturereignis zerstörten oder unzugänglich gewordenen Arbeitsstätten. Gemäss [14] spricht die Literatur auch von primären indirekten Kosten.

- Induzierte Kosten<sup>1</sup>: Kosten, die aufgrund von direkten Schäden oder Betriebsunterbrüchen entstehen. Im Vergleich zu den Kosten aufgrund von Betriebsunterbrüchen/Betriebsausfällen können induzierte Kosten auch ausserhalb des betroffenen Gebiets entstehen und zeitlich verzögert auftreten. Induzierte Kosten können bspw. bei Lieferanten und Kunden von direkt von den Naturgefahren betroffenen Unternehmen entstehen.
- Intangible Kosten: Schäden an Gütern und Dienstleistungen, die nicht auf einem Markt gehandelt werden und entsprechend nicht monetär bewertet sind.
- Kosten der Risikominderung.

Für die folgenden Ausführungen stehen indirekte Kosten im Sinne von Kosten aufgrund von Betriebsunterbruch/Betriebsausfall im Fokus. In der Literatur kommen häufig komplexe Methoden zur Anwendung, die induzierte Kosten einbeziehen (d.h. Kosten entlang der gesamten Wertschöpfungskette) und indirekte Kosten entsprechend umfassend abbilden. Diese Methoden werden bspw. in [14] und [21] näher beschrieben und diskutiert. Dazu zählen ökonometrische Modelle (bspw. für die Schätzung des Einflusses von Naturkatastrophen auf das kurz- und langfristige Wachstum des Bruttoinlandprodukts BIP), Input-Output Modelle (für die Untersuchung von kurzfristigen Effekten auf die Wertschöpfung von direkt und indirekt betroffenen Branchen) und die Modellierung über allgemeine Gleichgewichtsmodelle (für die Untersuchung von langfristigen gesamtwirtschaftlichen Effekten<sup>2</sup>). Diese Methoden zur Schätzung von indirekten und induzierten Kosten werden nachfolgend nicht weiter betrachtet, da diese weiter reichende Effekte berücksichtigen, die im Rahmen von iCost nicht abgebildet werden sollen (da der Fokus auf Einzelobjekten liegt). Da diese Methoden aufwändig sind, würde deren Anwendung zudem die vorhandenen Ressourcen bei einer Implementierung in EconoMe sprengen.

### 3.2.1 Gruppe 1: Marktorientierte Betriebe

Gemäss [14] existieren für die Ermittlung von Kosten aufgrund von Betriebsunterbruch/Betriebsausfall drei Methoden:

- Verwendung branchenspezifischer Referenzwerte (bspw. Verluste an Wertschöpfung, Lohnausfälle oder Umzugskosten)
- Ereignisanalyse: Vergleiche von ökonomischen Indikatoren für das betroffene Gebiet, einmal gefährdet, einmal ungefährdet.
- (Fixer) Anteil an direkten Kosten

Für die Anwendung der zwei letztgenannten Methoden sind (historische) Daten von Naturgefahren und deren Einfluss auf die indirekten Kosten notwendig, um die Werte akkurat zu ermitteln. Die Ereignisanalyse setzt voraus, dass die wirtschaftlichen Aktivitäten in einem bestimmten Gebiet einmal mit und einmal ohne Einwirkung der Naturgefahren beobachtet worden sind und daraus die Betriebsausfallkosten berechnet werden können. Dabei müssen mögliche Spezifika der betrachteten Gebiete (bspw. Wirtschaftsstruktur etc.) berücksichtigt werden, damit eine Beurteilung der Zulässigkeit der

<sup>1</sup> In [14] wird der Begriff „indirekte Kosten“ verwendet. Um Missverständnisse zu vermeiden, wird hier von „induzierten“ anstatt von „indirekten“ Kosten gesprochen. [18] sprechen bei induzierten Kosten auch von sekundären indirekten Kosten.

<sup>2</sup> Im Gegensatz zu Input-Output-Modellen lassen allgemeine Gleichgewichtsmodelle Substitutionseffekte aufgrund von Änderungen der relativen Preise zu.

Übertragung der Werte auf andere Gebiete vorgenommen werden kann. Es ist nicht auszuschliessen, dass neben den Betriebsausfällen (indirekte Kosten) auch weitere Kosten (bspw. induzierte Kosten) inkludiert werden. Diese Überlegungen legen nahe, dass im Rahmen dieses Projekts der erste Ansatz den beiden anderen Ansätzen vorzuziehen ist.

Anwendungen des ersten Ansatzes für die Schätzung der indirekten Kosten aufgrund von Betriebsunterbruch/Betriebsausfall werden in der Literatur beschrieben. [15] schätzt die regionalökonomischen Effekte für das Hochwasserereignis im Tirol aus dem Jahr 2005 ab. Die Abschätzung von kurzfristigen Verlusten erfolgt dabei über Kostensätze<sup>3</sup>, die auf der Grundlage der branchenspezifischen Wertschöpfung und Beschäftigung sowie der durchschnittlichen Anzahl Arbeitstage pro Jahr ermittelt wurden. Ein ähnliches Vorgehen wählten [16] für die Abschätzung von (kurzfristigen) Kosten aufgrund von Betriebsunterbrechungen, ausgelöst durch Evakuierungen in Folge von Tsunami-Warnungen in der Küstenregion von Kalifornien/USA. [16] verwendet Wertschöpfung, Lohneinkommen und Beschäftigung, differenziert nach verschiedenen Branchen, um jährliche Kostensätze zu berechnen. Wertschöpfung und Lohneinkommen werden dabei durch die Anzahl der Beschäftigten geteilt, um pro Kopf Werte (wiederum differenziert nach Branchen) zu erhalten. Um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die Kostensätze regionsabhängig sein können, werden Wertschöpfung und Lohneinkommen sowie Beschäftigung auf die betrachtete Region bezogen.<sup>4</sup> Die jährlichen Werte werden anschliessend durch die Anzahl der Arbeitstage pro Jahr geteilt, um Kostensätze pro Tag zu erhalten. [16] machen darauf aufmerksam, dass bei der Analyse nur direkt betroffene Betriebe berücksichtigt werden. Es werden keine Multiplikator Effekte berücksichtigt, die allfällige Effekte über die gesamte Wertschöpfungskette und über die betrachtete Region hinaus abbilden würden.<sup>5</sup> [17] berücksichtigen in ihrer Abschätzung von wirtschaftlichen Einbussen bei Gebäuden aufgrund von Erdbeben sowohl direkte wie auch indirekte Kosten. Als indirekte Kosten werden Kosten aufgrund von Betriebsunterbrüchen verstanden. Diese Kosten werden über Ausfallzeiten oder Zeiten für die Wiederherstellung oder Ersetzung der (Produktions-)Gebäude und entsprechende Kosten pro Zeiteinheit (bspw. basierend auf Kosten für die Miete eines alternativen Gebäudes oder das entgangene Einkommen während der Zeit der Wiederherstellung) abgebildet. Weitergehende Kosten (wie langfristige Effekte aufgrund eines Betriebsunterbruchs, Effekte auf Dritte) werden nicht berücksichtigt.

[19] und [20] untersuchen die indirekten wirtschaftlichen Auswirkungen des Lawinenwinters 1999 auf den Tourismus in den Regionen Davos und Elm und für den Orkan Lothar auch für grössere Bergbahnen in der Schweiz. Die Auswirkungen auf die Versorgung der Region Goms im Lawinenwinter 1999 wurden von [22] untersucht. Unter indirekten Kosten werden mehrheitlich Mindereinnahmen durch Produktionsausfälle und Produktionserschwerisse sowie der Verlust von Marktanteilen verstanden. Die direkten Kosten des Lawinenwinters auf den Tourismus werden mit 30 Mio. Franken, die indirekten Kosten auf 302 Mio. Franken geschätzt.

---

<sup>3</sup> Wertschöpfung pro beschäftigte Person pro Arbeitstag.

<sup>4</sup> Ein möglicher Grund dafür sind Produktivitätsunterschiede zwischen den Regionen.

<sup>5</sup> Bspw. wurden keine Kosten berücksichtigt, die bei Unternehmen, die in der Wertschöpfungskette dem direkt betroffenen Unternehmen vor- oder nachgelagert sind, berücksichtigt.

[18] nennen eine Reihe von möglichen indirekten Effekten von Überschwemmungen auf marktorientierte Betriebe (bspw. Verlust an Einkommen, Ausgaben für die Miete von alternativen Firmengebäuden, Verlust von Kunden an Konkurrenz). Grundsätzlich sei es schwierig, diese Effekte zu monetarisieren. Falls eine Monetarisierung vorgenommen werde, seien die Werte mit Vorsicht zu interpretieren. Dies sei insbesondere dann der Fall, wenn Informationen aus Befragungen der betroffenen Unternehmen stammen würden, da die Datenqualität häufig unzureichend sei.<sup>6</sup> [18] unterscheiden bei den indirekten Kosten zwischen volkswirtschaftlichen und finanziellen Kosten. Während bei den finanziellen Kosten die Perspektive eines einzelnen Betriebs oder einer Region eingenommen wird, liegt der Fokus bei den volkswirtschaftlichen Kosten auf der nationalen Ebene. Mögliche kompensierende Effekte (Produktionsausfall bei einem betroffenen Betrieb wird durch eine Produktionssteigerung eines nicht betroffenen Betriebs übernommen) werden dabei berücksichtigt. [18] schätzen die volkswirtschaftlichen Verluste aufgrund von Überschwemmungen auf 2 %-6 % der direkten Kosten. Da die indirekten Schäden schwierig zu erheben sind, wird die Verwendung eines fixen Anteils (s.o., dritter Ansatz) der indirekten Kosten an den direkten Kosten von 3 % vorgeschlagen.<sup>7</sup> Eine nähere Analyse sei angebracht, sofern

- die Betriebsunterbrüche zu hohen Exportverlusten oder einer signifikanten Erhöhung von Importen führen würden,
- die betroffenen Betriebe hoch spezialisiert sind und deren Produktionsausfälle nicht durch andere Betriebe aufgefangen werden können.

In diesen Fällen schlagen [18] vor, die indirekten Kosten u.a. über Wertschöpfungsverluste zu messen. Da der Fokus in [18] auf einer aggregierten (nationalen) Ebene liegt, werden auch Effekte auf Betriebe, die nicht direkt vom Naturereignis betroffen sind, in die Betrachtung einbezogen. Wie in Kapitel 3.2 bereits erwähnt, liegt bei iCost der Fokus auf einzelnen Betrieben (regionale Sichtweise). Daher ist für iCost der von [18] beschriebene Ansatz zur näheren Analyse (s.o., Bewertung über Wertschöpfungsverluste) von Interesse.

### 3.2.2 Gruppen 2 und 3: Betriebe des Gesundheitswesens und öffentliche Gebäude (bspw. Schulen)

Die vorangehenden Überlegungen beziehen sich vornehmlich auf die marktorientierten Betriebe, die keine öffentlichen Güter (bspw. Sicherheit, Bildung) oder für die Bevölkerung essenzielle Güter wie Gesundheit produzieren. Indirekte Kosten können bei marktorientierten Betrieben über die (entgangene) Wertschöpfung abgebildet werden.

[16] inkludieren Betriebe des Gesundheitswesens und andere, öffentliche Einrichtungen (wie Schulen) in den Berechnungen des Betriebsausfalls (analog der anderen Branchen). Indirekte Kosten werden dabei über die Anzahl Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und Lohnkosten abgebildet.

<sup>6</sup> Bspw. aufgrund von Selektionseffekten, da an der Befragung möglicherweise nur Unternehmen teilnehmen, die kaum betroffen sind und die für die Befragung notwendigen Ressourcen auch aufbringen können.

<sup>7</sup> [18] zitieren Untersuchungen von Überschwemmungereignissen in England und Wales, die indirekte finanzielle Verluste von rund 27 % der direkten Kosten nennen. Insofern gilt:  $0 \leq \text{indirekte volkswirtschaftliche Verluste} \leq \text{indirekte finanzielle Verluste}$ .

Für die Betriebe des Gesundheitswesens, die Güter und Dienstleistungen zur medizinischen Versorgung der Bevölkerung produzieren, muss beachtet werden, dass ein Betriebsunterbruch zumindest teilweise kompensiert werden muss, soll die Versorgung für Notfälle aufrechterhalten werden. [18] zeigen auf, welche direkten und indirekten Kosten durch (vorübergehende) Spitalschliessungen entstehen. Neben den direkten Kosten (Schäden an Gebäuden und Geräten, Evakuationskosten) werden auch indirekte Kosten berücksichtigt (bspw. Zusatzkosten, die entstehen, weil medizinische Dienstleistungen durch andere Leistungserbringer übernommen werden müssen). [18] erachten die Schätzung der Kosten aufgrund von medizinischen Versorgungsunterbrüchen als sehr komplexe Angelegenheit. Dennoch schlagen [18] vor, bei der Abschätzung der indirekten Kosten folgende Verluste zu monetarisieren (weitere Effekte seien qualitativ zu berücksichtigen):

- Verlust durch Schliessung einer Abteilung: Diese ergeben sich aus der Anzahl der Spitalbetten, die nicht mehr zur Verfügung stehen, multipliziert mit den durchschnittlichen Kosten pro Spitalbett. Falls möglich ist eine Differenzierung nach Bettenkategorie vorzunehmen.
- Kosten aufgrund von Patiententransporten: Diese ergeben sich aus der Anzahl Patientinnen und Patienten, die evakuiert werden müssen, multipliziert mit den durchschnittlichen Kosten eines Patiententransports.

Weiter gehen [18] auch auf mögliche Kosten aufgrund von (temporären) Schulunterbrüchen ein. Folgende Kostenarten werden unterschieden:

- Kosten für temporäre Schulräume<sup>8</sup>, Kosten aufgrund längerer Schulwege (längere Anfahrtswege und damit einhergehend zusätzliche Reisekosten)<sup>9</sup> sowie allfälliger zusätzlicher Betreuungsaufwand durch die Schule.<sup>10</sup>
- Wert eines verlorenen Schultages.
- Verlust von Einkommen der Eltern, da sie u.U. Kinder, die nicht zur Schule gehen können, zu Hause betreuen müssen.

Für die Bewertung des Verlusts eines Schultages schlagen [18] vor, die Anzahl der betroffenen Schülerinnen und Schüler mit den durchschnittlichen Ausgaben pro Schüler/in pro Tag zu multiplizieren. Der Einkommensverlust der Eltern sei über die verlorenen Arbeitstage, bewertet mit einem durchschnittlichen Lohn pro Tag, zu berücksichtigen.

In der Literatur sind keine Hinweise auf Methoden zur Erfassung von indirekten Kosten von weiteren öffentlichen Gebäuden vorhanden. In [18] wird empfohlen, indirekte Kosten für weitere öffentliche Gebäude nicht zu berücksichtigen.<sup>11</sup>

<sup>8</sup> Werden in [18] den direkten Kosten zugeordnet.

<sup>9</sup> Gemäss [18] allerdings schwierig abzuschätzen, da hierfür die zusätzlichen Wege und die damit verbundenen zusätzlichen Reisekosten bekannt sein müssten.

<sup>10</sup> Gemäss [22] waren Schulen im Goms aufgrund des Lawinenwinters 1999 für ca. 1 Woche geschlossen (allerdings nicht aufgrund einer direkten Einwirkung der Lawinen, sondern aufgrund von Strassensperren). Dabei kam es auch zu Trennungen von Schülerinnen und Schülern von ihren Eltern, da Schul- und Wohnort nicht identisch waren. Aus der Studie geht nicht hervor, wo und wie diese Schülerinnen und Schüler untergebracht und betreut wurden und welche Kosten dadurch entstanden.

<sup>11</sup> Eine Begründung, warum auf die Berücksichtigung der indirekten Kosten bei öffentlichen Gebäuden verzichtet werden sollte, findet sich in [18] allerdings nicht.

### 3.2.3 Gruppe 6: Ersatz (z.B. Wohngebäude) und Versorgung (z.B. Leitungen)

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten nur sehr wenige Artikel [3, 18] gefunden werden, welche Hinweise auf indirekte Kosten für die Objekte der Gruppe 6 geben. Die Informationen beziehen sich vielmehr auf die Schadenbilder und beschreiben mögliche Naturgefahrenszenarien und ihre Auswirkungen. Diese können jedoch dazu genutzt werden um solche Angaben direkt bei ausgewählten Anbietern einzuholen. Zu folgenden Objektarten wurden Informationen zusammengetragen:

#### **Erdgasanlagen**

Im Rahmenbericht zur standardisierten Ausmasseinschätzung und Risikoermittlung (Revision 2010) [1] gibt es folgende Hinweise auf Folgeschäden.

Falls der Betrieb, bei dem die Freisetzung ausgelöst wird, in den Geltungsbereich der Störfallverordnung fällt, so muss dieser Inhaber in eigener Sache einen Kurzbericht einreichen und, falls eine schwere Schädigung von Bevölkerung und Umwelt nicht ausgeschlossen werden kann, eine Risikoermittlung erstellen. Im Kurzbericht bzw. in der Risikoermittlung (und beim Treffen von Massnahmen) ist dann das Versagen der Erdgashochdruckleitung als ein möglicher Auslöser für einen Störfall mit zu berücksichtigen. Der Inhaber der Rohrleitungsanlage muss die für diese Abschätzungen erforderlichen Grundlagen zur Verfügung stellen, er muss aber die Folgeschäden in seinem Bericht nicht abhandeln. Ob sich aus solchen Berichten konkrete Zahlen ableiten lassen ist offen und muss mit Hilfe von Befragungen von Infrastrukturbesitzern geklärt werden.

Zudem werden im Bericht Störfallbetrachtungen [2] Angaben zu den Schadenursachen durch Naturgefahren gemacht. Der Anteil der Naturgefahren an dem Versagen von erdüberdeckten Leitungen beträgt ca. 18 %. Diese werden wiederum aufgeteilt auf 60 % Rutschprozesse, 20 % Wasserprozesse und 20 % weitere Ursachen.

Im Dossier Ausfall Gasinfrastruktur der Nationalen Gefährdungsanalyse des Bundesamts für Bevölkerungsschutz BABS [8] werden als möglicher Auslöser für einen Gasunterbruch nur Erdbeben genannt. Zudem wird das Risiko im Risikodiagramm als sehr selten ( $> 300$  Jahre) und das Schadenausmass als gering bezeichnet. In der Gefährdungsanalyse des Kantons Graubünden [5] wird für ein erhebliches Gasausfallereignis eine Wiederkehrperiode von  $> 300$  Jahren angenommen, in derjenigen des Kantons St. Gallen [6] wird ein solches Ereignis als vernachlässigbar bezeichnet und nicht berücksichtigt.

#### **Stromversorgung**

Im Bericht „Schriftenreihe Forschungsforum Öffentliche Sicherheit, State of the Art der Forschung zur Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen am Beispiel Strom / Stromausfall“ [4] wird die Verwundbarkeit der Stromnetze u.a. durch verschiedene Naturgefahrenprozesse in Deutschland analysiert. Es gibt jedoch keine Hinweise auf indirekte Folgen resp. deren Ausmass. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass viele dieser Systeme redundant geführt werden und deshalb kleinere Ereignisse keinen direkten Einfluss auf die Stromversorgung der Bevölkerung haben.

In den Unwetteranalysen zum Orkan Lothar [30] und dem Lawinenwinter 1999 [19, 22 und 28] wurden detaillierte Ereignisanalysen durchgeführt und mit grossem Aufwand versucht die direkten und indirekten Folgeschäden der Ereignisse zu dokumentieren. Es war jedoch in allen Fällen nicht möglich den Anteil der indirekten Kosten zu beziffern.

Zudem wird aus diesen Dokumentationen ersichtlich, dass die Stomausfälle in den meisten Fällen nur wenige Stunden dauerten und bei einem Leitungsunterbruch der Strom durch redundante Systeme (andere Stromleitung, Inselbetrieb, Kleinkraftwerke etc.) zum Endnutzer geliefert werden kann. Somit sind die Kosten welche durch den Stomausfall beim Endkunden entstehen eher gering. Höher ins Gewicht fallen Kosten, welche bei Strombetreibern anfallen, wenn sie über längere Zeit im Inselbetrieb arbeiten müssen und den Strom nicht in Gesamtnetz einspeisen können. Genaue Zahlen für ein solches Szenario sind aber ebenfalls nicht dokumentiert.

Zusätzliche Informationen lassen sich den kantonalen Gefährdungsanalysen [5, 6, 7, 8] entnehmen, welche basierend auf dem Leitfaden KATAPLAN des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) erarbeitet wurden. Darin sind für die relevanten Gefährdungen jeweils ein erhebliches und ein grosses Szenario beschrieben. Aus diesen Szenarien lassen sich Hinweise auf die Dauer der Ereignisse und somit auch auf die indirekten Folgen bei Schäden an den Versorgungsobjekten ableiten.

In [18] wird aufgezeigt, wie Effekte von Stromunterbrüchen aufgrund von Überschwemmungen bewertet werden können. Die Kosten eines Stromunterbruchs können gemäss [18] über die Anzahl der betroffenen Haushalte, Informationen über den Elektrizitätskonsum, der Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung eines Stromunterbruchs und der Dauer des Unterbruchs abgeschätzt werden.<sup>12</sup>

Die Verdienstausfälle, welche sich bei den **Telefon- Fest- und Mobilnetzverbindungen** in Folge der Stromunterbrüche gab, liessen sich nach Aussagen der Swisscom ebenfalls nicht beziffern [19].

### 3.2.4 Gruppe 7: Verkehrswege

Zur Bestimmung der indirekten Kosten bei einem Unterbruch von Verkehrs wegenen finden sich nur wenige Literaturangaben. Es wurden jedoch für Nationalstrassen (RoadRisk) und für Bahnen (EconoMe-Railway) bereits Modelle entwickelt, welche die indirekten Kosten bei einem Unterbruch von Verkehrs wegenen aufgrund von Naturgefahren berechnen können.

#### Strassenverkehr

Indirekte Kosten für Nationalstrassen infolge von Naturgefahren können mit dem Berechnungstool RoadRisk des ASTRA bestimmt werden [9], [10]. Zu beachten gilt, dass das zugrundeliegende Verkehrsmodell mit Daten von 2005 rechnet. Eine Aktualisierung der Daten sollte daher in Betracht gezogen werden. Eine Anwendung des Verkehrsmodells auf Kantonstrassen wäre mit den notwendigen Anpassungen möglich. Bei Gemeinestrassen wäre eher eine lokale Abschätzung der Wichtigkeit der Strasse sinnvoll, um zu einer Monetarisierung der Sperrung zu kommen. In wieweit das Modell auf Kanton- und Gemeinestrassen anwendbar ist, müsste geprüft werden.

[18] beschreiben verschiedene Methoden für die Bewertung von Unterbrüchen im Strassenverkehr. Diese Methoden haben gemeinsam, dass Unterbrüche auf einem Verkehrs weg dazu führen, dass der Verkehr auf andere Wege ausweicht. Dabei kommt es häufig zu Reisezeitverlängerungen. Die geschätzten Kosten aufgrund einer Streckenunter-

<sup>12</sup> [18] zitiert [23], die Zahlungsbereitschaften für die Verhinderung eines Stromunterbruchs von £10/ kWh für private Haushalte und von £35/kWh für industrielle Betriebe ausweisen.

bruchs ergeben sich grundsätzlich aus der Anzahl der betroffenen Fahrzeuge (sofern möglich differenziert nach Fahrzeugtypen), der Länge der Umleitung (in km) bzw. der zusätzlichen Distanz im Vergleich zur normalen Route, den gesamten Reisekosten pro km (neben dem Zeitwert wird dabei auch der Wert für den zusätzlichen Betrieb des Fahrzeugs berücksichtigt; sofern möglich wiederum differenziert nach Fahrzeugtypen) und der Dauer der Unterbrechung. Die Methoden unterscheiden sich allerdings darin, wie die Kosten zugeordnet werden. Sofern Reisekosten pro Kilometer zur Verfügung stehen, können die Kosten aufgrund einer Strassensperrung bspw. unter Einbezug der zusätzlichen Distanz, die bei der Umfahrung der Sperrung anfällt, bewertet mit diesen Reisekosten, berechnet werden. Komplexere Methoden berücksichtigen zudem auch mögliche Effekte auf die Reisegeschwindigkeiten auf den Ausweichrouten.

### **Bahnverkehr**

Im Rahmen des Projektes EconoMe-Railway wurden indirekte Kosten für Bahnen infolge von Naturgefahren bereits bestimmt [12], [13]. Das Berechnungstool EconoMe-Railway ist seit 2015 in EconoMe integriert. Bei der Integration wurden die indirekten Kosten nicht berücksichtigt, da bis zu dem Zeitpunkt indirekte Kosten bei EconoMe kein Thema waren. Befragungen von Bahnunternehmen haben ergeben, dass eine Überarbeitung der Methodik, welche in EconoMe-Railway entwickelt wurde, gewünscht wird. Von Seiten der SBB liegen neue Erkenntnisse vor. Die SBB hat in Zusammenarbeit mit der Uni Fribourg den Felssturz 2012 am Gotthard bzgl. der Verfügbarkeit untersucht [13]. Diese Erkenntnisse sollen in die neue Methodik einfließen. Zudem kam von einigen Bahnunternehmen der Wunsch auf, die indirekten Kosten Regionen spezifisch bestimmen zu können.

[18] beschreiben zwei Methoden, um Kosten aufgrund von Betriebsunterbrüchen im Bahnverkehr (die zu Verspätungen und Ausfällen führen können) zu berechnen. Die erste Methode stützt sich auf (mögliche) Kompensationszahlungen der Eisenbahngesellschaften für die betroffenen Passagiere, die zweite Methode auf die Bewertung von Reisezeitveränderungen ab.

#### **3.2.5 Gruppe 8: Vernachlässigbar**

Obwohl die Gruppe 8 als vernachlässigbar eingestuft wurde und nicht in die Methodik eingehen soll, wurden für diesen Bereich für Wald- und Forstwirtschaft sowie landwirtschaftliche Nutzflächen<sup>13</sup> Methoden zur Abschätzung von Ersatzkosten pro Flächeneinheit gefunden [3, 18], die der Vollständigkeit halber hier erwähnt werden.

#### **Wald- und Forstwirtschaft**

Die Richtlinie für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Massnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich [3] berücksichtigt bei der Bestimmung des Schadenausmaßes für forst- und landwirtschaftliche Flächen auch Ertragsverluste. Diese werden wie folgt hergeleitet.

Der forstliche Schaden wird über die Bonität des Bestandes, die mögliche Holzentwertung durch ein Ereignis, die durch ein Ereignis mögliche Erhöhung der Holzerntekosten sowie das Bestandesalter mittels vorgegebener Hektarsätze ermittelt (Verfahren der

<sup>13</sup> N.B. Gewisse landwirtschaftliche Nutzflächen werden in iCost als marktorientierte Betriebe gehandhabt (siehe Gruppe 1: marktorientierte Betriebe auf Seite 6 und in Tabelle 1).

Landesforstdirektion Tirol sowie der Tiroler Landeslandwirtschaftskammer zur Bewertung von Katastrophenschäden). Der maximale Katastrophenschaden pro Hektar liegt derzeit bei € 17.000,--.

Die **landwirtschaftlichen Nutzflächen** (Grünland, Ackerland, Sonderkulturen und sonstige Nutzflächen) (in ha) sind (für Österreich) getrennt nach roter und gelber Gefahrenzone (oder gleichzuhaltenden Schadensgebieten) einzutragen. Für Grünland (Wiese, Weide, Almfläche) und Ackerland (Getreide, Ölfrüchte) werden einheitliche Hektarsätze vorgegeben (daher sind keine Angaben erforderlich). In diesen Hektarsätzen (Quelle: Landwirtschaftskammer für Oberösterreich) enthalten sind u. a. mehrjährige Ertragsverluste und Ausgleichszahlungen (z.B. ÖPUL). Für den mehrjährigen Ernteverlust wird generell angenommen, dass dieser im ersten Jahr 100 %, im zweiten Jahr 50 % und im dritten Jahr 25 % beträgt, darauf aufbauend wurde ein Faktor von 1,75 festgelegt, mit dem der jährliche Ernteverlust hochgerechnet wurde. Der Ertragsverlust je Hektar für Sonderkulturen bzw. sonstigen landwirtschaftlichen Nutzflächen ist im jeweiligen Einzelfall zu erheben (z.B. bei der Landwirtschaftskammer) und einzutragen.

[18] zeigen sehr detailliert auf, wie Schäden durch Hochwasser im Bereich der Landwirtschaft bewertet werden können. Dabei wird bei der Bewertung von Schäden durch Hochwasser bei Acker- und Weideflächen von Ertragsverlusten ausgegangen. Bei Ackerland bspw. ergibt sich dieser Verlust aus dem verminderten Ertrag (t/ha), bewertet zu Marktpreisen desjenigen Jahres, in welchem das Naturereignis stattgefunden hat.

### 3.3 Implikationen für die Herleitung der Methodik

Für die Herleitung der Methodik für marktorientierte Betriebe, für Betriebe des Gesundheitswesens und für Schulen können die Erkenntnisse aus der Literatur genutzt werden. Dabei steht v.a. die Verwendung branchenspezifischer Referenzwerte (bspw. Verluste an Wertschöpfung pro Person, Ertragsausfälle, Umzugskosten/Verlegungskosten) im Vordergrund. Diese Herangehensweise hat gegenüber anderen, in der Literatur ebenfalls diskutierten Methoden wie Ereignisanalysen oder Verwendung eines fixen Anteils an den direkten Kosten (vgl. [14]) den Vorteil, dass sich die ermittelten Kostensätze auch auf andere Regionen übertragen lassen. Zudem ist der Aufwand zur Ermittlung der Kostensätze im Vergleich zu den anderen Methoden geringer. Für die Bewertung von Unterbrüchen in der Spitalversorgung und Schulunterbrüchen sind aus der Literatur nur wenige Ansätze bekannt (bspw. [18]). Die Bewertung ist komplex und entsprechend aufwändig. Die Berücksichtigung in iCost und damit in EconoMe ist auch vor diesem Hintergrund zu beurteilen. Die Ausführungen bspw. in [14], [18] und [21] zeigen, dass die indirekten Kosten nicht nur am betroffenen Objekt festgemacht, sondern auch über induzierte Effekte sehr umfassend berücksichtigt werden könnten. Diese umfassende Be- trachtung steht bei iCost allerdings nicht im Fokus.

Aus der Literatur lassen sich für die weiteren Objektgruppen (Ersatz und Versorgung sowie Verkehrswege) keine Hinweise zu Methoden gewinnen. Es gibt jedoch vereinzelt Hinweise auf die zu erwartenden Schadenbilder. Diese können als Basis für die Herleitung der Methodik bzw. von Kostensätzen zusammen mit repräsentativen Behörden- und Branchenvertretern (z.B. BABS, Swissgrid, Schweizer Erdgaswirtschaft etc.) verwendet werden.

Sowohl RoadRisk als auch EconoMeRailway bieten gute Ansätze zur Berechnung der indirekten Kosten für Verkehrswege. Beide Ansätze müssen jedoch erweitert werden. Hierfür ist die Zusammenarbeit mit dem ASTRA und den Bahnunternehmen von zentraler Bedeutung.

In Tabelle 1 werden die wichtigsten Erkenntnisse in Bezug auf die Methodik nach Objektgruppen (Spalte 1) getrennt, aufgeführt.

*Tabelle 1: Übersicht Methodik*

Objektgruppe	Objekte	Werte aus der Literatur?	Statistik	Befragung
Gruppe 1: marktorientierte Betriebe	Industrie/ Gewerbegebäude, Campingplatz, Einkaufszentrum, Hotel/ Gästehaus		Wertschöpfung pro Mitarbeiter/in	
	Gemüsekultur, Nutzwald, Obstplantagen, Rebberg, intensiv genutzte Fläche (Ackerland, Mähwiese)	ja	Ertragsverluste (muss näher geprüft werden)	Ertragsverluste (muss näher geprüft werden)
Gruppe 2: Gesundheitswesen	Spital	ja	Kosten pro Spitalbett Alternativ: Wertschöpfung pro Mitarbeiter/in	Kosten für Verlegung von Patientinnen und Patienten
Gruppe 3: Öffentliche Gebäude	Schulen, Kindergarten	ja	Ausgaben pro Schüler/in <sup>14</sup> Alternativ: Kosten pro Mitarbeiter/in	Kosten für temporäre Schulräume
	Bahnhof (weitere) öffentliche Gebäude	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden. Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden

<sup>14</sup> Die Bewertung von weiteren indirekten Kosten neben den durchschnittlichen Ausgaben pro Schüler/in, wie in [18] beschrieben, ist komplexer und entsprechend aufwändiger.

Objektgruppe	Objekte	Werte aus der Literatur?	Statistik	Befragung
	Telekommunikation	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	Gas (auf / unter Terrain)	ja		Hinweise in der Literatur auf Schadenbilder, müsste näher geprüft werden.
	Abwasser	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	Stromleitungen (auf / unter Terrain)	ja	Zahlungsbereitschaft zur Verhinderung eines Stromausfalls, Dauer des Unterbruchs sowie Anzahl der betroffenen Objekte	Hinweise in der Literatur auf Schadenbilder, müsste näher geprüft werden.
Gruppe 6: Ersatz	Wasser (auf / unter Terrain)	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	Kraftwerk	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	ARA	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	Deponie	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	Wasserreservoir	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.

Objektgruppe	Objekte	Werte aus der Literatur?	Statistik	Befragung
Gruppe 7: Verkehrswege	Sendeanlage (Funk, TV)	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	Schutzbauwerk	nein		Keine Hinweise in der Literatur, müsste näher geprüft werden.
	Frei wählbares Sonderobjekt			
Gruppe 8: vernachlässigbar	Strassenverkehr	ja	Methodik ASTRA	Ansatz vorhanden, müssen überprüft und ergänzt werden
	Schienenverkehr	ja	EconoMe-Railway	Ansatz vorhanden, müssen überprüft und ergänzt werden
Frei wählbares Objekt Landwirtschaft, Grünflächen, Wald Extensive Fläche (Weideland)		ja	Methodik WLV	Ansatz vorhanden, müssen überprüft und ergänzt werden

## 4 Methodik

### 4.1 Einleitung

Auf Basis der Objektgruppierung und der Literaturübersicht wurden verschiedene Ansätze zur Quantifizierung gewählt. Die vorläufigen Ergebnisse sind in den nachfolgenden Abschnitten grob umschrieben.

#### Allgemeine Bemerkungen:

- Die durch den Bearbeiter erhobenen Werte sollen möglichst aktuell sein (keine Zukunftsprognostik).
- Sperr- und Ausfalldauern können nicht vorgegeben werden. Diese Werte haben einen grossen Einfluss auf die indirekten Kosten und müssen mit der betroffenen Bahngesellschaft, Gemeinde bzw. Kanton und allenfalls anderen zuständigen Ämtern bestimmt werden. Für Strassenobjekte, insbesondere für Nationalstrassen, mögen die in RoadRisk vom ASTRA vorgegebenen Werte als Anhaltspunkt dienen. Bei der Bestimmung der Sperr- und Ausfalldauern für die verschiedenen Objektarten sollen die Intensität und Ausdehnung (v.a. bei Linienobjekten) der Betroffenheit berücksichtigt werden. So mag beispielsweise 1 m stark betroffene Strasse weniger lang gesperrt sein als 100 m bei mittlerer Betroffenheit.
- Die indirekten Kosten der Punkt- und Flächenobjekte werden jeweils mit der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit ( $p_{rA}$ ) multipliziert, während die indirekten Kosten der Linienobjekte mit der Erreichenswahrscheinlichkeit ( $p_{ES}$  bzw.  $p_{EGI}$ , nur für Stein-/Blockschlag relevant, da  $p_{ES}$  und  $p_{EGI} = 1$  für alle anderen Prozesse) verrechnet werden. Diese Reduktion der Kosten geschieht analog zur Berechnung der direkten Kosten, da laut den iCost-Rahmenbedingungen nur betroffene Gebäude indirekte Kosten generieren.
- Bei älteren Projekten, bei denen die schwache Intensität des Prozesses Murgangs als dynamische Überschwemmung erfasst wurde, darf die Sperrdauer für dasselbe Objekt nur einmal erfasst werden. Ist ein Objekt also sowohl schwach (dynamische Überschwemmung) als auch mittel und/oder stark (Murgang) betroffen, sollte die maximal Sperrdauer für das Objekt nur einmal in der Konsequenzenanalyse des Murgangs erfasst werden.

### 4.2 Ergebnisse

#### 4.2.1 Gruppe 1: Marktorientierte Betriebe

##### Industrie / Gewerbe

Werte:

- Approximation des Betriebsausfalls über den Ausfall an Wertschöpfung pro Mitarbeiter und Stunde (Produktivität) während des Betriebsunterbruchs.

Bei einem vollständigen Betriebsausfall werden die indirekten Kosten folgendermassen berechnet:

$$iK = \left( \sum_{i=1}^n VZÄ_i * W_i \right) * d$$

$VZÄ_i$  = betroffene Vollzeitäquivalente der Branche  $i$   
 $W_i$  = Wertschöpfung pro VZÄ pro Arbeitsstunde in Branche  $i$   
 $d$  = Stunden Betriebsausfall

Vorgehen / Kontakt:

- Nutzung von öffentlich verfügbaren Daten zu Beschäftigung und Wertschöpfung (differenziert nach Branchen) (BFS)

Resultate:

Das BFS weist die Arbeitsproduktivität nur auf gesamtwirtschaftlicher Ebene als Wertschöpfung pro Arbeitsstunde aus. Dabei wird das Bruttoinlandprodukt (BIP) durch die tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden gemäss der Arbeitsvolumenstatistik (AVOL) geteilt. Da die AVOL nur auf Stufe NOGA 1-Steller (Abschnitte) verfügbar ist, werden keine Werte auf Branchenebene berechnet. Zur Berechnung der Arbeitsproduktivität differenziert nach Branchen (NOGA-Abschnitte) wird die Wertschöpfung durch die vollzeitäquivalente Beschäftigung geteilt:

- Arbeitsproduktivität = Wertschöpfung / VZÄ [Fr. / VZÄ] (differenziert nach Branchen)

Die entsprechenden Werte werden vom BFS in der Produktivitätsstatistik ausgewiesen. Dabei gilt es zu beachten, dass sich die Werte nur auf den marktbestimmten Teil der Wirtschaft (sog. Businesssektor) beziehen.<sup>15</sup>

Um dennoch einen Wert für die Wertschöpfung pro Stunde zu erhalten, braucht es Informationen zur jährlichen Arbeitszeit pro VZÄ. Hierfür greifen wir auf die Arbeitsvolumenstatistik (AVOL) zurück. Diese weist u.a. die tatsächliche jährliche Arbeitszeit der Vollzeitarbeitnehmenden, differenziert nach Branchen, aus:

- Jährlicher Arbeitsinput pro VZÄ = Jährliche Arbeitszeit pro Vollzeitarbeitnehmenden [h / VZÄ]

Um von der Wertschöpfung pro vollzeitäquivalente Beschäftigung zur Wertschöpfung pro Arbeitsstunde zu gelangen, wird die Arbeitsproduktivität durch den jährlichen Arbeitsinput pro VZÄ geteilt. Bei dieser Berechnung treffen wir implizit folgende Annahmen:

- Jährliche Arbeitszeit pro VZÄ auf NOGA 1-Steller kann für die dazugehörigen NOGA 2-Steller übernommen werden (gleiche Werte für alle Branchen innerhalb des gleichen Wirtschaftsabschnitts).

<sup>15</sup> [26] (S. 85): „Das BFS zählt alle institutionellen Einheiten zu den marktbestimmten Unternehmen ausser jene, die der öffentlichen Verwaltung (Bund, Kantone, Bezirke, Gemeinden) oder den privaten Organisationen ohne Erwerbszweck (POoE) zuzuordnen sind. Letztere sind öffentlich-rechtliche Körperschaften sowie teilweise Stiftungen und Vereine, die keinen Gewinn erwirtschaften dürfen oder sollen.“ Sowohl die vollzeitäquivalente Beschäftigung wie auch die Wertschöpfung werden entsprechend um den nicht-marktbestimmten Teil der Wirtschaft bereinigt.

- Gleiche jährliche Arbeitszeit pro VZÄ für den markt- und nicht-marktorientierten Bereich der Wirtschaft (Produktivität wird vom BFS nur für den marktorientierten Bereich der Wirtschaft berechnet).

Die Datenquellen sind in Tabelle 2, die Werte für die Wertschöpfung pro Stunden, differenziert nach Branchen, in Tabelle 4 aufgelistet. Die Branchenstruktur und allfällige Aggregationen richten sich dabei nach der öffentlich verfügbaren Produktivitätsstatistik.

In iCost soll die Anzahl der Beschäftigten in VZÄ erfasst werden. Hierzu wird entweder die Zahl der Beschäftigten mit dem schweizerischen durchschnittlichen Beschäftigungsgrad verrechnet oder die VZÄ können direkt beim Unternehmen erhoben werden.

Der indirekte Schaden für einen Betrieb mit mehreren Gebäuden kann entweder auf die Gebäude aufgeteilt oder bei einem der Gebäude erfasst werden.

*Tabelle 2: Datenquelle Objektgruppe 1*

Variable	Datenquelle	Bemerkungen
Arbeitsproduktivität in Franken pro vollzeitäquivalente Beschäftigung (differenziert nach Branchen)	Produktivitätsstatistik (BFS)	Differenzierung nach NOGA-Stufe 2 (Abteilungen) Nur Businesssektor Aktuellste Werte: 2014
Tatsächliche Jahresarbeitszeit der Vollzeitarbeitnehmenden (Beschäftigungsgrad = 100%) in Stunden pro Arbeitsstelle (differenziert nach Branchen)	Arbeitsvolumenstatistik (AVOL, BFS)	Differenzierung nach NOGA-Stufe 1 (Abschnitte) vorhanden. Aktuellste Werte: 2016

Abgrenzungen nach Sektoren gemäss BFS:

- 2. Sektor (Industrie und Baugewerbe): NOGA-Abteilungen 05-43
- 3. Sektor (Dienstleistungsbranchen): NOGA-Abteilungen 45-96

*Tabelle 3: Zuordnung Objekte zu NOGA-Abteilungen*

Objekt	NOGA-Abteilung	Bemerkungen
Industrie-/Gewerbegebäude	diverse Branchen des 2. Sektors (B-E: Industrie); F: Baugewerbe), Branchen des 3. Sektors (Dienstleistungsbranchen)	Herausforderung besteht hier darin, eine Zuordnung der Objekte auf die NOGA-Abteilungen (oder Aggregationen davon) vorzunehmen.
Hotel - Gästehaus	55	
Einkaufszentrum	47	
Campingplatz	55	

*Quelle: Eigene Zuteilung gemäss NOGA 2008 und Informationen aus dem Kodierungsunterstützungsinstrument KUBB (<http://www.kubb2008.bfs.admin.ch/>).*

Tabelle 4: Wertschöpfung pro Stunde (2014)

NOGA- Ab- schnitte	NOGA- Abteilun- gen	Titel	Wertschö- fung pro VZÄ und Stunde [Fr. / h]
A		Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei	
	01 - 03	Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei	21.5
B		Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	
	05 - 09	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	97.0
C		Verarbeitendes Gewerbe / Herstellung von Waren	
	10 - 12	Herstellung von Nahrungsmitteln und Tabakerzeugnis- sen	76.8
	13 - 15	Herstellung von Textilien und Bekleidung	50.1
	16	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	46.2
	17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	67.9
	18	Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung	54.3
	19 - 20	Kokerei, Mineralölverarbeitung und Herstellung von chemischen Erzeugnissen	113.0
	21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	316.3
	22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	67.1
	23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verar- beitung von Steinen und Erden	89.0
	24	Metallerzeugung und -bearbeitung	75.4
	25	Herstellung von Metallerzeugnissen	60.7
	26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und Uhren	123.6
	27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	84.5
	28	Maschinenbau	80.9
	29	Herstellung von Automobilen und Automobilteilen	87.8
	30	Sonstiger Fahrzeugbau	102.3
	31	Herstellung von Möbeln	60.9
	32	Herstellung von sonstigen Waren	85.2
	33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüs- tungen	60.9
D		Energieversorgung	
	35	Energieversorgung	161.9
E		Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen	
	36 - 39	Wasserversorgung, Beseitigung von Umweltverschmut- zungen	72.7

NOGA- Ab- schnitte	NOGA- Abteilun- gen	Titel	Wertschöp- fung pro VZÄ und Stunde [Fr. / h]
F		Baugewerbe/Bau	
	41 - 43	Baugewerbe/Bau	56.5
G		Handel, Instandhaltung und Reparatur von Motorfahrzeu- gen	
	45	Handel und Reparatur von Motorfahrzeugen	49.5
	46	Grosshandel	159.3
	47	Detailhandel	51.6
H		Verkehr und Lagerei	
	49 - 51	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen, Schifffahrt, Luftfahrt	76.5
	52	Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistun- gen für den Verkehr	79.5
	53	Post-, Kurier- und Expressdienste	51.4
I		Gastgewerbe/Beherbergung und Gastronomie	
	55	Beherbergung	33.1
	56	Gastronomie	31.7
J		Information und Kommunikation	
	58 - 60	Verlagswesen, audiovisuelle Medien und Rundfunk	64.8
	61	Telekommunikation	169.4
	62 - 63	Informationstechnologische und Informationsdienstleis- tungen	90.3
K		Erbringung und Finanz- und Versicherungsdienstleis- tungen	
	64	Erbringung von Finanzdienstleistungen	125.6
	65	Versicherungen	190.0
L		Grundstücks- und Wohnungswesen	
	68	Grundstücks- und Wohnungswesen	77.4
M		Erbringung von Freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen	
	69 - 71	Erbringung von freiberuflichen und technischen Dienst- leistungen	78.0
	72	Forschung und Entwicklung	209.1
	73 - 75	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und techni- sche Tätigkeiten	42.4

NOGA- Ab- schnitte	NOGA- Abteilun- gen	Titel	Wertschöp- fung pro VZÄ und Stunde [Fr. / h]
N		Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleis- tungen	
	77 - 82	Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleis- tungen	43.9
O		Öffentliche Verwaltung, Verteidigung und Sozialversi- cherung	
	84	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung und Sozialversi- cherung	k.A. <sup>16</sup>
P		Erziehung und Unterricht	
	85	Erziehung und Unterricht	k.A. <sup>17</sup>
Q		Gesundheits- und Sozialwesen	
	86	Gesundheitswesen	64.9
	87 - 88	Heime und Sozialwesen	37.0
R		Kunst, Unterhaltung und Erholung	
	90 - 93	Kunst, Unterhaltung und Erholung	49.2
S		Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	
	94 - 96	Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	41.0
T		Private Haushalte mit Hauspersonal, Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleistungen durch pri- vate Haushalte für den Eigenbedarf ohne ausgeprägten Schwerpunkt	
	97	Private Haushalte mit Hauspersonal	41.2
	98	Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleis- tungen durch private Haushalte für den Eigenbedarf	k.A.
U		Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	
	99	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	k.A.

Quelle: Produktivitätsstatistik, AVOL (BFS), eigene Berechnungen.

<sup>16</sup> Keine Angaben zur Wertschöpfung pro VZÄ (da nicht marktbestimmt). Dies gilt auch für die NOGA-Abteilungen 98 und 99.

<sup>17</sup> Keine Angaben zu den Arbeitsstunden. Gemäss AVOL (BFS), T 03.02.03.01.02.04: „Für das Unterrichts-  
wesen werden die erhobenen Überstunden und Absenzen – und folglich die tatsächlich geleisteten Ar-  
beitsstunden – aufgrund bestimmter Hypothesen, die einen bedeutenden Einfluss auf die Ergebnisse ha-  
ben könnten, nicht veröffentlicht.“

## Landwirtschaft

Werte:

- Ertragseinbusse pro Jahr und Are bedingt durch einen kompletten Verlust der Pflanzen.

Vorgehen / Kontakt:

- Befragung
- Pascal Forrer (Schweizer Hagel, Schweizerische Hagel-Versicherungs-Gesellschaft; Direktor).<sup>18</sup>

Resultate:

Zwei öffentlich verfügbare Wegleitungen ([24] und [25]) geben Auskunft über Kulturschäden und informieren über die Berechnungsmethode. Die Schweizerische Hagel-Versicherungs-Gesellschaft hat zudem eine Liste mit Ertrags- und Wertansätzen für das Jahr 2017 zur Verfügung gestellt (E-Mail vom 13.11.2017).

Die Bemessung des Schadens von Kulturland ist eine komplexe Angelegenheit. Dies wiederspiegelt sich auch in der Berechnungsmethode und der hohen Ausdifferenzierungsgrad der Werte. Gemäss [24] muss die Bemessung der Kulturschäden aufgrund einer örtlichen Besichtigung und unter Berücksichtigung der Verhältnisse des Einzelfalls erfolgen. Die Richtlinien in [24] sollen u.a. die Schätzung erleichtern und beziehen sich auf die vorübergehende Beanspruchung von Kulturland durch Bauarbeiten, Festbetrieb oder Ähnliches.

In [24] werden die Schritte für die Abschätzung der Kulturschäden aufgezeigt und besprochen. Gemäss [24, S. 8] äussert sich der Schaden für den Bewirtschafter einerseits im Kulturschaden (Erntewert geschädigte Kultur) abzüglich der Erntekosten, einem allfälligen Mehraufwand (Kosten einer Nach- oder Ersatzansaat sowie weiterer Mehraufwand), abzüglich des Erntewerts der Ersatzkultur (wiederum abzüglich der Erntekosten) und einem Ausfall an Direktzahlungen. Der Einfachheit halber wird nachfolgend nur der Kulturschaden abgebildet.

Die Bewertung von Obstkulturen wird in [25] beschrieben. Als Bewertungsgrundlage stehen Tabellen, differenziert nach verschiedenen Obstkulturen, zur Verfügung, die Entschädigungen pro ha oder Baum vorgeben. Dabei müssen folgende Informationen zur Verfügung stehen: Anzahl Bäume pro Hektare, Ertrag (in Tonnen) pro Hektare, Standjahr. Die Richtwerte wurden unter der Annahme berechnet, dass im gleichen oder darauf folgenden Jahr Neupflanzungen möglich sind. Die Werte umfassen die Entschädigung für Baummaterial, Baumgerüst, entgangener Nutzen und zusätzliche ausserordentliche Rodungskosten.

Gemäss [24] existieren für Reben keine publizierten Ansätze. Kulturschäden müssen von einem Experten geschätzt werden.

Die Liste mit Ertrags- und Wertansätzen der Schweizerischen Hagel-Versicherungs-Gesellschaft für das Jahr 2017 stützt sich u.a. auf die erwähnten Wegleitungen ([24], [25]).

<sup>18</sup> Gemäss Richtlinien des Schweizerischen Fonds für Hilfe bei nicht versicherbaren Elementarschäden (fondsuisse) werden Schäden an Kulturen (Ertragsausfall), die gegen Hagel versichert werden können, grundsätzlich nicht mehr berücksichtigt. In den Richtlinien von fondsuisse wird darauf hingewiesen, dass die Schweizerische Hagel-Versicherungs-Gesellschaft im Rahmen der allgemeinen Versicherungsbedingungen auch nicht durch Hagel verursachte Elementarschäden an Kulturen sowie mindestens zum Teil die Instandstellungskosten von beschädigtem Kulturland vergütet. Aus diesem Grund wurde für die Ermittlung der Werte nur die Schweizerische Hagel-Versicherungs-Gesellschaft angefragt.

Es finden sich dort zudem Ertragswerte für Weintrauben und Obst (ohne Berücksichtigung von Kosten für den Ersatz von Pflanzen).

Die in iCost verwendenden Kostensätze für die landwirtschaftlichen Objekte wurden auf Grundlage der Ertrags- und Wertansätze der Schweizerischen Hagel-Versicherungs-Gesellschaft und der Wegleitung [24] ermittelt. Die Werte sind in Tabelle 6 zusammengefasst. In einem ersten Schritt wurden die Werte aus Liste der Ertrags- und Wertansätze der Schweizerischen Hagel-Versicherungs-Gesellschaft und der Wegleitung [24] aggregiert (Bildung von Mittelwerten). Die dritte Spalte in Tabelle 5 gibt Auskunft über diese Aggregation. Anschliessend wurde auf dieser Grundlage wiederum über die Bildung von Mittelwerten Werte für die Objekte in EconoMe berechnet (vgl. Tabelle 6).

Bei Flächen, die von mehr als einer Intensität betroffen sind (mit unterschiedlichen Ertragsausfalldauern pro Intensität), soll ein flächenabhängiger Mittelwert der Ertragsausfalldauer angegeben werden.

Der Schaden, der bei landwirtschaftlichen Objekten entsteht, kann mit den Jahreszeiten variieren. So werden durch eine Lawine auf einer im Winter brachliegende Fläche keine indirekten Kosten generiert, während ein Murgang im Frühling die gesamte Ernte zerstören kann. Dieser Sachverhalt ist jedoch nicht immer eindeutig oder einfach zu bestimmen, weshalb dies als Detail vernachlässigt wird.

In den EconoMe-Standardwerten für Landwirtschaftsobjekte sollten nur die Wiederherstellungskosten enthalten sein (keine Ertragsverluste). Diese Werte bzw. deren Quellen sollen bei einer Überarbeitung der Standardwerte überprüft werden.

*Tabelle 5: Ertragsansätze 2017*

Landwirtschaftszweig	Ansatz Erntewerte [Fr./a]	Bemerkungen
<b>Ackerland und Mähwiesen</b>		
Wiesen (intensiv, mittel intensiv, wenig intensiv)	35	Mittelwert über Leistungsnachweise (ÖLN <sup>19</sup> mittel/hoch <sup>20</sup> , BIO) und Höhenlagen (Talzone, Hügelzone, Bergzone) <sup>21</sup>
Weisen (extensiv)	7	Mittelwert über Leistungsnachweise (ÖLN, BIO) und Anzahl Nutzungen.
Getreide (Weizen, Dinkel, Roggen, Triticale, Gerste, Hafer, Mais)	41	Mittelwert über Leistungsnachweise (ÖLN mittel/hoch, BIO) und Getreidesorten und -arten.
Kartoffeln	194	Mittelwert über Leistungsnachweise (ÖLN mittel/hoch, BIO) und Kartoffelsorten.

<sup>19</sup> Ökologischer Leistungsnachweis ("Minimalstandard" für Direktzahlungen).

<sup>20</sup> Berücksichtigung von mittleren und hohen Erträgen pro Are.

<sup>21</sup> Ausgewiesen wird der Jahresertrag. Dieser könnte weiter auf die Anzahl der Nutzungen (max. 5 Schnitte pro Jahr) aufgeteilt werden. Der Einfachheit halber wird auf eine Differenzierung nach der Anzahl der Nutzungen verzichtet. D.h., dass der Ertragsausfall u.U. überschätzt wird (bspw. dann, wenn das Ereignis in der Jahresmitte eintritt, also nicht alle Schnitte davon betroffen sind).

Landwirtschaftszweig	Ansatz Erntewerte [Fr./a]	Bemerkungen
Rüben (Zucker-/Futterrüben)	62	Mittelwert über Leistungsnachweise (ÖLN mittel/hoch, BIO) und Rübensorten.
Ölsaaten und Eiweisskultu- ren	32	Mittelwert über Leistungsnachweise (ÖLN mittel/hoch, BIO) und Raps-, Bohnen- und Erbsensorten.
<b>Spezialkulturen</b>		
Weintrauben	488	Mittelwert über Ansätze für Kelter- und Ta- feltrauben. Nur Ertrag, kein Ersatz der Pflan- zen.
Obst (Äpfel, Birnen, Kirschen, Pflaumen, Zwetschgen, Pfir- siche, Aprikosen)	320	Mittelwert über Ansätze für verschiedene Obstarten, -sorten und -qualitäten. Nur Er- trag, kein Ersatz der Pflanzen.
Beeren (Erdbeeren, Himbeeren, Brombeeren, Johannisbee- ren, Stachelbeeren, Heidel- beeren)	1'330	Mittelwert über Ansätze für verschiedene Beerensorten,-arten und -anbauweisen.
Gemüse	314	Mittelwert über Ansätze für verschiedene Gemüsesorten und -arten.
Tabak	345	Nur ein Wert vorhanden.

Quelle: Ertragsansätze gemäss Schweizerischer Hagel-Versicherungs-Gesellschaft, agriexpert.

Tabelle 6: Ertragsansätze 2017, Objekte gemäss EconoMe

Landwirtschaftszweig	Ansatz Erntewerte [Fr./a]	Bemerkungen
intensive Flächen	73	Mittelwert <i>Ackerland und Mähwiesen, ohne Wiesen (extensiv)</i> (vgl. Tabelle 5)
extensive Flächen (Weide- land)	n.a.	Keine Werte für Weiden ver- fügbar.
Rebberg	488	vgl. Tabelle 5 ( <i>Weintrauben</i> )
Gemüsekultur	314	vgl. Tabelle 5 ( <i>Gemüse</i> )
Obstplantagen	475	vgl. Tabelle 5 ( <i>Obst</i> )

Quelle: Ertragsansätze gemäss Übersicht Schweizerischer Hagel-Versicherungs-Gesellschaft,  
agriexpert.

#### 4.2.2 Gruppe 2: Gesundheitswesen

Werte:

Für die Berechnung der indirekten Kosten aufgrund eines Ausfalls eines Spitals kommen zwei mögliche Ansätze in Frage:

- Ausfallkosten: Dabei können die indirekten Kosten wie bei der Objektgruppe 1 über die entgangene Wertschöpfung quantifiziert werden (vgl. Abschnitt Q in Tabelle 4). Alternativ kann auch eine Quantifizierung über Erlöse (Kosten) pro Pflegetag oder Erlöse (Kosten) pro Bett erfolgen.
- Ersatzkosten: Die indirekten Kosten können dabei über die Bewertung der Kosten für den temporären Ersatz der vom Spital erbrachten Leistungen sowie für die Verlegung von Patientinnen und Patienten abgebildet werden.

Vorgehen / Kontakt:

- Ermittlung Kosten (Ertrag) pro Pflegetag oder Spitalbett über Standardwerte aus der Statistik
- Ermittlung Kosten für Verlegung von Patientinnen und Patienten sowie Kosten für temporären Ersatz mittels Befragung.

Resultate:

Werte für die Ausfallkosten können über Standardwerte aus der Statistik abgeleitet werden. Tabelle 7 und Tabelle 8 geben Auskunft über die Datenquellen, mögliche Differenzierungen und konkrete Werte. Für die Berechnung im konkreten Anwendungsfall müsste die Anzahl der Pflegetage oder die Anzahl der Betten sowie die Dauer des Ausfalls in Tagen angegeben werden.

Standardwerte für Ersatzkosten konnten keine gefunden werden. Auch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) konnte keine konkreten Werte liefern. Informationen über die relative Wichtigkeit von Ausfall- und Ersatzkosten sind entsprechend nicht verfügbar. Aufgrund der Informationen aus dem Interview mit dem BABS wurde gezielt nach Literatur gesucht, die über Notfallpläne und konkrete Ereignisse, die Evakuierungen zur Folge hatten, Auskunft geben. Die wichtigsten Erkenntnisse aus der gesichteten Literatur sind nachfolgend zusammengefasst.

- Es gibt zahlreiche Medienberichte über Evakuierungen von Krankenhäusern aufgrund des Hochwassers der Elbe im Jahr 2002. Die Recherche hat allerdings keine Studien / Berichte geliefert, die über indirekte Kosten (im Sinne von iCost) Auskunft geben würden.
- [28] skizzieren am Beispiel einer notfallmässigen Evakuierung des Bundeswehrkrankenhauses Ulm (500 Betten), wie die Evakuierung abgelaufen ist. Patientinnen und Patienten wurden in Gruppen eingeteilt („gehfähig“, „nicht-gehfähig“ bzw. „bettpflichtig“, „intensivpflichtige“ Patientinnen und Patienten). Die „gehfähigen“ Patientinnen und Patienten wurden in eine städtische Turnhalle verlegt. Die „nicht-gehfähigen“ bzw. bettpflichtigen Patientinnen und Patienten wurden in ein Krankenhaus in unmittelbarer Nähe verlegt. Die „intensivpflichtigen“ Patientinnen und Patienten wurden mit Ambulanzfahrzeugen in

umliegende Krankenhäuser verlegt. Nach der Normalisierung der Situation<sup>22</sup> kam es zu einer Rückverlegung der Patientinnen und Patienten, um die anderen Krankenhäuser wieder zu entlasten.<sup>23</sup>

Das Beispiel macht deutlich, dass die Kosten für eine Evakuierung und der damit verbundenen Verlegungen von Patientinnen und Patienten von den konkreten Umständen abhängig sind (bspw. stehen Spitäler in unmittelbarer Umgebung zur Verfügung? Wie sieht der Case Mix des betrachteten Spitals aus?) Der Aufwand für die Berechnung von Kostensätzen<sup>24</sup> einerseits und die Erfassung der konkreten Situation durch den iCost-Bearbeiter im Anwendungsfall andererseits ist als hoch einzuschätzen.

Konkrete Informationen zu kurz-/mittelfristigem Ersatz von medizinischen Leistungen wurden keine gefunden.

*Tabelle 7: Datenquelle Objektgruppe 2*

Variable	Datenquelle	Bemerkungen
Kosten pro Pflegetag oder Spitalbett (stationär)	Kennzahlen der Spitäler (BAG), Krankenhausstatistik (BFS)	Differenzierung nach Aktivitätstypen (A: Akutbehandlung; R: Rehabilitation; P: Psychiatrie; B: Geburtshaus) möglich.
Erlös pro Pflegetag oder Spitalbett (stationär)		Aktuellste Werte: 2015

*Tabelle 8: Kosten / Erlös pro Pflegetag für stationäre Leistungen (2015)*

Aktivitätstyp	Kosten pro Pflegetag [Fr. / Tag]	Erlös pro Pflegetag [Fr. / Tag]	Kosten pro Bett [Fr. / Tag]	Erlös pro Bett [Fr. / Tag]
Akutbehandlung	2'121	2'282	1'730	1'861
Rehabilitation	800	825	687	714
Psychiatrie	745	775	697	719
Geburtshaus	1'048	1'037	817	808
Total	1'569	1'675	1'329	1'419

Quelle: Kennzahlen der Spitäler (BAG), Krankenhausstatistik (BFS), eigene Berechnungen.

Obwohl eine umfassende Überprüfung bei über 600 Standorten zeitraubend wäre, ist unwahrscheinlich, dass sich viele Schweizer Spitäler in einem Gefahrengebiet befinden.

<sup>22</sup> Diese trat in diesem konkreten Fall bereits innerhalb von 24h wieder ein, da das Ereignis, das zur Evakuierung geführt hat - eine Bombendrohung - am Objekt keine bleibenden Schäden hinterlassen hat.

<sup>23</sup> Weitere Quellen: <http://europepmc.org/abstract/med/15506252>

<sup>24</sup> Für die Bewertung der Verlegung mittels Ambulanzfahrzeug könnte bspw. ein durchschnittlicher Preis für einen Ambulanztransport verwendet werden. Dieser Wert könnte bspw. aus Informationen des Preisüberwachers ([29]) abgeleitet oder bei den Notfalldiensten abgefragt werden.

Daher lohnt sich ein grosser Aufwand zur Kostenbestimmung für Verlegung und Ersatz nicht. Die NOGA-Werte zur Wertschöpfung pro Mitarbeitenden sind statistisch belegt und werden laufend aktualisiert. Der Berechnungsansatz über die Wertschöpfung ist konsistent mit der Methodik für die Gruppe 1: marktorientierte Betriebe, was eine Vereinfachung für iCost-Bearbeiter bedeutet. Aus diesen Gründen werden für das Gesundheitswesen die NOGA-Werte der Branche Gesundheits- und Sozialwesen (NOGA-Abteilungen 86-88) als Ermittlungsgrundlage für indirekte Kosten dienen.

#### 4.2.3 Gruppe 3: Öffentliche Gebäude

##### **Schule / Kindergarten und öffentliche Gebäude**

Werte:

- Miete Ersatz pro  $m^3$  und Zeit (z.B. Tag, Woche)
- Miete pro Person (falls keine anderen Angaben vorhanden sind)

Vorgehen / Kontakt:

- Befragung BABS
- Austausch mit Annette Rubach, Teamleiterin Schulraumentwicklung bei Basler & Hofmann AG (Miete Container für Schulraumersatz)
- Befragung Gemeinde Rüeggisberg (durch Murgang betroffenes Schulhaus)

Resultate:

Um Werte für die Quantifizierung der indirekten Kosten zu ermitteln, wurde ein Interview mit einem Experten des BABS durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass konkrete Werte nicht verfügbar sind. Ob Ersatzräume zur Verfügung gestellt werden müssen oder nicht hängt stark davon ab, wie die Gemeinde organisiert ist. Falls Redundanzen vorhanden sind (d.h. in diesem Fall andere Schulhäuser oder Turnhallen), dann braucht es keine Ersatzräume; die Schülerinnen und Schüler können einfach auf die bestehenden Schulen bzw. Klassen oder Räume verteilt werden. Die Nutzung von gemeindeeigenen Räumen verursacht keine "direkten" Kosten. Allerdings ist mit Opportunitätskosten zu rechnen (bspw. könnte die Turnhalle vermietet werden). Sofern keine bestehenden Räume zur Verfügung stehen, können Container als Ersatzräume zur Verfügung gestellt werden.

Die Situation im konkreten Fall ist entscheidend. Dies zeigt bspw. das Beispiel der Gemeinde Rüeggisberg im Kanton Bern. Im Sommer 2010 wurde in Rüeggisberg ein Schulgebäude von einem Murgang getroffen und teilweise zerstört. Die Gemeinde hat für die Tage nach dem Murgang Räumlichkeiten in der Gemeinde selber bereitgestellt (Gemeindesaal, Hortraum in einer anderen Schulanlage, Räumlichkeiten eines geschlossenen Restaurants). Mit einer Pinselrenovation wurde ein altes Schulhaus, das eigentlich abgerissen oder verkauft werden sollte, in Stand gestellt. Einen direkten Schulraumersatz (bspw. Container) brauchte es daher nicht. Die Räumlichkeiten gehörten zudem mehrheitlich der Gemeinde. Der Gemeinde entstanden Kosten für Ersatzbeschaffungen für Schulmaterial, die Instandstellung des alten Schulhauses für die Inbetriebnahme als Ersatzstandort (in diesem Fall Pinselrenovation), Kosten für Sicherungsmassnahmen am

vom Murgang betroffenen Schulhaus sowie ausserordentliche Löhne für Personal, das für die Aufräum- und Zügelarbeiten eingesetzt werden musste.<sup>25</sup>

Es ist davon auszugehen, dass sich die Situation von Objekt zu Objekt stark unterscheidet. „Generalisierbare“ Kostensätze und ein einheitliches Vorgehen zur Berechnung der indirekten Kosten von betroffenen Schulen und öffentlichen Gebäuden lassen sich deshalb schwer ableiten, doch die Mietkosten von Container als Ersatzräume bieten einen möglichen Ansatz dazu.

Die Auswertung einer Richtofferte für die Erstellung von provisorischen Schulräumen mittels Containern ergeben die in der Tabelle 9 aufgeführten Werte. Die Werte basieren auf folgenden Rahmenbedingungen:

- 1 Klassenzimmer, 1 Garderobe / sanitäre Anlagen, 1 Gruppenraum.
- Die Mindestmietdauer für das Provisorium ist gemäss Offerte 24 Monate. Es ist daher davon auszugehen, dass es sich hier um ein sehr gut ausgestattetes Provisorium handelt.

Es gilt zu beachten, dass es grosse Unterschiede in der Ausstattung, Qualität etc. der Container gibt und die Gesamtkosten von Provisorien stark vom Kontext abhängig sind (Werkleitungsanschlüsse, Fundamente, Vorinvestitionen für eine spätere Aufstockung etc.). Diese Unterschiede können mit diesem Beispiel nicht alle abgebildet werden.

*Tabelle 9: Berechnung Mietkosten Schulraumprovisorium (Container)*

	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[Fr.]	[Fr. / m <sup>3</sup> ]
Raumhöhe	2.50			
Aussenmasse, Länge		22.03		
Aussenmasse, Breite		6.05		
Volumen			333.20	
Mietpreis pro Monat (inkl. MWST)				2'600
Mietpreis pro m <sup>3</sup> und Monat (inkl. MWST)				7.80

*Grundlage für die Berechnung: Miet-Angebot der Condecta für ein Schulraumprovisorium (Richtofferte vom 27.8.2017, 3 Monate Gültigkeit), Informationen von Annette Rubach, Expertin Schulraumentwicklung bei Basler & Hofmann AG (E-Mail vom 28.8.2017). Die Kosten für den Auf- und Abbau (ca. Fr. 16'000) sind im Mietpreis nicht berücksichtigt.*

Schulraumprovisorien wären erst nach längerer Ausfallzeit eine realistische Lösung, in keinem Fall aber schon ab dem ersten Tag. In den meisten Fällen würde sich wahrscheinlich eine individuelle Überbrückungslösung finden, doch auch diese individuellen Lösungen verursachen Kosten. Die Abschätzung der indirekten Kosten für Schulen und öffentliche Gebäude über die Mietkosten von Containern ist einfach, konsistent und nachvollziehbar. Damit die indirekten Kosten nicht überschätzt werden (u.a. weil Container nicht schon ab dem ersten Tag gemietet würden), werden die Auf- und Abbaukosten

<sup>25</sup> Davon würden nach unserer Definition nur die Kosten für die Instandstellung des alten Schulhauses und die ausserordentlichen Löhne als indirekte Kosten gelten. Pro Schulzimmer bzw. pro Schüler beliefen sich die Kosten auf Fr. 67'500 und Fr. 4'500 (zwei betroffene Schulzimmer, Annahme: 15 Schüler pro Schulzimmer).

---

vernachlässigt und es wird vorgeschlagen, lediglich mit der Hälfte der Gebäudekubatur zu rechnen.

### **Bahnhof**

Werte:

- Den SBB liegen keine entsprechenden Daten vor.

Kontakte:

- Daniel Ritschard, SBB AG, Leiter Infrastruktur - Anlagen und Technologie - Kundenanlagen und Facility Management – Bahnzugang, Leiter Strategisches Anlagenmanagement Bahnzugang.
- Marc Hauser, SBB AG, Leiter Natur und Naturrisiken

Resultate:

Die Bahngesellschaften (Vertreter der SBB, BLS und RhB) beschliessen, dass Bahnhöfe vernachlässigt werden können bzw. als Bahnersatz behandelt werden können: Die betroffene Stelle wird umfahren. Für die Bahngesellschaften sind die Hauptfunktionen eines Bahnhofs, das Ein- und Aussteigen der Passagiere und der Verkauf von Fahrkarten. Das Ein- und Aussteigen wird flexibel und mit provisorischen Haltestellen gehandhabt. Der Kauf von Fahrkarten wird heutzutage ohnehin grösstenteils per Mobiltelefon getätigkt oder kann am nächsten Bahnhof oder im Bahnersatz (z.B. Bus) angeboten werden.

### **4.2.4 Gruppe 6: Ersatz und Versorgung**

#### **Wohngebäude**

Werte:

- Miete Ersatz pro Person / Wohneinheit und Zeit (z.B. Tag, Woche)

Vorgehen / Kontakt / Resultate:

- Befragung
- Reto Stockmann, Bereichsleiter Elementarschadenprävention Gebäudeversicherung Graubünden, keine Angaben vorhanden, Verweis an Amt für Militär und Zivilschutz Graubünden sowie an den Schweizerischen Versicherungsverband
- Martin Bühler, Amtsleiter Amt für Militär und Zivilschutz Graubünden, keine Angaben vorhanden da im Ereignisfall die Unterbringungslösungen (Unterkunft bei Verwandten, Ferienwohnungen, Hotels, Zivilschutzzanalgen, Turnhallen etc.) im Einzelfall sehr heterogen sind
- Gunthard Niederbäumer, Leiter Ressort Schadensversicherung, Schweizerischen Versicherungsverband
- Markus Hohl, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Risikogrundlagen, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, es liegen keine Zahlen vor. Er verweist bei den den Kosten für die Nutzung von Zivilschutzzanalgen auf die Gemeinden, welche Mietkosten auf ihren Webseiten publizieren. Turnhallen werden oft auch als temporärer Ersatz genutzt, da sie in

dem Besitz der Gemeinden sind fallen dafür ausser Opportunitätskosten keine zusätzlichen Kosten an.

#### Resultate:

Bei unterschiedlichen, über die ganze Schweiz verteilten Gemeinden wurden die Kosten für die Nutzung der Zivilschutzanlagen erhoben und den Mittelwert zu bilden. Eine erste Auswertung hat ergeben, dass es sich um einen Tageswert von rund 45 CHF / Person handelt.

Empfehlung zu Ferienwohnungen: Nur schon über die Präsenz wahrscheinlichkeit werden Schäden bei Ferienwohnungen wahrscheinlich überschätzt. Ferienwohnungen können nicht unter marktorientierte Betriebe erfasst werden, da nicht jede Ferienwohnung vermietet wird. Indirekte Kosten sind mit der Methodik für Wohngebäude (45 CHF pro Tag und Person) in den meisten Fällen ohnehin vernachlässigbar. D.h. wenn bekannt ist, dass in einem Gebäude nur Ferienwohnungen vorhanden sind, sollen keine indirekten Kosten berücksichtigt werden.

**Bemerkung:** Korrekterweise müsste die Letalität von Personen in Objekten bei der Berechnung der indirekten Kosten berücksichtigt werden. D.h. wenn z.B. damit gerechnet wird, dass 2 von 10 Personen beim Ereignis sterben, verursachen nur 8 (anstatt 10) indirekte Kosten für eine Notunterkunft. Da die Letalitätswerte, wie auch die indirekten Kosten für eine Notunterkunft tief sind, wird dieser Aspekt bewusst vernachlässigt.

#### **Stall**

##### Resultate:

Es wird an der Sitzung vom 13.03.2018 beschlossen, das Objekt Stall in die Gruppe 1 der marktorientierten Betriebe zu verlegen, da mit den NOGA-Abteilungen 01-03 (Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei) ein Anhaltspunkt über die Ausfallkosten eines Stalls gegeben ist.

#### **Wasserversorgung**

##### Werte:

- Ersatz pro Person und Zeit (z.B. Tag, Woche).

##### Vorgehen / Kontakt:

- Befragung
- Mathias Uldack, Kreisingenieur Siedlungswasser beim Amt für Natur und Umwelt Graubünden, Fremdversorgung kleiner Wasserversorgungen mittels schwerem Material, sind bisher nicht ökonomisch quantifiziert worden. Der Strassentransport (Milchtankwagen, ca. CHF 2-4/km<sup>3</sup>) oder Helikoptereinsatz (ca. CHF 13-16/km<sup>3</sup>) kann jedoch beziffert werden. Zusätzlich muss das einzusetzende Material inkl. Personalaufwand noch berücksichtigt werden.

### Resultate:

Die indirekten Kosten werden basierend auf die in Tabelle 10 gemachten Angaben bestimmt: 15 l / Tag und Person in einer Notlage entsprechen 0.015 m<sup>3</sup> und somit 0.25 CHF pro km Helikoptertransport. Bei einem Transportweg von 20 km entsprechen die täglichen Kosten knapp 5 CHF für ständige Einwohner. Bei pflegebedürftigen Personen betragen die Kosten 25 CHF.

*Tabelle 10: Mindestmengen an Trinkwasser in Notlagen in Graubünden*

	Notlage [l/d]	Störung [l/d]
Ständige Einwohner	15	100
Nutztierbestand in Grossvieheinheiten (GVE)	60	60
Nichtständige Einwohner (pro Zimmer)	12	80
Touristen in Herbergen (pro Bett)	12	80
Pflegebedürftige und Personen im Spital (pro Bett)	80	80
Ständige Einwohner	15	100

Quelle: *Rechnerische Mindestmengen gemäss kantonalem Konzept zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Notlagen Graubünden und in Anlehnung an Art. 4 VTN*

### Stromleitungen (auf / unter Terrain)

Werte:

- Kosten für Ersatzmassnahmen pro Zeiteinheit (z.B. Tag, Woche)
- Kosten pro Anzahl der betroffenen Haushalte, Informationen über den Elektrizitätskonsum, der Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung eines Stromunterbruchs und der Dauer des Unterbruchs.

Vorgehen / Kontakt:

- Befragung
- EWD und Gemeinde Davos, keine Angaben vorhanden, Verweis an swissgrid und Eidgenössischen Elektrizitätskommission ElCom
- Swissgrid, keine Angaben
- Elektrizitätskommission ElCom, keine Angaben
- Besprechung mit ARGE: Die Erkenntnis, dass bei den Stromkonzernen keine Angaben zu indirekten Kosten gemacht werden können, wird auch durch die beiden Ereignisanalysen zum Sturm Lothar 1999 und dem Lawinenwinter 1999 bestätigt. Bei diesen umfangreichen Studien konnten jeweils zwar die direkten Kosten beziffert werden, zu den indirekten Kosten gab es aber keine oder nur ungenaue Angaben.

Resultate:

Es wird empfohlen, Stromleitungen und die restlichen Leitungsobjekte zu vernachlässigen. Spezialfälle (wie z.B. Guttannen) müssen individuell betrachtet werden und sollen

als „frei wählbares Sonderobjekt“ mit indirekten Kosten pro Tag erfasst werden. Für alle Sonderobjekte kann ein Pauschalwert für indirekte Kosten angegeben werden mit zwingender Begründung.

### **Sonderobjekte: Kraftwerk, ARA, Deponie, Schutzbauwerk, Sendeauslage**

Werte:

- Ersatz pro Objekt und Zeit (z.B. Tag, Woche)

Resultate:

Es werden für die heterogene Gruppe der Sonderobjekte keine einheitlichen Ersatzkosten vorgegeben werden, da sich der grosse Ermittlungsaufwand bei der geringen Anzahl benutzter Objekte nicht lohnen würde. Die Abschätzung der indirekten Kosten wird - analog zu der bisherigen Eingabe für Sonderobjekte in EconoMe - dem Benutzer überlassen. Diese Abschätzungen müssen durch den Benutzer nachvollziehbar begründet werden.

**Bemerkung:** Es wurde diskutiert, ob einige dieser Objekte evtl. der Störfallverordnung unterliegen und somit in den Aufgabenbereich des BABS fallen. Es konnte jedoch geklärt werden, dass die Störfallverordnung nur für Betriebe gilt, welche umweltgefährdende Stoffe verarbeiten. Gewisse Streckenabschnitte der SBB gehören aber dazu und unter gewissen Umständen Rohrleitungsanalgen (z.B. Transitgas Leitungen).

### **4.2.5 Gruppe 7: Verkehrswege**

#### **Allgemeine Bemerkungen**

- Das Schadenbild Verfügbarkeit bei vorsorglicher Sperrung soll im Zusammenhang mit der Berücksichtigung von organisatorischen Massnahmen in EconoMe geklärt werden. Da kein direkter Schaden entsteht, wird dieser Fall bei iCost vorläufig ausgeklammert. Falls das Schadenbild berücksichtigt werden soll, so muss es sowohl für den Strassen- als auch für den Bahnverkehr einfließen.
- Brücken sollten als Teilstrecke einer zusammengesetzten Strecke erfasst werden (ausser es ist tatsächlich nur die Brücke und kein anderer Teil der entsprechenden Strasse bzw. Schiene betroffen). Die indirekten Kosten werden nur einmal für jede zusammengesetzte Strecke erfasst, da für die indirekten Kosten nur von Bedeutung ist, wie lange die Strecke maximal gesperrt ist, nicht an wie vielen Stellen die Strecke betroffen ist.

#### **Strassen**

Werte und vorhandene Methoden:

- Methodik RoadRisk
- Staukostenansatz
- Vereinfachter Ansatz gemäss 3. Rhonekorrektion Kanton Wallis [27]

## Vorgehen / Kontakt:

- Luuk Dorren, Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFU
- Besprechung mit ARGE / BAFU

## Resultate:

*Methodik RoadRisk:* Verkehrsmodell der ETH liegt grundsätzlich für Nationalstrassen vor, müsste aber auf Kantons- und Gemeinestrassen adaptiert werden. Bemühungen in diese Richtung sind bereits im Gange, werden aber im Rahmen des vorliegenden Mandats als zu aufwändig eingestuft.

*Staukostenansatz:* Dieser Ansatz wurde zu Beginn beim Tool RoadRisk verwendet [31]. Anschliessend wurde der Ansatz durch das Verkehrsmodell der ETH ersetzt. Der Staukostenansatz behandelt den Zeitverlust bedingt durch eine Umfahrung aufgrund von Naturgefahren wie eine Staudauer. Dabei werden die Staukosten von 21 CHF pro Fahrzeug und Stunde [31] mit der zusätzlichen Umfahrungszeit multipliziert. Die Herleitung des Staukostensatzes wird in [33] beschrieben. Der Staukostensatz beinhaltet staubedingte Energie-, Umwelt- und Unfallkosten wie auch Kosten durch Zeitverluste [34]. Der Wert von 21 CHF pro Fahrzeug und Stunde gilt allerdings als veraltet und soll ab 2019 erneuert werden (Aussage L. Dorren).

*Vereinfachter Ansatz* gemäss 3. Rhonekorrektion Kanton Wallis [27]: Dieser Ansatz wurde bislang nur beim Projekt 3. Rhonekorrektion angewendet. Die Resultate des Ansatzes sind spezifisch für die Region Wallis. Um repräsentative Werte zu erhalten, müssen noch weitere Regionen mit dem Ansatz durchgerechnet werden.

Damit der Bezug zur Methodik vom ASTRA ansatzweise gegeben ist und alle Strassenarten (National-, Kantonal- und Gemeinestrassen) methodisch gleich behandelt werden, wurde im Rahmen der Sitzung vom 26. September 2017 beschlossen, dass für die Berechnung der indirekten Kosten der *Staukostenansatz* verwendet wird.

$$\text{Kosten(indirekt)} = D(\text{Sperrung}) * K(\text{Stau}) * DTV * T(\text{Umfahrung})$$

D(Sperrung)	Dauer der Sperrung [h, d oder a]
K(Stau)	Staukostensatz, 21 CHF/(FZ·h)
DTV	durchschnittlicher täglicher Verkehr [FZ/d]
T(Umfahrung)	Umfahrungszeit aufgrund der Sperrung [min]

Bei der Umfahrungszeit zur Berechnung der indirekten Kosten muss die **Differenz** der Umfahrungszeit zur Fahrzeit auf der direkten, gesperrten Strecke angegeben werden. Hierbei soll die kürzeste Umfahrungszeit der gesperrten Stelle angegeben werden. Die Umfahrung gilt ab der letzten Einmündung (z.B. Strasse, Hauseinfahrt) vor der gesperrten Stelle bis zur ersten Einmündung nach der gesperrten Stelle. Bei der Bestimmung der Umfahrung kann vom PW-Verkehr ausgegangen werden, falls der Bearbeiter den Lastwagenverkehr als vernachlässigbar einstuft. Andernfalls muss ebenfalls eine Lösung für den Lastwagenverkehr gefunden werden und es gibt eine Mischrechnung

zwischen den beiden Umfahrungszeiten. Evtl. ist die Umfahrung in der Gegenrichtung anderen Bedingungen unterworfen und muss separat berücksichtigt werden. Zur Bestimmung der Umfahrungszeit einer gesperrten Stelle können Routenplaner verwendet werden, wobei zu beachten ist, dass die aktuelle Stausituation **nicht** berücksichtigt wird.

Falls keine Umfahrungsmöglichkeiten bestehen wie z.B. im Mattertal, kann ein **Pauschalwert** pro Sperrtag bestimmt werden. Dieser Wert kann ab 1 Tag angegeben werden. Im Pauschalwert soll nur die Versorgung mit Elementargütern per Helikopter und/oder der Bau einer Notstrasse / Notversorgungstransportweg berücksichtigt werden. Falls die abgesperrte Ortschaft aber trotzdem z.B. auf dem Schienenweg erreichbar bleibt, soll für die gesperrte Strasse kein Pauschalwert erfasst werden.

Es wird empfohlen, dass Gemeindestrasse ausser in Ausnahmefällen vernachlässigt werden, da diese in der Regel nicht ausschlaggebend für die Resultate sind.

## Bahnen

Werte und vorhandene Methodik:

- EconoMeRailway 1.0 [11], [12]

Vorgehen / Kontakt:

- Workshop mit den Bahnen am 31. Oktober 2017
- Nicole Viguier, BLS
- Ralf Rechsteiner, RhB
- Florian Hofstetter, SBB
- Antonino Maesano, MGB

Resultate:

Der Workshop vom 31. Oktober 2017 ergab, dass die Bahnen im Grundsatz mit der Methodik EconoMeRailway 1.0 einverstanden sind. Verschiedene Werte werden jedoch überarbeitet und abgeändert.

An der Koordinationssitzung iCost (28. Juni 2018) wurde angemerkt, dass die Räumungskosten von Bahngleisen nicht indirekte, sondern direkte Kosten sind. Die indirekten Kosten im Bahnverkehr berechnen sich deshalb ausschliesslich aus den Bahnersatzkosten.

Die Bahnersatzkosten werden pro Bahngesellschaft neu definiert. Dabei flossen folgende Vorgaben der Arbeitsgruppe iCost ein:

- Minderausgaben (z.B. geringerer Stromverbrauch, weil Züge ausfallen) fallen unter indirekten Nutzen und werden deshalb nicht berücksichtigt.
- Mindereinnahmen werden für die marktorientierten Betriebe in Form von Wertschöpfung pro Mitarbeiter berücksichtigt und sollen deshalb auch bei den indirekten Kosten im Bahnverkehr einfließen (z.B. geringere Billetverkäufe). Trassengebühren sind zwar Mindereinnahmen und würden einen nicht vernachlässigbaren Teil der indirekten Kosten ausmachen, doch die Ermittlung der entsprechenden Daten ist mit grossem Aufwand verbunden und teils gar nicht möglich. Trassengebühren innerhalb einer Gesellschaft (z.B. zwischen SBB Infrastruktur und SBB Personenverkehr) dürfen nicht gezählt werden. Das heisst, es müsste ermittelbar sein, wie viele externe und interne Züge auf einer Strecke verkehren.

- Ausserdem müsste die Höhe der Trassengebühren ermittelt werden. Mangels verlässlicher Daten können Trassengebühren nicht berücksichtigt werden.
- Gemäss Richtlinie des BAV zu Streckensperrung müsste bei Naturgefahren nicht der Netzbetreiber für die Bahnersatzkosten aufkommen, sondern die Gesellschaft, deren Züge nicht fahren können. Damit der Aufwand für den Bearbeiter wie auch der Entwicklungsaufwand des Tools nicht ins Unermessliche steigt, wird in iCost trotzdem pro Schienenobjekt nur eine Bahngesellschaft als Schadenträgerin erfasst (kann als teilweise Kompensation für die nicht berücksichtigten Trassengebühren gesehen werden).

Zu Beginn unterschieden sich die Ansätze und Zahlen zur Berechnung der Bahnersatzkosten deutlich zwischen den Bahngesellschaften, doch das Bestreben möglichst vergleichbare Werte zu verwenden hat dazu geführt, dass die Zahlen mehrmals evaluiert wurden. Die Bahnen haben sich schliesslich auf die in Tabelle 11, Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 14 und Tabelle 15 aufgeführten Werte geeinigt (E-Mail vom 11.6.2018).

*Tabelle 11: Bahnersatzkosten BLS [CHF/d].*

<b>BLS</b> (auf 1000 CHF gerundet)				
	<b>Transitstrecke</b>	<b>Regionalstrecke</b>	<b>Nebenstrecke</b>	
<b>Tageskosten</b> (werden mit Anzahl Tagen multipliziert)	70'000	70'000	20'000	

*Tabelle 12: Bahnersatzkosten SBB [CHF/d].*

<b>SBB</b> (auf 1000 CHF gerundet)				
	<b>Top-Strecke</b>	<b>Hauptstrecke</b>	<b>Regionalstrecke</b>	<b>Nebenstrecke</b>
<b>Tageskosten</b> (werden mit Anzahl Tagen multipliziert)	100'000	70'000	50'000	0

*Tabelle 13: Bahnersatzkosten RhB [CHF/d].*

<b>RhB</b> (auf 1000 CHF gerundet)	
Tageskosten	50'000

*Tabelle 14: Bahnersatzkosten MGB [CHF/d].*

<b>MGB</b> (auf 1000 CHF gerundet)	
Tageskosten	50'000

Für die restlichen Bahnunternehmungen in der Schweiz werden durchschnittliche Werte von den vorher aufgeführten Bahnen vorgeschlagen:

*Tabelle 15: Bahnersatzkosten übrige Bahnunternehmungen [CHF/d].*

<b>Andere Bahngesellschaften</b> (auf 1000 CHF gerundet)			
	<b>Kategorie 1</b> z.B. SBB Hauptstrecke	<b>Kategorie 2</b> z.B. MGB und RhB	<b>Kategorie 3</b> z.B. Nebenstrecke BLS
<b>Tageskosten</b> (werden mit Anzahl Tagen multipliziert)	70'000	50'000	20'000

# 5 Beispielprojekte

## 5.1 Bauprojekt Bielzug (Kt. Wallis)

### 5.1.1 Allgemeine Angaben Projekt

Projektnummer	23-106-3465
Kanton	VS
Prozesse	Murgang / Wasser aus Murgang
Anzahl Objekte (Schadenpotenzial)	63

Durch das Bauprojekt Bielzug werden folgende Gruppen resp. Objektarten, welche maßgebend für die indirekten Kosten sind, abgedeckt:

#### Gruppe 1: marktorientierte Betriebe

- Industrie/Gewerbegebäude
- Stall

#### Gruppe 6: Ersatz (z.B. Wohngebäude) und Versorgung (z.B. Leitungen)

- WE EFH
- WE MFH

#### Gruppe 7: Verkehrswege

- Einspur
- Gemeindestrasse
- Kantonsstrasse

### 5.1.2 Getroffene Annahmen

Für die Berechnung der indirekten Kosten wurden verschiedene Annahmen getroffen werden. Diese sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst.

Bei der Bestimmung der Sperrdauern wurde sowohl die Intensität als auch das Ausmass des jeweiligen Szenarios angeschaut. Aufgrund der lokalen Kenntnisse und Angaben aus Ereignissen wurden für die Sperrdauern folgende Werte für die Situation vor Massnahmen angenommen:

Tabelle 16: Grobe Schätzung der Sperrdauer vor Massnahmen [d].

Szenario	Sperrdauer vor Massnahmen [d]		
	Strasse	Bahn	Siedlung
30 Jahre	0.5	3	-
100 Jahre	2	7	2
300 Jahre	3	14	3

Aufgrund der geplanten Massnahmen reduzieren sich die Sperrdauern im Bielzug. Anhand der Sperrdauern wird auch ersichtlich, dass mit den umgesetzten baulichen Massnahmen lediglich ein 30-jährliches Ereignis abgedeckt werden kann. Bei grösseren Ereignissen verbleibt weiterhin eine Gefährdung was zu Sperrungen der Strasse und der Bahn führen kann. Die geschätzten Sperrdauern für nach Massnahmen ist in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 17: Grobe Schätzung der Sperrdauer nach Massnahmen [d].

Szenario	Sperrdauer nach Massnahmen [d]		
	Strasse	Bahn	Siedlung
30 Jahre	-	-	-
100 Jahre	0.5	3	-
300 Jahre	2.5	10	2

Für die Kantonsstrasse wurden zusätzlich noch folgende Annahmen getroffen:

- Strasse wird komplett gesperrt, keine Umfahrungsmöglichkeit.
- Indirekte Kosten von ca. 250'000 CHF/d (Schätzung aus dem Projekt Lüegelti Zermatt) => kann über den Pauschalwert berücksichtigt werden.

Der Pauschalwert wurde bei den Berechnungen noch zusätzlich zwischen 50'000-250'000 CHF/d variiert, um dessen Einfluss auf die Resultate aufzuzeigen.

### 5.1.3 Resultate (Stand: 10.09.2018)

Anhand dieser Annahmen ergeben sich die in Tabelle 18, Tabelle 19, Tabelle 20 und Tabelle 21 zusammengefassten Resultate für den Bielzug.

Tabelle 18: Jährliche Risiken vor Massnahmen [CHF/a].

	Jährliches Risiko vor Massnahmen [CHF/a]			
	30 Jahre	100 Jahre	300 Jahre	Total
Personen	28'412	9'641	8'064	46'117
Sachwerte	28'164	27'931	28'199	84'295
Indirekte Kosten	11'177	10'206	7'754	29'136
<b>Total</b>	<b>67'753</b>	<b>47'778</b>	<b>44'017</b>	<b>159'548</b>

Tabelle 19: Jährliche indirekte Risiken vor Massnahmen [CHF/a].

Objektart	Risiko CHF/a			Gesamtrisiko CHF/Jahr
	Szenario 30	Szenario 100	Szenario 300	
Einspur	7 630	6 460	4 730	18 820
Kantonsstrasse, 12m Breite	2 917	3 333	2 500	8 750
Einspur	630	393	503	1 526
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	3	3	6
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	3	3	6
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	2	2	4
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	2	2	4
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	2	0	2
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	0	2	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	1	1	2
Gemeindestrasse, 8m Breite	0	0	0	0
Gemeindestrasse, 8m Breite	0	0	0	0
Gemeindestrasse, 8m Breite	0	0	0	0
Stall (mit Viehbestand)	0	0	0	0
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	0	0
Summe				29 141

In Tabelle 20 sind die Resultate der jährlichen indirekten Risiken vor Massnahmen zusammengefasst. Massgebend für das Projekt Bielzug ist für die indirekten Kosten die Bahnlinie der MGB. Die indirekten Risiken für Gebäude fallen sehr klein aus.

Tabelle 20: Jährliche Risiken nach Massnahmen [CHF/a].

	Jährliches Risiko nach Massnahmen [CHF/a]			
	30 Jahre	100 Jahre	300 Jahre	Total
Personen	0	283	209	492
Sachwerte	3'282	5'729	4'280	13'291
Indirekte Kosten	0	3'400	4'533	7'933
<b>Total</b>	<b>3'282</b>	<b>9'412</b>	<b>9'022</b>	<b>21'716</b>

Tabelle 21: Nutzen/Kosten-Verhältnis mit und ohne indirekte Kosten.

	Ohne indirekte Kosten	Mit indirekten Kosten
Massnahmenkosten pro Jahr [CHF/a]	96'557	96'557
Risikoreduktion [CHF/a]	116'629	137'832
Nutzen/Kosten-Verhältnis	1.2	1.4

Die Resultate für den Bielzug zeigen, dass die indirekten Kosten in diesem Beispiel eher sekundär sind. Dies liegt zum einen daran, dass im Siedlungsbereich vor allem Gebäude und lediglich ein Industrie-/Gewerbegebäude betroffen sind, welches zu keinen indirekten Kosten führt. Zudem kann man bei der Strasse davon ausgehen, dass diese so rasch als möglich geräumt wird, da sie neben der Bahnlinie die einzige Verbindung in Richtung Zermatt ist. Um allfällige Schäden an der Bahn zu beheben, muss jedoch mit deutlich längeren Sperrzeiten gerechnet werden.

Bei der Kantonsstrasse wurde für die Berechnung der indirekten Kosten mit verschiedenen Pauschalwerten pro Sperrtag gerechnet. Die angenommenen Pauschalwerte und die daraus resultierenden jährlichen Risiken der indirekten Kosten sind in Tabelle 22 zusammengefasst.

Tabelle 22: Pauschalwerte pro Sperrtag und daraus resultierende jährliche Risiken der indirekten Kosten für die Kantonsstrasse.

Pauschalwert pro Sperrtag [CHF/d]	Jährliches Risiko indirekte Kosten [CHF/a]
250'000	8'750
100'000	3'500
50'000	1'750

Die Resultate zeigen, dass sich der Pauschalwert linear zu den jährlichen indirekten Kosten verhält. Das heisst, dass sich die indirekten Kosten verdoppeln, wenn der Pauschalwert verdoppelt wird.

#### 5.1.4 Besonderheiten

- Keine Umfahrungsmöglichkeit vorhanden. Es wurde ein Pauschalwert pro Sperrtag bestimmt.
- Die Bestimmung der Anzahl Sperrtage ist sehr schwer abzuschätzen.

## 5.2 Vorstudie Eybach, Leissigen (Kt. Bern)

### 5.2.1 Allgemeine Angaben Projekt

Projektnummer	6-86-2080
Kanton	BE
Prozesse	Murgang / Wasser aus Murgang, dynamische Überschwemmung
Anzahl Objekte (Schadenpotenzial)	159

Durch die Vorstudie Eybach, Leissigen werden folgende Gruppen resp. Objektarten, welche massgebend für die indirekten Kosten sind, abgedeckt:

#### Gruppe 1: marktorientierte Betriebe

- Hotel - Gästehaus
- Industrie-/Gewerbegebäude
- Intensive Flächen
- Stall

#### Gruppe 3: öffentliche Gebäude

- Schule/Kindergarten

#### Gruppe 6: Ersatz und Versorgung

- MFH
- EFH
- Frei wählbares Sonderobjekt

#### Gruppe 7: Verkehrswege

- Schaltposten
- Einspur
- Gemeindestrasse
- Kantonsstrasse
- Brücke, Einspur
- Brücke, Gemeindestrasse
- Brücke, Kantonsstrasse

### 5.2.2 Getroffene Annahmen

Für die Berechnung der indirekten Kosten mussten verschiedene Annahmen getroffen werden. Diese sind in den nachfolgenden Abschnitten und Tabellen zusammengefasst:

- **Leitungsobjekte:** für diese werden keine indirekten Kosten erfasst (siehe Kapitel 4.2.4).

- Bei Gewerben mit mehreren Gebäuden => indirekte Kosten werden nur bei einem Gebäude berücksichtigt.
- Für einige Gebäude fehlten Angaben bzgl. der Personenbelegung. Für diese Objekte wurden die in Tabelle 23 aufgeführten Annahmen getroffen.

*Tabelle 23: Annahmen für diverse Gebäude aufgrund fehlender Angaben im Projekt.*

Objekt ID	Art/Beschreibung	Annahme
160	Jugi Leissingen	8 Personen
19, 20, 603, 607	Maschinenvermietung Steuri	4 Personen
4, 5, 6	Schiffbau Ch. Wilke + Co.	10 Personen
51	Schule	15 Personen (gemäss Homepage)
63	Landmaschinenwerkstatt	2 Personen
69	Domsel AG	14 Personen (Foto Homepage)

- Gemeindestrassen:** Nicht relevant gemäss Intensitätskarte, Strassen im Dorf nur schwach betroffen
- Nur mittlere und starke Intensität sind massgebende für indirekte Kosten
- Ausfall Mähwiese vor Massnahmen 1 Jahr, nach Massnahmen 0.5 Jahre

Die Sperrdauern wurden anhand der Ausdehnung des Ereignisses und dessen Intensitäten bestimmt. Bei der Sperrdauer wird im Siedlungsbereich unterschieden, ob ein Gebäude mittel oder stark gefährdet ist. Die kleinere Sperrdauer bezieht sich jeweils auf die mittlere, die grössere auf die starke Intensität.

*Tabelle 24: Grobe Schätzung der Sperrdauer vor Massnahmen [d].*

Szenario	Sperrdauer vor Massnahmen [d]		
	Strasse	Bahn	Siedlung/Industrie
30 Jahre	-	-	-
100 Jahre	2	4	2 bzw. 4
300 Jahre	3	7	2 bzw. 4

*Tabelle 25: Grobe Schätzung der Sperrdauer nach Massnahmen [d].*

Szenario	Sperrdauer nach Massnahmen [d]		
	Strasse	Bahn	Siedlung/Industrie
30 Jahre	1	-	-
100 Jahre	2	-	-
300 Jahre	3	4	2 bzw. 4

### 5.2.3 Resultate (Stand: 11.09.2018)

Anhand dieser Annahmen ergeben sich die in Tabelle 26, Tabelle 27, Tabelle 28, Tabelle 29 und Tabelle 30 zusammengefassten Resultate für den Eybach.

*Tabelle 26: Jährliche Risiken vor Massnahmen [CHF/a].*

	Jährliches Risiko vor Massnahmen [CHF/a]			
	30 Jahre	100 Jahre	300 Jahre	Total
Personen	1'066	32'503	30'271	63'840
Sachwerte	6'452	122'331	150'547	279'330
Indirekte Kosten	0	1'567	807	2'373
<b>Total</b>	<b>7'518</b>	<b>156'401</b>	<b>181'625</b>	<b>345'544</b>

*Tabelle 27: Jährliche indirekte Risiken vor Massnahmen Murgang [CHF/a].*

Objektart	Risiko CHF/a			Gesamtrisiko CHF/Jahr
	Szenario 30	Szenario 100	Szenario 300	
Einspur	0	740	500	1 240
Brücke Einspur	0	80	40	120
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	0	0
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	0	0
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0

*Tabelle 28: Jährliche indirekte Risiken vor Massnahmen dynamische Überschwemmung [CHF/a].*

Objektart	Risiko CHF/a			Gesamtrisiko CHF/Jahr
	Szenario 30	Szenario 100	Szenario 300	
Einspur	0	747	267	1 014
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0

Die Resultate für den Eybach zeigen, dass die indirekten Kosten in diesem Beispiel vernachlässigbar sind. Dies liegt vor allem an der Annahme, dass indirekte Kosten nur bei mittleren und starken Intensitäten auftreten. Abbildung 1 zeigt die Intensitätskarten vor Massnahmen für den Eybach. Dies zeigt deutlich auf, dass im 30-jährlichen Ereignis keine Gefährdung vom Eybach ausgeht. Erst ab dem 100-jährlichen Ereignis ist mit Ausuferungen zu rechnen. Hierbei sind grosse Flächen jedoch nur schwach betroffen, was

keinen Einfluss auf die indirekten Kosten hat. Im 300-jährlichen Ereignis nehmen die durch mittlere und starke Intensität betroffenen Flächen deutlich zu.

Tabelle 29: Jährliche Risiken nach Massnahmen [CHF/a].

	Jährliches Risiko nach Massnahmen [CHF/a]			
	30 Jahre	100 Jahre	300 Jahre	Total
Personen	1'066	301	5'196	6'564
Sachwerte	6'452	1'473	28'828	36'753
Indirekte Kosten	0	0	635	635
<b>Total</b>	<b>7'518</b>	<b>1'775</b>	<b>34'659</b>	<b>43'952</b>

Tabelle 30: Nutzen/Kosten-Verhältnis mit und ohne indirekte Kosten.

	Ohne indirekte Kosten	Mit indirekten Kosten
Massnahmenkosten pro Jahr [CHF/a]	56'149	56'149
Risikoreduktion [CHF/a]	299'853	301'592
Nutzen/Kosten-Verhältnis	5.3	5.4

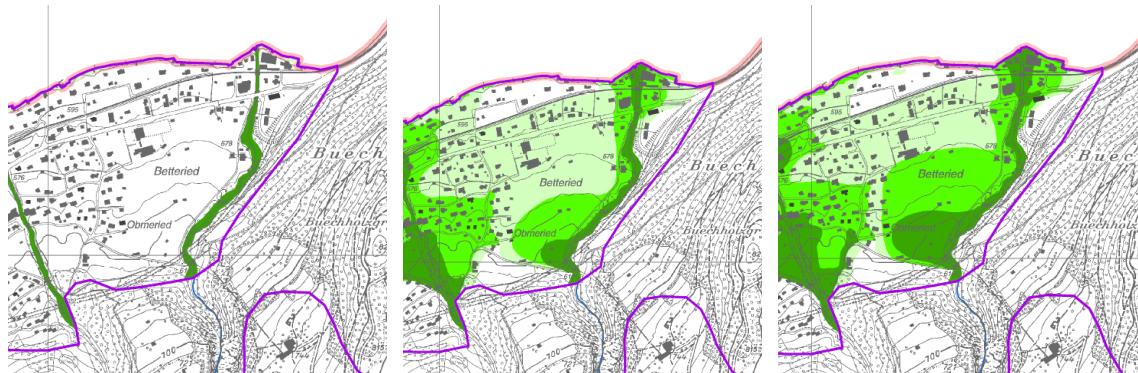


Abbildung 1: Intensitätskarten 30, 100 und 300 Jahre vor Massnahmen Eybach [32].

#### 5.2.4 Besonderheiten

- Weist ein Betrieb mehrere Gebäude auf, können die indirekten Kosten nur bei einem Objekt berücksichtigt werden. Andernfalls müssen die indirekten Kosten proportional auf die einzelnen Gebäude verteilt werden.
- Sperrdauern, Dauer Evakuierung ist sehr schwer abzuschätzen.
- Den Ertragsausfall für landwirtschaftliche Objekte abzuschätzen ist schwierig und erfordert bei seriöser Handhabung Kontakt mit dem Landwirt (was wird angepflanzt etc.).

## 5.3 Risikoanalyse Val Parghera (Kt. Graubünden)

### 5.3.1 Allgemeine Angaben Projekt

Projektnummer original	10-40-2910
Projektnummer Fallbeispiel	29-14-3462
Kanton	GR
Prozesse	Murgang / Wasser aus Murgang,
Anzahl Objekte (Schadenpotenzial)	52

Durch das Projekt Risikoanalyse Val Parghera werden folgende Gruppen resp. Objektarten, welche massgebend für die indirekten Kosten sind, abgedeckt:

#### Gruppe 1: marktorientierte Betriebe

- Industrie-/Gewerbegebäude
- Stall

#### Gruppe 3: öffentliche Gebäude

- Bahnhof

#### Gruppe 6: Ersatz und Versorgung

- EFH
- MFH

#### Gruppe 7: Verkehrswege

- Kantonsstrasse
- Nationalstrasse
- Brücke, Kantonsstrasse
- Mehrspur

### 5.3.2 Getroffene Annahmen

Für die Berechnung der indirekten Kosten mussten verschiedene Annahmen getroffen werden. Diese sind nachfolgenden zusammengefasst:

- Strassen, welche in Teilstücke unterteilt waren, wurden als Strecke zusammengefasst und für die indirekten Kosten berücksichtigt.
- Leitungsobjekte: für diese werden keine indirekten Kosten erfasst (siehe Kapitel 4.2.4).
- Die Sperrdauer im Siedlungs- und Gewerbebereich wurde pro Szenario und nicht pro Intensität bestimmt. Dies deshalb, weil es für die indirekten Kosten beim Prozess Wasser weniger entscheidend ist wie hoch das Wasser bei einem Haus steht, sondern ob das Wasser in das Gebäude eindringen kann oder nicht.
- Für die Eisenbahnstrecke und die Strassenabschnitte wurden die vom ASTRA vorgegebenen Sperrdauern pro Intensität verwendet.

- Die Personenbelegung pro Industriegebäude konnte aus dem bestehenden EconoMe Projekt übernommen werden.

*Tabelle 31: Grobe Schätzung der Sperrdauer vor Massnahmen [d].*

Szenario	Sperrdauer vor Massnahmen [d]	
	Murgang	
10 Jahre		7
30 Jahre		7
100 Jahre		7

*Tabelle 32: Grobe Schätzung der Sperrdauer nach Massnahmen [d].*

Intensität	Sperrdauer vor Massnahmen [d]	
	Strasse	Bahn
schwach	1 / 24	1 / 24
mittel	1	1
stark	7	7

### 5.3.3 Resultate (Stand: 30.09.2018)

Anhand der obengenannten Annahmen ergeben sich die in Tabelle 33 und Tabelle 34 zusammengefassten Resultate für die Val Parghera.

*Tabelle 33: Jährliche Risiken vor Massnahmen Prozess Murgang [CHF/a, gerundet auf 1 CHF].*

	Jährliches Risiko vor Massnahmen [CHF/a]			
	10 Jahre	30 Jahre	100 Jahre	Total
Personen	27'490'804	23'549'126	21'576'226	2'597'962
Sachwerte	32'062'177	32'615'932	32'642'278	3'224'940
Indirekte Kosten	11'034'691	10'847'701	10'396'020	1'092'719
<b>Total</b>	<b>70'587'672</b>	<b>67'012'760</b>	<b>64'614'524</b>	<b>6'915'621</b>

*Tabelle 34: Nutzen/Kosten-Verhältnis mit und ohne indirekte Kosten (Rückhaltebecken).*

	Ohne indirekte Kosten	Mit indirekten Kosten
Massnahmenkosten pro Jahr [CHF/a]	780'250	780'250
Risikoreduktion [CHF/a]	5'822'897	6'915'617
Nutzen/Kosten-Verhältnis	<b>7.5</b>	<b>8.9</b>

Die Resultate für die Val Parghera zeigen, dass die indirekten Kosten einen beträchtlichen Anteil am Risiko ausmachen können. Die hohen indirekten Risiken werden durch zwei Faktoren verursacht. Einerseits durch die langen Umfahrungszeiten und die mit 7

Sperrtagen bei starker Intensität auch lange Sperrdauer bei den Strassen und andererseits durch die Anzahl Angestellter in den Industrie- und Gewerbegebäuden. Dabei ist das Gebäude ID Nr. 34 (Lager und Büro) der Heineken AG hervorzuheben, in welchem 50 Angestellte beschäftigt sind. Dieses weist deutlich höhere indirekten Risiken aus als die benachbarten Gewerbe- und Industriegebäuden, in welchen weniger Personen arbeiten.

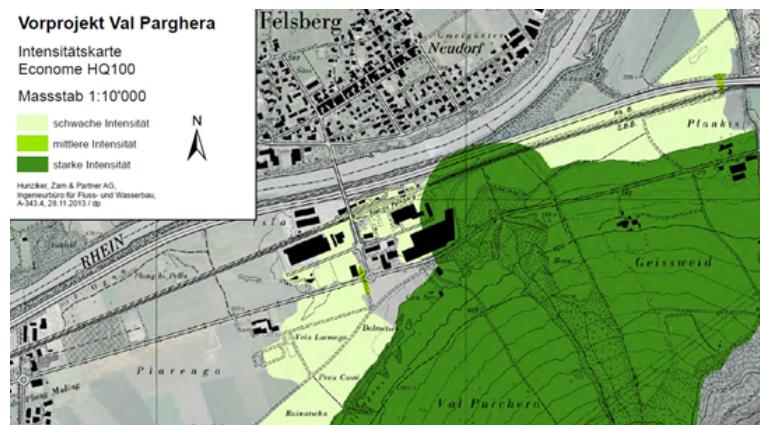
Wenn man den Einfluss der indirekten Kosten auf die Kostenanteile der Nutzniesser anschaut (Tabelle 35), so sieht man, dass auch hier Unterschiede zwischen den beiden Berechnungsmethoden festgestellt werden können. Insbesondere bei den Strassen und Schienenobjekten findet eine Verschiebung der anteilmässigen Kosten [%] von der RhB zum ASTRA statt.

*Tabelle 35: Massnahmenkosten pro Jahr Anteilig pro Nutzniesser ohne und mit Berücksichtigung der indirekten Kosten.*

Nutzniesser	Ohne indirekte Kosten [CHF] / [%]	Mit indirekten Kosten [CHF] / [%]
ASTRA / Nationalstrasse	96'167 / 12%	136'423 / 17%
RhB	137'554 / 18%	135'597 / 17%
TBA GR / Kantonsstrasse	188'151 / 24%	181'809 / 23%
Gemeinde Domat Ems	347'984 / 45%	317'666 / 41%
Gemeinde Chur	10'394 / 1%	8'755 / 1%

### 5.3.4 Besonderheiten

- Gewerbegebäude, welche vom Prozess aufgrund ihrer erhöhten Lage nicht direkt beschädigt werden, durch abgeschnittene Zufahrtswege aber indirekt betroffen sind, wurden für diese Analyse nicht berücksichtigt (siehe Abbildung 2). Die Entscheidung (gemäss Sitzungsprotokoll vom 13.03.2018) basiert auf den durch das BAFU vorgegebenen Rahmenbedingungen (siehe Einleitung, Seite 5): Nur für direkt betroffene Objekte sollen indirekte Kosten berücksichtigt werden.



*Abbildung 2: IK Szenario 100 Jahre, mit einer weissen Insel, in welcher das Schadenpotenzial nur indirekt betroffen ist.*

Tabelle 36: Übersicht indirekte Kosten des Projekts Val Paghera, für den Prozess Murgang

Objektart	Risiko CHF/a			Gesamtrisiko CHF/Jahr
	Szenario 10	Szenario 30	Szenario 100	
Nationalstrasse, 25m Breite	177 374	62 081	26 606	266 061
Nationalstrasse, 25m Breite	150 284	52 599	22 543	225 426
Kantonsstrasse, 12m Breite	138 189	48 366	20 728	207 283
Doppelstrasse	116 867	40 903	17 530	175 300
Industrie-/Gewerbegebäude	89 040	24 931	8 014	121 985
Industrie-/Gewerbegebäude	27 216	7 620	2 449	37 285
Doppelstrasse	18 922	6 623	2 838	28 383
Industrie-/Gewerbegebäude	6 048	1 693	544	8 285
Industrie-/Gewerbegebäude	0	5 018	1 613	6 631
Industrie-/Gewerbegebäude	3 629	1 016	327	4 972
Industrie-/Gewerbegebäude	3 192	894	287	4 373
Industrie-/Gewerbegebäude	2 296	643	207	3 146
Industrie-/Gewerbegebäude	1 680	470	151	2 301
Industrie-/Gewerbegebäude	896	251	81	1 228
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	0	13	13
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	7	2	4	13
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	7	2	4	13
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	0	8	8
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	4	4
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	0	4	4
Wohneinheit Mehrfamilienhaus (a 2,24 Personen gemäss BFS)	0	0	4	4
Stall (mit Viehbestand)	0	0	0	0
Stall (mit Viehbestand)	0	0	0	0
Stall (mit Viehbestand)	0	0	0	0
Stall (mit Viehbestand)	0	0	0	0
Stall (mit Viehbestand)	0	0	0	0
Brücke Kantonsstrasse (12m breit)	0	0	0	0
Stall (mit Viehbestand)	0	0	0	0
			Summe	1 092 718

## 5.4 Klosters, Steinschlagschutz Gruobenwald (Kt. Graubünden)

### 5.4.1 Allgemeine Angaben Projekt

Projektnummer original	10-841-3057
Projektnummer Fallbeispiel	29-14-3463
Kanton	GR
Prozesse	Stein-/Blockschlag
Anzahl Objekte (Schadenpotenzial)	26

Durch das Projekt Steinschlagschutz Gruobenwald werden folgende Gruppen resp. Objektarten, welche massgebend für die indirekten Kosten sind, abgedeckt:

#### Gruppe 1: marktorientierte Betriebe

- Industrie-/Gewerbegebäude

#### Gruppe 6: Ersatz und Versorgung

- EFH
- Frei wählbares Sonderobjekt

#### Gruppe 7: Verkehrswege

- Nationalstrasse
- Kantonsstrasse
- Gemeindestrasse
- Einspur

### 5.4.2 Getroffene Annahmen

Für die Berechnung der indirekten Kosten mussten verschiedene Annahmen getroffen werden. Diese sind nachfolgend zusammengefasst:

- Strassen und Eisenbahnlinien, welche in Teilstücke unterteilt waren, wurden als Strecke zusammengefasst und für die indirekten Kosten berücksichtigt.
- Bei der Sperrdauer wird im Siedlungsbereich nur unterschieden, ob ein Gebäude mittel oder stark gefährdet ist. Die schwache Intensität wird nicht berücksichtigt.
- Bei einigen Wohngebäuden handelt es sich um Ferienwohnungen, welche nicht ganzjährig bewohnt sind. Für die direkten Risiken wird dies über die Präsenzwahrscheinlichkeit abgebildet. Für die indirekten Kosten werden diese Objekte nicht berücksichtigt.

- Die Umfahrungszeit für die National-, Kantonal- und die Gemeindestrasse wurde jeweils vom Projektperimeter an bestimmt. Obwohl dies in der Realität, zumindest in der Fahrtrichtung von Landquart nach Klosters, nicht der Fall ist. Der Verkehr würde in einem solchen Fall in Landquart direkt über Tiefencastel umgeleitet. Die Umfahrungszeit wurde mit Google Maps bestimmt. Dies zu einem Zeitpunkt an welchem keine Verkehrsbehinderungen vorhanden waren und somit die reine Fahrzeit von 141 Minuten resultierte.

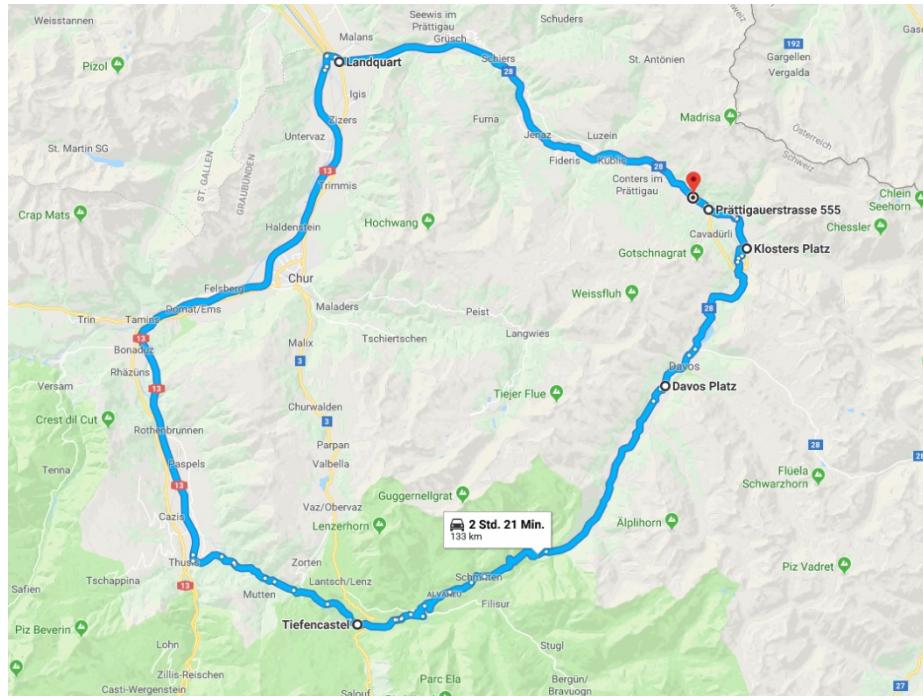


Abbildung 3: Umfahrungsroute bestimmt mit Google Maps.

Tabelle 37: Grobe Schätzung der Sperrdauer vor Massnahmen [d].

Intensität	Sperrdauer vor Massnahmen [d]		
	Strasse	Bahn	Siedlung/Industrie
schwach	1 h	1 h	-
mittel	1 Tag	1 Tag	1
stark	7 Tage	7 Tage	14

#### 5.4.3 Resultate (Stand: 01.03.2018)

Anhand dieser Annahmen ergeben sich die in Tabelle 38 und Tabelle 39 zusammengefassten Resultate für das Projekt Steinschlagschutz Gruobenwald.

Tabelle 38: Jährliche Risiken vor Massnahmen [CHF/a, gerundet auf 1 CHF].

	Jährliches Risiko vor Massnahmen [CHF/a]				
	10 Jahre	30 Jahre	100 Jahre	300 Jahre	Total
Personen	435'940	1'910'874	3'509'506	4'595'495	112'365
Sachwerte	447'333	496'055	1'041'818	1'848'325	54'503
Indirekte Kosten	737'670	3'954'317	26'630'159	26'987'217	408'937
<b>Total</b>	<b>1'620'942</b>	<b>6'361'245</b>	<b>31'181'483</b>	<b>33'431'038 2</b>	<b>575'805</b>

Da in der Situation nach Massnahme keine Objekte betroffen sind, entstehen weder direkte noch indirekte Kosten.

Tabelle 39: Nutzen/Kosten-Verhältnis mit und ohne indirekte Kosten (Rückhaltebecken).

	Ohne indirekte Kosten	Mit indirekten Kosten
Massnahmenkosten pro Jahr [CHF/a]	165'000	165'000
Risikoreduktion [CHF/a]	166'868	575'805
Nutzen/Kosten-Verhältnis	1.0	3.5

Die Resultate für den Steinschlagschutz Gruobenwald zeigen, dass die indirekten Kosten für die Kostenwirksamkeit des Projektes entscheidend sind. Bei den indirekten Kosten sind es die Verkehrsträger, welche aufgrund der langen Umfahrungszeiten hohe Risiken ausweisen. Die restlichen Objektarten Wohngebäude und Industrie / Gewerbe mit sehr wenigen Angestellten (jeweils nur 1 Person) können vernachlässigt werden.

Wenn man den Einfluss der indirekten Kosten auf die Kostenanteile der Nutzniesser analysiert so sieht man, dass auch hier grosse Unterschiede zwischen den beiden Berechnungsmethoden festgestellt werden können. Insbesondere bei den Strassen und Schienenobjekten findet eine sehr starke Verschiebung der anteilmässigen Kosten statt. So nimmt der Anteil der RhB von 83% auf 31% ab während der Anteil des ASTRA von 10% auf 64% ansteigt. Bei den Nutzniessern der Gebäude beträgt die Differenz dieser beiden Werte nur 2%.

Tabelle 40: Massnahmenkosten pro Jahr anteilig pro Nutzniesser ohne und mit Berücksichtigung der indirekten Kosten.

Nutzniesser	Ohne indirekte Kosten [CHF] / [%]	Mit indirekten Kosten [CHF] / [%]
ASTRA / Nationalstrasse	17'053 / 10%	104'781 / 64%
RhB	137'361 / 83%	50'784 / 31%
Gemeinde Klosters - Serneus	4'903 / 3%	1'508 / 1%
Kanton Graubünden	5'683 / 3%	7'927 / 5%

Tabelle 41: Übersicht indirekte Kosten des Projekts Steinschlagschutz Gruobenwald

Objektart	Risiko CHF/a				Gesamtrisiko CHF/Jahr
	Szenario 10	Szenario 30	Szenario 100	Szenario 300	
Nationalstrasse, 25m Breite	21 757	53 304	23 333	11 667	110 061
Nationalstrasse, 25m Breite	4 563	11 180	23 333	11 667	50 743
Nationalstrasse, 25m Breite	0	10 809	23 333	11 667	45 809
Nationalstrasse, 25m Breite	190	1 597	23 333	11 667	36 787
Nationalstrasse, 25m Breite	0	0	23 333	11 667	35 000
Nationalstrasse, 25m Breite	0	0	23 333	11 667	35 000
Nationalstrasse, 25m Breite	0	0	23 333	11 667	35 000
Kantonsstrasse, 12m Breite	9 126	3 194	6 389	3 194	21 903
Einspur	8 631	6 571	3 563	1 933	20 698
Einspur	4 844	5 451	4 187	3 125	17 607
Gemeindestrasse, 8m Breite	66	161	46	23	296
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	8	6	14
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	5	4	9
Industrie-/Gewerbegebäude	0	0	4	3	7
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0	0
Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)	0	0	0	0	0
	Summe				408 934

Vergleich mit den Resultaten der ASTRA Studie zur Gefahren- und Risikosituation auf der Prättigauerstrasse A28

Das ASTRA hat in Rahmen seiner Gefahren- und Risikobeurteilung aller Nationalstrassen in der Schweiz auch die Prättigauerstrasse A28 beurteilt. Somit liegen für den Prozessraum Gruobenwald Resultate vor, welche es ermöglichen für die Strassenobjekte den RoadRisk Ansatz mit der Methodik von iCost zu vergleichen.

Folgende Erkenntnisse können gewonnen werden:

- Beim EconoMe iCost Projekt wurde der Prozessraum Gruobenwald als ein einziger Prozessraum beurteilt, während in der ASTRA Studie dasselbe Gebiet in drei Prozessräume unterteilt wurde (Abbildung 4).
- Vergleicht man die Resultate der indirekten Kosten der drei ASTRA Prozessräume mit den EconoMe Resultaten für die Nationalstrasse so sieht man, dass in EconoMe iCost deutlich höhere Werte resultieren. Dies lässt sich teilweise damit begründen, dass in EconoMe die Umfahrungszeit berücksichtigt wird, während in der RoadRisk Berechnung ein fixer Streckenwert für die Umfahrung verwendet wird.

*Tabelle 42: Vergleich der mit EconoMe und RoadRisk berechneten indirekten Kosten.*

Jährliches Risiko vor Massnahmen [CHF/a]				
	EconoMe	S027	S028	S029
Indirekte Kosten	370'319	27'000	129'000	27'000

**Fazit:** Es ist nicht direkt möglich die beiden Methodik Ansätze an diesem Beispiel im Detail zu vergleichen. Nebst den aufgezeigten Unterschieden bestehen auch grundsätzliche Unterschiede in der Methodik. So berücksichtigt RoadRisk bei den indirekten Kosten zusätzliche Schadensbilder wie z.B. die Sperrung auf Grund vorsorglicher Sperrung, welche in iCost nicht enthalten sind.

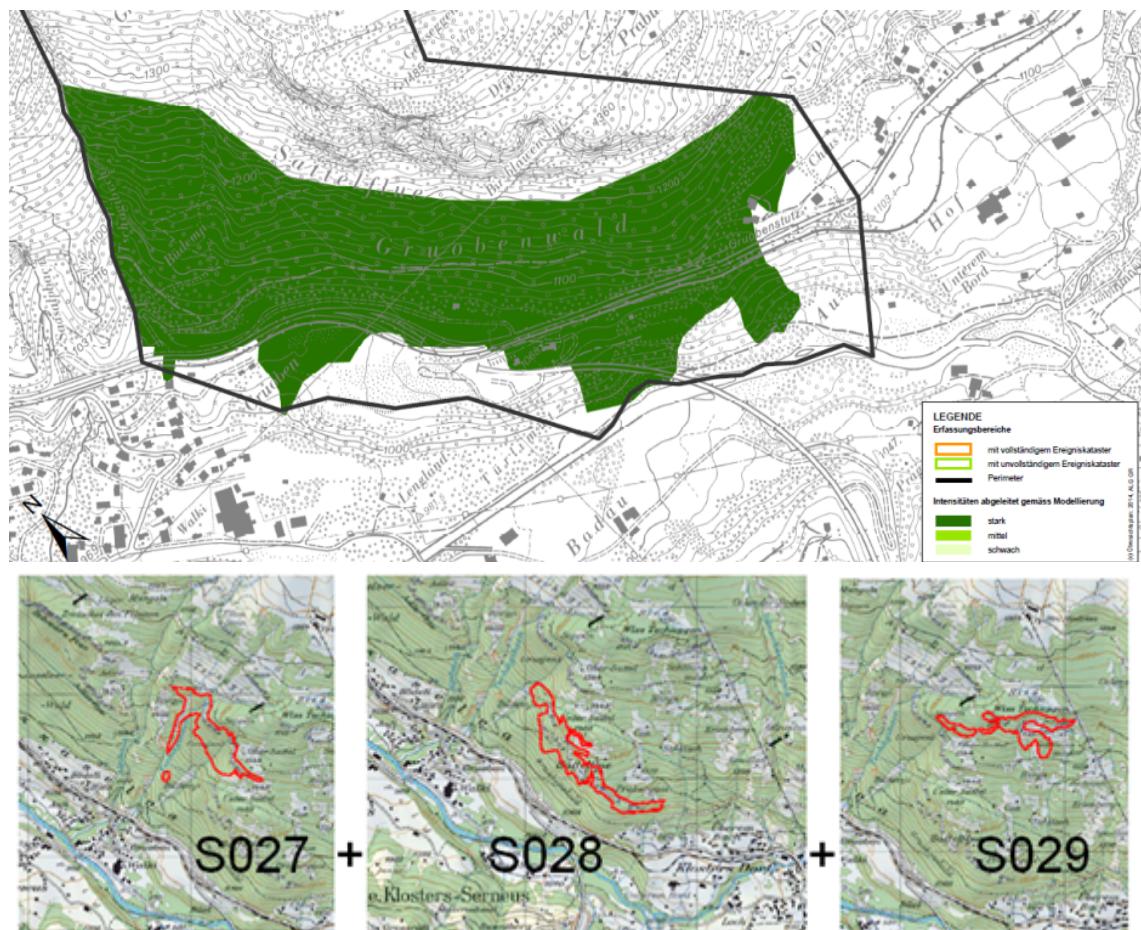


Abbildung 4: Unterschiedliche Prozessräume in den beiden Studien. Oben der Perimeter Gruobenwald als ein Prozessraum in der EconoMe Studie und unten die drei Prozessräume der ASTRA Studie.

# 6 Vergleich Methoden zur Monetarisierung von Strassensperrungen

## 6.1 Dissertation "Vulnerability assessment of road transport infrastructure" von Alexander Erath

Die Dissertation [35] zeigt ein Verfahren auf, mit dem die indirekten Kosten von Strassensperrungen bzw. einem Infrastrukturausfall berechnet werden können. Hierfür wird ein mehrteiliges Verfahren angewandt. Für die Modellierung des Verkehrs bzw. dann auch des Ausweichverkehrs im Falle einer Strassensperrung wird ein Netzwerkmodell mit Verbindungen und Knoten verwendet. Das Verkehrsaufkommen<sup>26</sup> wird in vier Schritten ermittelt:

1. Reiseerzeugung: Für die Zonen im Modell werden Ein- und Ausreisen berechnet, indem strukturelle Daten einbezogen werden (Wohnbevölkerung, Arbeitsplätze etc.).
2. Reiseverteilung: Ausreisen und Einreisen werden verknüpft, so dass eine Origin-Destination-(OD)Matrix entsteht.
3. Modalwahl: Die Wahl zwischen Gehen, Radfahren, Busfahren etc. wird modelliert.
4. Autofahrten werden einem Weg zugewiesen, der jeweils eine Kapazitätsrestriktion ausweist. Es wird ein Gleichgewicht gesucht, bei dem alle Wege dieselbe Dauer in Anspruch nehmen und Verkehrsteilnehmer den kürzesten Weg zurücklegen.

Das Gleichgewicht in Punkt 4 hat aufgrund der Kapazitätsbeschränkungsfunktion u.U. wieder Rückwirkungen auf die OD-Matrix, da sich Staus bilden können und damit die Reisezeit auf einzelnen Strecken zunimmt. Deshalb wird das Systemgleichgewicht via Iterationen berechnet. Zusätzlich kann auch noch die *Destinations- und Modalwahl* einbezogen werden, da beispielsweise Freizeit- und Shoppingverkehr ausweichen oder zeitlich verschoben werden können oder Menschen das Verkehrsmittel wechseln.

Zur Berechnung der indirekten Kosten durch den Infrastrukturausfall wird das Szenario zuerst mit intaktem, dann mit beschädigtem Infrastrukturnetz modelliert. Durch die Sperrung bedingte Änderungen der Reisezeit, Reisezeitverlässlichkeit, Fahrtkosten der Fahrzeuge und Unfallzahlen werden monetarisiert. Zur Berechnung der totalen Zusatzkosten wird entweder eine Kosten-Nutzen-Analyse oder die sogenannte Logsum-Methode verwendet.

**Kosten-Nutzen-Analyse:** Die indirekten Zusatzkosten nur unter Berücksichtigung der Routenwahl ergeben sich aus der Summe folgender Elemente:

---

<sup>26</sup> Erath schreibt von der Verkehrsnachfrage; nach unserem Verständnis wird am Schluss de facto das Verkehrsaufkommen berechnet.

- der monetarisierten Reisezeitverlängerung (die Monetarisierung wiederum erfolgt via die Zahlungsbereitschaft für die Reduktion der zusätzlichen Reisezeit) ,
- der Fahrtkosten für die zusätzlich zurückgelegte Distanz aller Verkehrsteilnehmenden,
- Monetarisierung der ausgefallenen Reisen (wegen vollständiger Unerreichbarkeit wegfallende Reisen werden mit 200 Fr. für den Arbeitsweg, 100 Fr. für Geschäfts-, 50 Fr. für Freizeit-, und 25 Fr. für Einkaufsfahrten verrechnet),
- erhöhte oder reduzierte Unfallkosten.

**Logsum-Methode:** Die Logsum-Methode misst die Ausfallkonsequenzen als Nutzendifferenz zwischen zwei Auswahlsituationen. Dazu wird die Konsumentenrente der Auswahlsituationen bei intakter und beschädigter Infrastruktur mit einem Nutzenmodell berechnet. Wird die Konsumentenrente vor Ausfall von derjenigen nach Ausfall subtrahiert, resultiert als Ausfallkosten die entgangene Konsumentenrente durch den Infrastrukturausfall.

#### 6.1.1 Offene Punkte in der Dissertation:

In der Dissertation bleiben einige Punkte offen, in denen ein Entscheid für eine bestimmte Methode gefällt werden muss.

**Einbezug der Modal- und Destinationswahl?** Da die Auswirkungen auf die Ausfallkosten relativ gross sind (25-31%), empfiehlt Erath, diese einzubeziehen. Erklärung: Eine Strassensperrung kann dazu führen, dass Verkehrsteilnehmer ein anderes Verkehrsmittel oder ein anderes Fahrtziel wählen.

**Verwendung von Subnetzwerken anstelle des ganzen Verkehrsmodells?** Unter der Annahme, dass sich die Auswirkungen von Infrastrukturausfällen nur in einem beschränkten Raum zeigen, lässt sich mit dieser Vereinfachung viel Rechnerleistung sparen. Dann kann auf die Verwendung des kompletten Netzwerks verzichtet werden und die Ergebnisse sind konsistent mit denen aus dem Gesamtnetzwerk, solange es sich wirklich um Fälle handelt, für die die Sub-netzwerke empfohlen werden. Für diese Beurteilung werden in der Arbeit klare Kriterien genannt.

**Verzicht auf Neuberechnung der Verkehrsflüsse?** Unter der Annahme, dass Staus wegen Infrastrukturausfällen nur auf bereits relativ stark befahrenen Strassen entstehen, kann teilweise auf die Neuberechnung der Verkehrsflüsse (Iteration von Schritt 4. zu Schritt 2 in Kapitel 1) verzichtet werden.

#### 6.1.2 Umsetzung in Roadrisk

Roadrisk orientiert sich stark an [35]. Dabei werden im Transportnachfragermodell sowohl Modal-, Routen- und Zielortwahleffekte einbezogen. Umfahrungen werden unter Berücksichtigung von Kapazitätsengpässen modelliert. Monetarisiert werden die Fahrzeit durch Reisezeitverlängerung, Betriebskosten für die zusätzliche Distanz sowie steigende Unfallkosten und Kosten der Nichtdurchführung von berufs- und freizeitbedingten Fahrten [9]. Zur Monetarisierung der Reisezeitverlängerung wird auf Staukostensätze in Anlehnung an ARE [39] zurückgegriffen.

## 6.2 Berechnung mit Google Maps

Theoretisch lassen sich Ausfälle der Verkehrsinfrastruktur mit Google Maps insofern gut quantifizieren, als dass damit Zeit- und Wegkosten sehr genau berechnet werden können. Google Maps berechnet jeweils den schnellsten Weg. Da keine Iterationen stattfinden, passen sich die Verkehrsteilnehmenden bei Verkehrsüberlastung jedoch nicht den neuen Fahrzeiten an, sondern bleiben auf der direktesten Ausweichstrecke. Beim Ausfall von Verbindungen mit hoher Kapazität und kürzesten Umwegen mit niedriger Kapazität könnten sich daraus Verzerrungen ergeben.

Wir haben an dem Beispiel der Sperrung der Autobahn zwischen Nyon und Genf die Ergebnisse von Erath [35] mit einer Berechnung via Google Maps verglichen. In der Vergleichsrechnung verwenden wir folgende Daten:

- Verkehrsaufkommen: öffentlich verfügbare Daten der Zählstelle COPPET aus der Schweizerischen Automatischen Verkehrszählung
- Monetarisierung Reisezeit: Kosten pro Stunde aus Staukostenansatz (wie Roadrisk). Für den Reisezweck und die Belegungszahlen pro Auto: Gewichtung gemäss Mikrozensus.
- Kosten pro Kilometer (Betriebskosten): gemäss Erath [35]
- Veränderung Unfallkosten: Nicht berücksichtigt.

In der Rechnung mittels Google erhalten wir im Ergebnis Sperrungskosten, die 24% tiefer sind als die von Erath [35] berechneten. Dies dürfte damit zu tun haben, dass die schnellste Umfahrungsroute unmöglich die gesamte Kapazität der ausfallenden Autobahn zwischen Nyon und Genf kompensieren kann, womit es zu Staus und verlängerten Ausweichrouten kommt.

Wird die Reisezeit auf der Ausweichstrecke bspw. schon nur um 20% auf 36 Minuten erhöht, werden die Ausfallkosten um 2% überschätzt. Die Berechnung ist extrem sensiv in Bezug auf die Reisezeit, weshalb Stausituationen auf Ausweichrouten zwingend einzubezogen werden müssen. Da in Erath [35] keine Angaben zu Ausfallkosten auf anderen Strecken vorhanden sind, konnte die Methode nicht für weniger dicht befahrene Strecken getestet werden.

Grundsätzlich darf davon ausgegangen werden, dass eine einfache Berechnung via Google Maps im Falle von Strassensperrungen von Strassen mit weniger dichtem Verkehr bessere bzw. realistischere Ergebnisse liefert als im Falle einer Sperrung einer sehr stark befahrenen Strasse wie einer Autobahn.

## 6.3 Beispielrechnung anhand Autobahnabschnitt Nyon-Genf

Im Folgenden zeigt eine Vergleichsrechnung den Effekt einer Umfahrung mit Google Maps im Vergleich zu einer Totalsperrung auf.

Tabelle 43: Berechnung mit Google Maps.

	Autobahn	Komplettsperrung Autobahn
Reisezeit	14 min.	30 min.
Reisedistanz	20.1 km	22.1 km
Reisezeitkosten	Fr. 664'800.76	Fr. 1'424'573.07
Reisedistanzkosten	Fr. 758'825.25	Fr. 834'330.25
Totale Kosten	Fr. 1'423'626.01	Fr. 2'258'903.32
<b>Kostendifferenz "Auto- bahn"</b>		<b>Fr. 835'277.30</b>



Abbildung 5: Szenario Autobahn

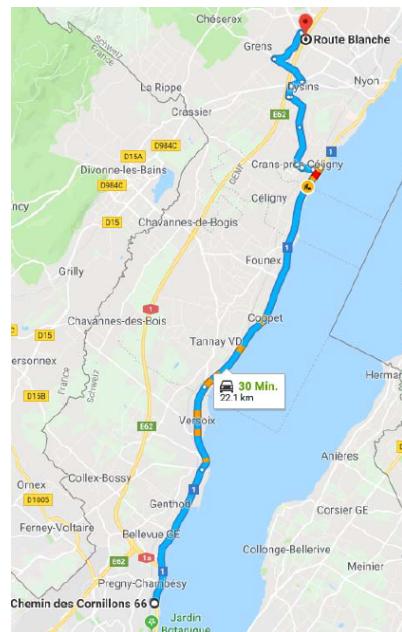


Abbildung 6: Szenario: Komplettsperrung

Tabelle 44: Kostenvergleich

Ausfallkosten im Erath-Modell ([35], p. 99)	Fr. 1'100'000.00
Ausfallkosten Google Maps-Methode	Fr. 835'277.30
Kostendifferenz absolut	-Fr. 264'722.70
<b>Kostendifferenz zwischen Erath und Google Maps</b>	<b>-24.07%</b>

Tabelle 45: Annahmen für Berechnung anhand Google Maps

	Wert	Quelle
Zahlungsbereitschaft für Reisezeitverringerung pro Auto	Fr. 37.73	SN 641 822a. gewichtet nach [36] und multipliziert mit den jeweiligen Be- setzungsgraden aus [37], vgl. auch Ta- belle 4
Reisekosten pro km	Fr. 0.5	([35], p. 52)
Anzahl Autos	75'505	[38], Jahreszahlen DTV, Zählstelle 249, COPPET)

Tabelle 46: Berechnung Verkehrsmix

	km	Anteil	Zweck gemäss SN 641 822a	Personen pro Wagen
Alle Zwecke	24.35	100.00%		
Arbeit	5.50	22.58%	Pendlerfahrt	1.105149
Ausbildung und Schule	0.56	2.31%	Pendlerfahrt	1.31762
Einkauf und Besorgungen	3.58	14.71%	Ein- kaufsfahrt	1.432382
Freizeit	10.73	44.04%	Freizeitfahrt	1.638613
Geschäftliche Tätigkeit, Dienstfahrt	1.94	7.98%	Nutzfahrt	1.207262
Service und Begleitwege	1.68	6.90%	Nutzfahrt	1.884783
Anderes (inkl. weiss nicht/keine Angabe)	0.36	1.48%	keine	1.510315

Quelle: MIV, Fahrtdistanz pro Tag und Person nach [36]:

## 6.4 Offene Fragen

Unfallkosten werden in der Dissertation Erath (2011) nur auf Verbindungen, jedoch nicht an Knotenpunkten monetarisiert. Der Grund dafür ist, dass damals Daten über die Unfallwahrscheinlichkeiten in den Knotenpunkten des Netzwerkmodells fehlten. Es bleibt zu eruieren, inwiefern sich das geändert hat und ob Roadrisk diese heute einbezieht.

Unklar bleibt ebenfalls, ob in Roadrisk auf Subnetzwerke zurückgegriffen oder auf die Neuberechnung der Verkehrsflüsse (Iterationen) verzichtet wird.

Die Methode "Berechnung mit Google Maps" verzichtet auf eine Berücksichtigung von Kapazitätsengpässen auf den Ausweichrouten. Es ist zu prüfen, in welchen Fällen dies adäquat ist. Staus auf Ausweichrouten erhöhen die Ausfallkosten wesentlich. Eine Möglichkeit, um via Google realistische Ergebnisse zu erhalten, ist, die Ausweichroute so zu legen, dass davon ausgegangen werden kann, dass relativ wenig Stau entsteht (z.B. durch Nutzung von Straßen mit grösserer Kapazität, auch wenn dadurch der Umweg etwas grösser ist). Experten mit Kenntnissen der regionalen Verkehrssituation werden in der Lage sein, eine adäquate und realistische Ausweichroute festzulegen; für diese Route sollte dann das Ergebnis der Umfahrungskosten auch realistischer und dem Ergebnis von Roadrisk eher entsprechen. Alternativ könnte zur Umfahrungszeit ein (auf Erfahrungen beruhender) prozentualer Zuschlag für den stockenden Verkehr auf der Umfahrung addiert werden.

# 7 Anhang

## 7.1 Übersicht iCost-Berechnungsansätze für EconoMe-Objekte

Vernachlässigbare Objekte:

### **Gebäude**

- Schuppen / Remise
- Garage
- Kirche
- Bahnhof
- Sportanlage (Gebäude)
- Stationsgebäude mechanische Aufstiegshilfe
- Öffentlicher Parkplatz
- Keller

### **Strassenverkehr**

- Feldweg, Waldweg (asphaltiert)
- Feldweg, Waldweg (Kiesbelag)
- Freiwählbares Strassenobjekt

### **Sonderobjekte Schienenverkehr**

- sämtliche

### **Landwirtschaft, Wald und Grünanlagen**

- Parkanlage
- Extensive Flächen
- Schutzwald
- Nutzwald
- Golfanlage (Aussenanlage)
- Friedhof
- Sportanlage (Aussenanlage)
- Freiwählbares Objekt Landwirtschaft, Wald und Grünanlagen

### **Leitungen**

- sämtliche

### **Mechanische Aufstiegshilfen**

- sämtliche

Tabelle 47: Übersicht der iCost-Berechnungsansätze für EconoMe-Objekte.

EconoMe-Objekt	Ausfall / Ersatz	Einheit	Zeitraum	Wert	Bemerkung
<b>Gebäude</b>					
Einkaufszentrum	Ausfall	Beschäftigte	Stunde	NOGA	
Stall					
Hotel					
Industrie					
Spital					
Einfamilienhaus	Ersatz	Bewohner	Tag	45 CHF	Unterbringung Zivilschutzanlage
Mehrfamilienhaus					
Freiwählbares Gebäude	Ersatz	Objekt	Tag	0	Keine Vorgabe möglich
Schule	Ersatz	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Jahr	94 CHF (7.80 CHF pro m <sup>3</sup> und Monat)	Halbe Gebäudekubatur multipliziert mit Container-Mietpreis und Ausfalldauer.
Öffentliche Gebäude					
<b>Sonderobjekte</b>					
Campingplatz	Ausfall	Beschäftigte	Stunde	NOGA	
Campingplatz (Zeltplatz)					
Kraftwerk	Ersatz	Objekt	Tag	0	Keine Vorgabe möglich
ARA					
Deponie					
Wasserreservoir					
Schutzbauwerk					
Sendeanlage					
Freiwählbares Sonderobjekt					

EconoMe-Objekt	Ausfall / Ersatz	Einheit	Zeitraum	Wert	Bemerkung
<b>Strassenverkehr</b>					
Nationalstrasse	Ersatz	Fahrzeug	Stunde	21 CHF	Staukostenansatz. Indirekte Kosten sollten nur einmal berechnet werden für zusammenhängende Objekte (Verantwortung des Benutzers).
Kantonsstrasse					
Gemeindestrasse					
Brücke, Einzelfahrzeuge					
Brücke, Gemeindestrasse					
Brücke, Kantonsstrasse					
Brücke, Autobahn					
<b>Schienenverkehr</b>					
Einspur	Ersatz	Objekt	Tag	Abhängig von Bahn- gesell- schaft und evtl. Strecken- art	Indirekte Kosten sollten nur einmal berechnet werden für zusammenhängende Objekte (Verantwortung des Benutzers).
Mehrspur					
Brücke Einspur					
Brücke Mehrspur					
Sonderobjekt Brücke Schienenverkehr					
<b>Landwirtschaft, Wald und Grünanlagen</b>					
Intensive Flächen	Ausfall	Fläche [a]	Jahr	73 CHF	
Rebberg				488 CHF	
Gemüsekultur				314 CHF	
Obstplantagen				375 CHF	

## 7.2 NOGA Klassifikation

Tabelle 48: NOGA 2008

Abschnitt	Abteilung	Titel (kurz)
A	01	Landwirtschaft, Jagd und damit verbundene Tätigkeiten
A	02	Forstwirtschaft und Holzeinschlag
A	03	Fischerei und Aquakultur
B	05	Kohlenbergbau
B	06	Gewinnung von Erdöl und Erdgas
B	07	Erzbergbau
B	08	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau
B	09	Erbringung von Dienstleistungen für den Bergbau
C	10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln
C	11	Getränkeherstellung
C	12	Tabakverarbeitung
C	13	Herstellung von Textilien
C	14	Herstellung von Bekleidung
C	15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen
C	16	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
C	17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
C	18	Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung
C	19	Kokerei und Mineralölverarbeitung
C	20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen
C	21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
C	22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
C	23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
C	24	Metallerzeugung und -bearbeitung
C	25	Herstellung von Metallerzeugnissen
C	26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen
C	27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
C	28	Maschinenbau
C	29	Herstellung von Automobilen und Automobilteilen
C	30	Sonstiger Fahrzeugbau
C	31	Herstellung von Möbeln
C	32	Herstellung von sonstigen Waren
C	33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen

Abschnitt	Abteilung	Titel (kurz)
D	35	Energieversorgung
E	36	Wasserversorgung
E	37	Abwasserentsorgung
E	38	Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung
E	39	Beseitigung von Umweltverschmutzungen und sonstige Entsorgung
F	41	Hochbau
F	42	Tiefbau
F	43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbau- gewerbe
G	45	Handel mit Motorfahrzeugen; Instandhaltung und Reparatur von Motor- fahrzeugen
G	46	Grosshandel (ohne Handel mit Motorfahrzeugen)
G	47	Detailhandel (ohne Handel mit Motorfahrzeugen)
H	49	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen
H	50	Schifffahrt
H	51	Luftfahrt
H	52	Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr
H	53	Post-, Kurier- und Expressdienste
I	55	Beherbergung
I	56	Gastronomie
J	58	Verlagswesen
J	59	Herstellung von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Verlegen von Musik
J	60	Rundfunkveranstalter
J	61	Telekommunikation
J	62	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
J	63	Informationsdienstleistungen
K	64	Erbringung von Finanzdienstleistungen
K	65	Versicherungen, Rückversicherungen und Pensionskassen (ohne Sozial- versicherung)
K	66	Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistungen verbundene Tätigkeiten
L	68	Grundstücks- und Wohnungswesen
M	69	Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung
M	70	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben; Unterneh- mensberatung

Abschnitt	Abteilung	Titel (kurz)
M	71	Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung
M	72	Forschung und Entwicklung
M	73	Werbung und Marktforschung
M	74	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten
M	75	Veterinärwesen
N	77	Vermietung von beweglichen Sachen
N	78	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften
N	79	Reisebüros, Reiseveranstalter und Erbringung sonstiger Reservierungs-dienstleistungen
N	80	Wach- und Sicherheitsdienste sowie Detekteien
N	81	Gebäudebetreuung; Garten- und Landschaftsbau
N	82	Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen für Unternehmen und Privatpersonen a. n. g.
O	84	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung
P	85	Erziehung und Unterricht
Q	86	Gesundheitswesen
Q	87	Heime (ohne Erholungs- und Ferienheime)
Q	88	Sozialwesen (ohne Heime)
R	90	Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten
R	91	Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten
R	92	Spiel-, Wett- und Lotteriewesen
R	93	Erbringung von Dienstleistungen des Sports, der Unterhaltung und der Erholung
S	94	Interessenvertretungen sowie kirchliche und sonstige religiöse Vereinigun-gen
S	95	Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern
S	96	Erbringung von sonstigen überwiegend persönlichen Dienstleistungen
T	97	Private Haushalte mit Hauspersonal
T	98	Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleistungen durch private Haushalte für den Eigenbedarf
U	99	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften

Quelle: Bundesamt für Statistik, NOGA 2008, Standardaggregationen.

## 8 Referenzen

- [1] Sicherheit von Erdgashochdruckanlagen Rahmenbericht zur standardisierten Ausmaßeinschätzung und Risikoermittlung, Schweizer Erdgaswirtschaft, Revision 2010
- [2] Störfallbetrachtungen zur Verlegung einer Erdgashochdruckleitung im Doppelrohrsystem und/oder zur Verlegung einer Erdgashochdruckleitung mit verschiedenen Überdeckungen (Tiefenlagen), Schweizer Erdgaswirtschaft, Oktober 2016
- [3] Richtlinien für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung gemäß § 3 Abs. 2 Z 3 Wasserbautenförderungsgesetz 1985. Teil I: Kosten-Nutzen-Untersuchung (KNU) und standardisierte Nutzenuntersuchung Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wassergewirtschaft, Gesamtkoordination: DI. Dr. Florian Rudolf-Miklau, Arbeitsgruppe KNU, 05.12.2005
- [4] Schriftenreihe Forschungsforum Öffentliche Sicherheit, State of the Art der Forschung zur Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen am Beispiel Strom/Stromausfall, J. Birkmann, C. Bach, S. Guhl, M. Witting, T. Welle, M. Schmude, Schriftenreihe Sicherheit Nr. 2, Oktober 2010,
- [5] Amt für Militär und Zivilschutz Graubünden, Gefährdungsanalyse Kanton Graubünden, 13. Oktober 2014
- [6] Kanton St. Gallen, Sicherheits- und Justizdepartement, Amt für Militär und Zivilschutz, Koordinationsstelle Bevölkerungsschutz, Gefährdungs- und Risikoanalyse Kanton St. Gallen, Ergebnisse der Phase I gemäss der Methode KATAPLAN, 30. November 2016
- [7] Nationale Gefährdungsanalyse – Gefährdungsdossier Ausfall Stromversorgung, Ausfall Stromversorgung, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, 30. Juni 2015
- [8] Nationale Gefährdungsanalyse – Gefährdungsdossier Ausfall Infrastruktur der Gasversorgung, Ausfall Infrastruktur der Gasversorgung, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, 30. Juni 2015
- [9] Bundesamt für Strassen ASTRA: Naturgefahren auf den Nationalstrassen: Risiko-Konzept - Methodik für eine risikobasierte Beurteilung, Prävention und Bewältigung von gravitativen Naturgefahren auf Nationalstrassen. ASTRA 89001. Bern, Ausgabe 2012 | V2.10.
- [10] Bundesamt für Strassen ASTRA: RoadRisk, <http://www.roadrisk.admin.ch/>, Stand: 23.05.2017.
- [11] EconoMeRailway: Risikoanalyse Naturgefahren entlang von Bahnstrecken, Methodik, Version 1.0, 25. Juni 2012.

- [12] EconoMeRailway 1.0. Online-Berechnungsprogramm für Risikoanalysen Naturgefahren entlang von Bahnstrecken. Bern, Mai 2011.
- [13] SBB, Uni Fribourg: Auswirkungen von naturbedingten Streckenunterbrücken auf dem Netz der SBB, 16. Dezember 2016.
- [14] Meyer, V., Becker, N., Markantonis, V., Schwarze, R., Van Den Bergh, J., Bouwer, L., Bubeck, P., Ciavloa, P., Genovese, E., Green, C., Hallegate, S., Kreibich, H., Lequeux, Q., Logar, I., Papyrakis, E., Pfurtscheller, C., Poussin, J., Przyluski, V., Thieken, A. H., and Viavattene, C. (2013). Review article: Assessing the costs of natural hazards-state of the art and knowledge gaps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(5), 1351-1373.
- [15] Pfurtscheller, C. (2014). Regional economic impacts of natural hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(2), 359-378.
- [16] Wood, N., Wilson, R., Jones, J., Peters, J., MacMullan, E., Krebs, T., Shoaf, K., and Miller, K. (2017). Community disruptions and business costs for distant tsunami evacuations using maximum versus scenario-based zones. *Natural hazards*, 86(2), 619-643.
- [17] Yamin, L. E., Hurtado, A., Rincon, R., Dorado, J. F., & Reyes, J. C. (2017). Probabilistic seismic vulnerability assessment of buildings in terms of economic losses. *Engineering Structures*, 138, 308-323.
- [18] Penning-Rowsell, E., Priest, S., Parker, D., Morris, J., Tunstall, S., Viavattene, C., Chatterton, J., and Owen, D. (2013). Flood and coastal erosion risk management: a manual for economic appraisal. Routledge.
- [19] Nöthiger, C. (2003). Naturgefahren und Tourismus in den Alpen – untersucht am Lawinenwinter 1999 in der Schweiz, SLF, Davos.
- [20] Nöthiger, C., Bürki, R. und Elsasser, H. (2005). Naturgefahren und Schäden für den Tourismus in den Alpen. *Geographica Helvetica*, Jg. 60 2005/Heft 1.
- [21] Hallegatte, S. and Przyluski, V. (2010). The economics of natural disasters: concepts and methods. World Bank Policy Research Working Paper 5507.
- [22] Laternser, M. (2000). Der Lawinenwinter 1999. Fallstudie Goms (Kanton Wallis). Versorgungslage, Bewältigung der Krisensituation und wirtschaftliche Auswirkungen. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos.
- [23] Department of Business, Enterprise and Regulatory Reform (2007). Electricity Priority User's Arrangements.
- [24] agriexpert (2017). Wegleitung für die Schätzung von Kulturschäden 2017.
- [25] Agroscope (2014). Die Bewertung der Obstkultur. Forschungsanstalt Agroscope, Changins-Wädenswil (ACW). Online verfügbar unter: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/obstbau/publikationen/betriebswirtschaft.html> (zuletzt besucht: 28.8.2017).

- [26] Kägi, W.; Kaiser, B.; Lobsiger, M., Knecht, D. (2016). Beschäftigung und Produktivität im Sozialbereich: Schlussbericht (Beiträge zur sozialen Sicherheit. Forschungsbericht Nr. 16/16). Bundesamt für Sozialversicherungen, Bern. Online verfügbar unter: <https://www.bsv.admin.ch/bsv/de/home/publikationen-und-service/forschung/forschungspublikationen.html> (zuletzt besucht: 29.8.2017).
- [27] Stucky-BG (2014). Etude d'ensemble des dangers naturels et risques liés au Rhône sur l'autoroute A9 Calcul des risques globaux Phase B. Bericht, Renens, 29 pp. + Anhang.
- [28] Helm, M., Jost, C., & Frey, G. (2009). Notfallmäßige Klinikevakuierung nach Bombendrohung–Erfahrungen einer 500-Bettenklinik. *Anästh Intensivmed*, 50, 712-720.
- [29] Preisüberwachung PUE (2014). Gesamtschweizerischer Tarifvergleich 2014 im Bereich der Bodenrettung. Online verfügbar unter: <https://www.preisueberwacher.admin.ch/pue/de/home/dokumentation/publikationen/studien--analysen/2015.html> (zuletzt besucht: 28.11.2017)
- [28] Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (Hrsg.) (2000): Der Lawinenwinter 1999. Ereignisanalyse. Davos, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung. 588 S. ISBN 3-905620-80-4
- [30] Eidg. Forschungsanstalt WSL und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.) (2000): Lothar. Der Orkan 1999, Ereignisanalyse. Birmensdorf, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. 365 S. ISBN 3-905620-93-6
- [31] Bundesamt für Strassen ASTRA: Naturgefahren auf den Nationalstrassen: Risiko-konzept Naturgefahren Nationalstrassen - Methodik für eine risikobasierte Beurteilung, Prävention und Bewältigung von gravitativen Naturgefahren auf Nationalstrassen. Bern, Ausgabe 2009 | V1.30.
- [32] Emch + Berger AG, Niederlassung Spiez: Hochwasserschutz Leissigen, Vorprojekt Eybach, Version 1.00, 08. November 2010.
- [33] Bundesamt für Strassen ASTRA: Staukosten im Strassenverkehr. Bern, 1998.
- [34] Bundesamt für Raumentwicklung ARE: Neuberechnung Staukosten Schweiz 2010-2014. Juni 2016.
- [35] Erath, A., 2011. Vulnerability Assessment of road transport infrastructure. Diss ETH No. 19671, ETH Zürich, Zürich.
- [36] BFS (2015a). Tagesdistanz pro Person nach Verkehrsmittelklasse und Zweck. 2015 – Schweiz, Mikrozensus Verkehr und Mobilität. Bundesamt für Statistik, Neuenburg.
- [37] BFS (2015b). Besetzungsgrad der Personenwagen nach Verkehrszweck, 2015. Bundesamt für Statistik, Neuenburg.
- [38] BFS (2011). Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung. Bundesamt für Statistik, Neuenburg.

[39] ARE (2007). Staukosten des Strassenverkehrs in der Schweiz. Aktualisierung 2000/2005. Bern.