

| Risikokonzert TP3 Grenzkosten als Festsetzung im Rahmen von Nutzen-Kosten-Analysen für Sicherheitsmassnahmen | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---------|--------------------------|--------|------------|------------|--|----------|---------------------------|------------|-------------|---------------|--|---------|----|
| Schlussbericht | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Matrisk GmbH</p> <p>Alte Obfelderstrasse 50 8910 Affoltern a.A. Schweiz Tel.: +41 43 340 04 27 contact@matrisk.com</p> | <p>Dieser Bericht wurde im Auftrag von BAV, ASTRA und BAFU von der Matrisk GmbH in Zusammenarbeit mit Kellerhals Carrard, Bern erstellt.</p> | <table border="1"> <tr> <td>Status:</td> <td>Finale Version (Rev. E2)</td> </tr> <tr> <td>Datum:</td> <td>15.12.2016</td> </tr> <tr> <td>Verfasser:</td> <td>R. Custer K. Fischer M. Schubert A. Güngerich</td> </tr> <tr> <td>Geprüft:</td> <td>M. Schubert K. Fischer</td> </tr> <tr> <td>Genehmigt:</td> <td>M. Schubert</td> </tr> <tr> <td>Genehmigt AG:</td> <td>S. Schönherr (BAV) B. Gogniat (ASTRA) C. Scapozza (BAFU)</td> </tr> <tr> <td>Seiten:</td> <td>80</td> </tr> </table> | Status: | Finale Version (Rev. E2) | Datum: | 15.12.2016 | Verfasser: | R. Custer K. Fischer M. Schubert A. Güngerich | Geprüft: | M. Schubert K. Fischer | Genehmigt: | M. Schubert | Genehmigt AG: | S. Schönherr (BAV) B. Gogniat (ASTRA) C. Scapozza (BAFU) | Seiten: | 80 |
| | Status: | Finale Version (Rev. E2) | | | | | | | | | | | | | | |
| | Datum: | 15.12.2016 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Verfasser: | R. Custer K. Fischer M. Schubert A. Güngerich | | | | | | | | | | | | | | |
| | Geprüft: | M. Schubert K. Fischer | | | | | | | | | | | | | | |
| | Genehmigt: | M. Schubert | | | | | | | | | | | | | | |
| | Genehmigt AG: | S. Schönherr (BAV) B. Gogniat (ASTRA) C. Scapozza (BAFU) | | | | | | | | | | | | | | |
| | Seiten: | 80 | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Der Bericht ist Eigentum des Auftraggebers. Er darf nur mit Genehmigung des Auftraggebers verbreitet oder vervielfältigt werden.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Der Bericht spiegelt die gutachterliche Einschätzung der Verfasser wieder. Diese Einschätzung ist unabhängig und gibt nicht die Einschätzung oder Meinung der Auftraggeber wieder.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Zusammenfassung: Im vorliegenden Bericht werden die Grundlagen für die Grenzkostenwerte, die in Bundesverwaltungen verwendet werden, identifiziert und zusammengestellt. Eine Situationsanalyse der Grundlagen wurde vorgenommen und basierend auf den gewonnen Erkenntnissen Handlungsempfehlungen entwickelt.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gesendet an | Datum | Revision | | | | | | | | | | | | | | |
| Hannes Meuli (BAV) | 01.04.2016 | Zwischenbericht – Revision A (Zur Kommentierung) | | | | | | | | | | | | | | |
| Hannes Meuli (BAV), Bernard Gogniat (ASTRA), Carlo Scapozza (BAFU) | 25.04.2016 | Zwischenbericht – Revision B (Zur Freigabe) | | | | | | | | | | | | | | |
| Hannes Meuli (BAV), Silke Schönherr (BAV), Bernard Gogniat (ASTRA), Carlo Scapozza (BAFU) | 07.06.2016 | Schlussbericht – Revision C (Zur Kommentierung) | | | | | | | | | | | | | | |
| Silke Schönherr (BAV), Bernard Gogniat (ASTRA), Carlo Scapozza (BAFU) | 22.07.2016 | Schlussbericht – Revision D (Zur Freigabe) | | | | | | | | | | | | | | |
| Silke Schönherr (BAV), Bernard Gogniat (ASTRA), Carlo Scapozza (BAFU) | 15.12.2016 | Schlussbericht – Revision E2 (Finale Version) | | | | | | | | | | | | | | |
|  Matthias Schubert, Dr. sc. ETH, Dipl.-Ing. |  Rocco Custer, Dr., Dipl. Ing. ETH | | | | | | | | | | | | | | | |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| INHALTSVERZEICHNIS | 2 |
| 1 ZUSAMMENFASSUNG | 4 |
| 2 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN..... | 6 |
| 3 EINLEITUNG..... | 7 |
| 3.1 EINLEITUNG | 7 |
| 3.2 GRENZKOSTEN IM KONTEXT DER ENTSCHEIDUNGSFINDUNG | 7 |
| 3.3 AUFTRAG LEITFRAGEN | 9 |
| 4 SITUATIONSANALYSE PRAXIS..... | 11 |
| 4.1 AUSLEGEORDNUNG | 11 |
| 4.2 ANALYSE DER ANWENDUNG VON GRENZKOSTEN | 13 |
| 4.3 UNTERSUCHUNG DER VERWENDETEN GRENZKOSTEN | 18 |
| 4.4 RISIKOAVERSION | 24 |
| 4.4.1 <i>Analyse der Anwendung der Risikoaversion.....</i> | <i>25</i> |
| 4.4.2 <i>Untersuchung der verwendeten Risikoaversion</i> | <i>27</i> |
| 5 SITUATIONSANALYSE LITERATUR | 30 |
| 5.1 GRENZKOSTEN UND GESELLSCHAFTLICHE ZAHLUNGSBEREITSCHAFT | 30 |
| 5.2 METHODEN ZUR HERLEITUNG VON GRENZWERTEN VON GRENZKOSTEN | 32 |
| 5.2.1 <i>Kontingenten Bewertungsmethode.....</i> | <i>32</i> |
| 5.2.2 <i>Offenbarte Präferenzen.....</i> | <i>33</i> |
| 5.3 WEITERE SCHWEIZER LITERATUR ZU GRENZKOSTEN | 35 |
| 5.3.1 <i>Dokumente des SIA.....</i> | <i>35</i> |
| 5.3.2 <i>Dokumente des SBB.....</i> | <i>37</i> |
| 5.3.3 <i>Dokumente des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE).....</i> | <i>37</i> |
| 5.3.4 <i>Dokumente des VSS.....</i> | <i>38</i> |
| 5.3.5 <i>Dokumente der VKF (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen).....</i> | <i>39</i> |
| 6 SITUATIONSANALYSE RECHTSPRECHUNG..... | 40 |
| 6.1 ÜBERSICHT ÜBER DIE RECHTSPRECHUNG..... | 40 |
| 6.1.1 <i>Einleitung.....</i> | <i>40</i> |
| 6.1.2 <i>Strafrechtliche Rechtsprechung.....</i> | <i>40</i> |
| 6.1.3 <i>Zivilrechtliche Rechtsprechung.....</i> | <i>42</i> |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.1.4 | <i>Rechtsprechung im öffentlichen Recht</i> | 44 |
| 6.2 | DER MYOZYME-ENTSCHEID IM BESONDEREN | 46 |
| 6.3 | ZUSAMMENFASSUNG DER SITUATIONSANALYSE DER RECHTSPRECHUNG..... | 49 |
| 7 | BEGRÜNDBARKEIT DER VERWENDETEN GRENZKOSTENANSÄTZE | 51 |
| 7.1 | BEGRÜNDBARKEIT DES GRENZKOSTEN DIAGRAMMS | 51 |
| 7.2 | BEGRÜNDBARKEIT VON UNTERSCHIEDLICHEN GRENZKOSTEN UND HERLEITUNGS-METHODEN..... | 54 |
| 7.2.1 | <i>Freiwilligkeit</i> | 55 |
| 7.2.2 | <i>Differenzierung der Grenzkosten nach Anwendungsbereich</i> | 55 |
| 7.2.3 | <i>Risikoaversion</i> | 57 |
| 7.2.4 | <i>Herleitung der Grenzkostenwerte</i> | 58 |
| 7.2.5 | <i>Anpassung der Grenzkosten an die wirtschaftliche Entwicklung</i> | 59 |
| 7.2.6 | <i>Fazit</i> | 59 |
| 7.3 | EINORDNUNG UND BEGRÜNDBARKEIT DER VERWENDETEN GRENZKOSTENWERTE | 60 |
| 8 | RELEVANZ DER UNTERSCHIEDE | 63 |
| 8.1 | RELEVANZ DER UNTERSCHIEDE IN BEZUG AUF DIE ENTSCHEIDUNGEN | 63 |
| 8.1.1 | <i>Zielfunktion</i> | 63 |
| 8.1.2 | <i>Sensitivitätsanalyse</i> | 64 |
| 8.1.3 | <i>Einfluss der Variablen in der Praxis</i> | 67 |
| 8.1.4 | <i>Fazit</i> | 69 |
| 8.2 | RELEVANZ DER UNTERSCHIEDE IN BEZUG AUF DIE RECHTSPRECHUNG | 69 |
| 8.2.1 | <i>Rechtliche Vorbemerkungen</i> | 69 |
| 8.2.2 | <i>Anknüpfung an die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit</i> | 70 |
| 8.2.3 | <i>Freiwilligkeit</i> | 71 |
| 8.2.4 | <i>Ereignisgrösse</i> | 72 |
| 8.2.5 | <i>Anwendungsbereich</i> | 73 |
| 9 | SCHLUSSFOLGERUNGEN | 74 |
| 10 | LITERATUR | 75 |
| | ANHANG | 79 |

1 Zusammenfassung

In diesem technischen Bericht wird untersucht, in welchen Bereichen der Bundesämter BAV, BAFU, ASTRA, BABS (nur SKI), BFE und BAZL der Grenzkostenansatz zur Beurteilung von Investitionen in die Personensicherheit verwendet wird, wie die verwendeten Grenzkostenwerte begründbar sind, und ob allfällige Unterschiede relevant sind.

Der Grenzkostenansatz ist ein Akzeptanzkriterium, welches in einer technischen Risikoanalyse sicherstellt, dass ein ausreichendes Sicherheitsniveau erreicht wird. Das Ziel der technischen Risikoanalyse ist die Erarbeitung einer quantitativen Informationsgrundlage, die möglichst transparent und reproduzierbar ist und die im politischen Prozess zur risikoinformierten Entscheidungsfindung verwendet werden kann. Die risikoinformierte Entscheidungsfindung ist ein abwägender Prozess, der alle vorhanden Informationen (z.B. gesellschaftliche, politische und ökonomische Aspekte) einbezieht und die Entscheidung in einen breiteren Kontext setzt.

Die Bundesämter BAV, BAFU, ASTRA und BABS wenden derzeit den Grenzkostenansatz für die Entscheidungsfindung in Bezug auf Investitionen in die Personensicherheit an. Die Bundesämter haben in ihrem Verantwortungsbereich Grenzkostenwerte definiert, die zwischen 2 Mio. CHF und 10 Mio. CHF liegen. In diesem Bericht wird in einer Situationsanalyse dargelegt, auf welchen Grundlagen die verwendeten Werte basieren. Es wird gezeigt, dass alle verwendeten Grenzkostenwerte auf dieselben Quellen, nämlich auf Arbeiten von Ernst Basler + Partner aus den 1990er Jahren zurückgehen, die die Grenzkostenwerte in Funktion der Freiwilligkeit einer Tätigkeit festlegen. Das Vorgehen zur Bestimmung der Werte und die Werte selbst wurden seither nicht an die wirtschaftliche und technische Entwicklung angepasst.

Des Weiteren wird in diesem Bericht untersucht, ob eine Differenzierung des Grenzkostenwertes nach Anwendungsbereich, Ereignisgrösse oder der Freiwilligkeit einer Tätigkeit begründbar ist. Es konnte keine wirtschaftliche, technische oder rechtlich relevante Begründung für eine Differenzierung des Grenzkostenwertes gefunden werden. Der Grenzkostenwert ist die Formalisierung des Kompromisses zwischen möglichst grosser Sicherheit und den begrenzten Ressourcen, die investiert werden können. Handelt es sich um gesellschaftliche Ressourcen, sollte dieser Kompromiss auf gesellschaftlicher Ebene getroffen werden. Dies bedeutet, dass bei allen Massnahmen, die aus gesellschaftlichen Ressourcen finanziert werden, derselbe Grenzkostenwert angewendet werden sollte. Ist dies nicht der Fall, sind die gesellschaftlichen Ressourcen nicht optimal eingesetzt und das Prinzip der Rechtsgleichheit wird verletzt.

Wie hoch der Grenzkostenwert sein sollte, und wie dieser hergeleitet werden sollte, wird in diesem Bericht ebenfalls analysiert. Die Analyse hat gezeigt, dass nur Herleitungen Sinn ergeben, die sowohl die vorhandenen Ressourcen wie auch den gesellschaftlichen Wunsch nach mehr Sicherheit berücksichtigen. Es hat sich gezeigt, dass Herleitungsmethoden, die auf Befragungen oder mikroökonomischen Verhalten basieren, oft unzureichend sind. Ein wesentlicher Grund hierfür ist, dass diese Methoden in der Regel die verfügbaren Ressourcen nicht angemessen berücksichtigen.

Der Einfluss der Grenzkosten auf Investitionsentscheidungen in Bezug auf die Personensicherheit wurde mittels einer Sensitivitätsanalyse untersucht. Es wurde gezeigt, dass die Höhe der Grenzkosten ein signifikanter Faktor ist und damit die Entscheidungsfindung in der Praxis massgebend bestimmt.

Selbst in Situationen, in denen die Genauigkeit in der Bestimmung des Risikos und damit auch der Risikoreduktion sehr gering ist, ist der Grenzkostenwert ein entscheidender Faktor.

Aus rechtlicher Sicht sind risikobasierte Betrachtungen explizit zugelassen und finden sowohl im Straf-, Zivil- und Öffentlichem Recht vermehrt Anwendung. Anwendungsbereich, Freiwilligkeit oder Ereignisgrösse als Begründung für die Differenzierung der Grenzkosten stellen keine rechtlich relevanten Kriterien dar. Werden in den Bundesämtern unterschiedliche Grenzwerte eingesetzt, kommt dies einer Ungleichbehandlung in der Bevölkerung gleich, die eine Verletzung des Rechtsgleichheitsgebots zur Folge haben kann. Bis vor kurzem hat sich die Judikatur in der Schweiz nicht zu einer angemessenen Höhe der Grenzkostenwerte geäussert. Dies hat sich mit dem bundesgerichtlichen Myozyme-Entscheid geändert, in dem erstmals ein Grenzwertbereich genannt wird.

2 Handlungsempfehlungen

Die folgenden Handlungsempfehlungen sind aus den Ausführungen in den Kapiteln 7 (Begründbarkeit) und Kapitel 8 (Relevanz) abgeleitet. Diese gelten für technische Risikoanalyse und -bewertung, die in der Verwaltung als Grundlage für risikoinformierte Entscheidungsfindung verwendet werden:

1. Es konnte im Rahmen dieses Projektes keine sachliche, technische, wirtschaftliche oder rechtliche Grundlage gefunden werden, um den Grenzkostenwert nach
 - Freiwilligkeit (siehe Kapitel 7.1 und 7.2.1),
 - Ereignisgrösse (siehe Kapitel 7.2.3) oder
 - Anwendungsbereich (siehe Kapitel 7.2.2).

zu differenzieren.

Je nach Herleitung und Annahmen können Grenzkostenwerte innerhalb einer gewissen Bandbreite liegen. Ziel sollte es sein, diese mittels einer einheitlichen Herleitung zu verringern. (Grosse) Unterschiede bei den Grenzkostenwerte sollten kritisch hinterfragt und verringert werden.

2. Da der Grenzkostenwert einen signifikanten Einfluss auf die Entscheidungsfindung hat (siehe Kapitel 8.1), wird empfohlen, den Wert auf einer konsistenten, begründbaren Basis abzustützen.
3. Es wird empfohlen, den Grenzkostenwert als eine Funktion der zur Verfügung stehenden gesellschaftlichen Ressourcen zu formulieren, z.B. als Funktion des BIPs, und den Grenzkostenwert von sozioökonomischen Indikatoren abzuleiten (siehe Kapitel 7.2.4).
4. Da sich die Ressourcen über die Zeit ändern und der Einfluss dieses Wertes auf die Entscheidungen gross ist, wird empfohlen, den Grenzkostenwert periodisch an Inflation und BIP-Veränderung anzupassen (siehe Kapitel 7.2.5).

3 Einleitung

3.1 Einleitung

Die UVEK-Ämter müssen in ihrem jeweiligen Verantwortungsbereich Entscheidungen fällen, welche einen Einfluss auf die Personensicherheit im öffentlichen Raum haben. Laut Artikel 5 der Bundesverfassung muss staatliches Handeln im öffentlichen Interesse liegen und verhältnismässig sein. Dieser Grundsatz gilt auch für die Beurteilung von Investitionen in die Personensicherheit: nur durch sachliches Abwägen von Kosten und Wirksamkeit der geplanten Massnahmen können die verfügbaren Mittel optimal eingesetzt werden.

Um abzuschätzen, welche Massnahmen für die Personensicherheit verhältnismässig sind, finden Nutzen-Kosten-Analysen zunehmend Anwendung und sind in einigen Bereichen die Grundlage für Entscheidungen (z.B. ASTRA 89001 [1], EconoMe [2], Konzept zur Beurteilung von Abweichungen von der EBV [3]). Eine zentrale Annahme bei der Bewertung von Massnahmen in Bezug auf ihre Verhältnismässigkeit ist der Grenzwert der Grenzkosten (oder kurz: Grenzkosten), der für die Personensicherheit von der Gesellschaft aufgewendet werden sollte. Aufgrund der beschränkten gesellschaftlichen Ressourcen sind diese Grenzkosten ebenfalls beschränkt – im Gegensatz zum Wert eines Menschenlebens, der grundsätzlich nicht beziffert werden kann.

Die verwendeten Grenzkostenwerte sind in den UVEK-Ämtern teilweise unterschiedlich, so dass es in der aktuellen Situation durchaus möglich wäre, dass ein Amt eine spezifische Massnahme ergreifen, vorschreiben oder finanzieren würde, ein anderes jedoch nicht.

Um die bestehende Situation zu analysieren und offene Fragen in diesem Zusammenhang zu vertiefen, haben die Bundesämter BAV, BAFU und ASTRA die vorliegende Studie in Auftrag gegeben.

Infoboxen

In diesem Dokument sind einige Infoboxen eingefügt. Sie dienen dazu, weitere Informationen zu geben. Sie sollen die Lesbarkeit und das Verständnis für den Inhalt verbessern. Lesern, die mit den Begriffen und Inhalten vertraut sind, können die Infoboxen überspringen.

3.2 Grenzkosten im Kontext der Entscheidungsfindung

Grenzkostenwerte werden als Festlegung für das sogenannte Grenzkostenkriterium verwendet. Das Grenzkostenkriterium ist ein Instrument der technischen Risikobewertung, das dem Entscheidungsträger erlaubt, Investitionen in die Personensicherheit auf einer quantitativen Basis zu beurteilen. Insbesondere ist das Grenzkostenkriterium ein Risikoakzeptanzkriterium, das zwei Ziele hat: 1) eine ausreichende Sicherheit und 2) einen effizienten Mitteleinsatz. Das Grenzkostenkriterium ist nur ein Element, das in die technische Risikobewertung einfliesst. Zusätzlich können noch weitere Akzeptanzkriterien (z.B. Grenzwerte für das Individualrisiko), Präferenzen des Entscheidungsträgers

(z.B. welche Kosten wie zu berücksichtigen sind, welche Nutzen wie bewertet werden) oder Wirtschaftlichkeitskriterien berücksichtigt werden.

Das Ziel der technischen Risikoanalyse und -bewertung ist die Erarbeitung einer Entscheidungsgrundlage: eine quantitative Informationsgrundlage, die möglichst transparent und reproduzierbar ist und die im politischen Prozess zur risikoinformierten Entscheidungsfindung^a verwendet werden kann. Akzeptanzkriterien können als Randbedingung (bzw. als notwendiges Kriterium) für die risikoinformierte Entscheidungsfindung gesehen werden. Die konkrete Rolle des Grenzkostenkriteriums im Kontext des Entscheidungsprozesses, sowie das Zusammenspiel unterschiedlicher Elemente (Grenzkostenwert, Massnahmenkosten, Ereigniskosten) ist nachfolgend anhand eines Beispiels illustriert^b.

Abbildung 3.1 zeigt schematisch die Entscheidungsgrundlage für zwei abstrakte Fälle. In den Diagrammen sind auf der x-Achse Entscheidungsalternativen eingetragen, während die Kosten auf der y-Achse dargestellt sind. Die grauen Kurven zeigen die Kosten für die Sicherheitsmassnahmen, die schwarzen Kurven stellen die Kosten aus den Ereignissen (d.h. die Risikokosten) dar. Die rote Kurve stellt die Gesamtkosten dar. Es ist aus der Abbildung ersichtlich, dass, wenn mehr in die Sicherheit investiert wird (das heisst die graue Kurve ansteigt), die Kosten infolge von Ereignissen kleiner werden (die schwarze Kurve abfällt). Aus der Summe dieser beiden gegenläufigen Kosten-Kurven resultiert in den Gesamtkosten ein Minimum, das der wirtschaftlich optimalen Entscheidungsalternative entspricht (roter Punkt). Der Bereich der gemäss Grenzkostenkriterium akzeptablen Entscheidungsalternativen ist ebenfalls eingetragen. Als notwendiges Kriterium stellt es sicher, dass nur Entscheidungsalternativen berücksichtigt werden, bei denen ein minimaler Betrag in die Sicherheit investiert wird (grauer Bereich, grüner Pfeil).

Aus dem Zusammenspiel der unterschiedlichen Elemente ergeben sich in den beiden Fällen unterschiedliche Entscheidungen (mit dem schwarzen Kreuz dargestellt): im Fall A liegt das wirtschaftliche Optimum im Bereich der akzeptablen Entscheidungsalternativen, und ist somit massgebend. Im Fall B liegt das wirtschaftliche Optimum ausserhalb des Akzeptanzbereichs, die optimale Entscheidungsalternative wird deshalb vom Grenzkostenkriterium diktiert. Was in diesem schematischen Beispiel illustriert wird, trifft auch in der Praxis zu: das Grenzkostenkriterium und die Gesamtkostenfunktion sind nie gleichzeitig massgebend.

^a Die risikoinformierte Entscheidungsfindung ist ein abwägender Prozess, der alle vorhandenen Informationen einbezieht und die Entscheidung in einen breiteren Kontext setzt, als dies (unter Umständen) in durchgeführten Risikoanalysen gemacht wurde. Dies ist häufig notwendig, wenn Entscheidungen in komplexen Systemen mit mehreren konkurrierenden Zielen und Einheiten getroffen werden, die nicht in einer rein technischen Risikoanalyse berücksichtigt werden können. Die Ergebnisse der technischen Risikoanalyse können einen wesentlichen Bestandteil im risikoinformierten Entscheidungsprozess darstellen.

^b Aus Sicht des Entscheidungsträgers können Investitionen in die Sicherheit allgemein als Optimierungsproblem betrachtet werden. Um dieses darzustellen und generell diskutieren zu können, soll zunächst angenommen werden, dass sich dieses Optimierungsproblem mathematisch beschreiben lässt, was in der Praxis nicht immer möglich ist.

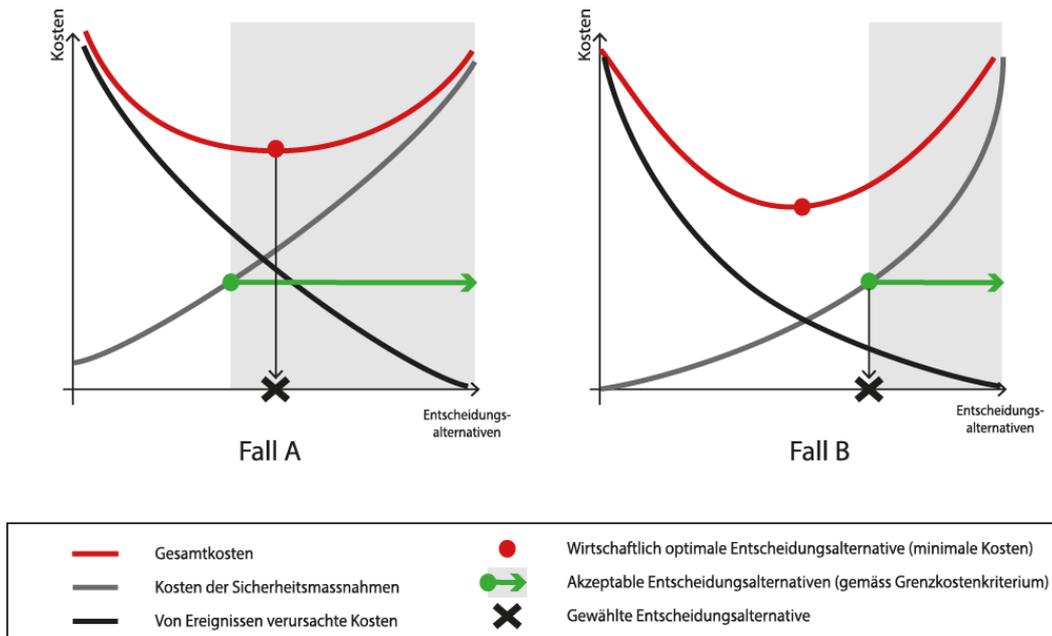


Abbildung 3.1: Vereinfachte Darstellung der Rolle der Grenzkosten in der Entscheidungsfindung im Zusammenspiel mit den Präferenzen des Entscheidungsträgers (durch die Zielfunktion dargestellt) und das Wirtschaftlichkeits-Kriterium.

Diese Ausführung soll unterstreichen, welche Rolle das Grenzkostenkriterium in der Entscheidungsfindung spielt. Es ist ein notwendiges Kriterium, aber keineswegs ein hinreichendes: in jeder Entscheidungsfindung sind viele Faktoren zu berücksichtigen, die schlussendlich im Zusammenspiel beeinflussen, welche Entscheidungsalternative gewählt wird.

3.3 Auftrag Leitfragen

Die Zielsetzung des Studienauftrags ist zu untersuchen,

1. in welchen Fachbereichen des ASTRA, BABS, BAFU, BAV, BAZL und BFE Grenzkostenwerte verwendet werden und in welcher Höhe,
2. in welchen anderen Fachbereichen des UVEK und weiterer Bundesämter Grenzkostenansätze verwendet werden und welche Grenzkosten dort verwendet werden,
3. welche Relevanz die verwendeten Grenzkostenansätze im Vergleich zu anderen üblicherweise im Rahmen von Nutzen-Kosten-Analysen getroffenen Annahmen haben, und
4. wie aus sicherheitstechnischer Sicht sich Grenzkosten begründen lassen.

Es ist nicht das Ziel des Studienauftrags einen einheitlichen Grenzkostenwert für die Bundesämter festzulegen.

In Abbildung 3.2 ist ein Überblick über den Bericht gegeben. Die Kapitel 4 - 6 befassen sich mit der Analyse der verwendeten Grenzkostenwerte und adressieren die zuvor erwähnten Punkte 1) und 2). In den Kapiteln 7 und 8 geht es um die Begründbarkeit der verwendeten Grenzkosten und die Relevanz von Unterschieden zwischen Grenzkosten; sie decken die zuvor erwähnten Punkten 3) und 4) ab.

| | | |
|--------------------------|---|---------------|
| Situationsanalyse | Analyse der Anwendung von Grenzkosten in ASTRA, BAFU, BAV, andere UVEK Ämter und Bundesverwaltungen | Kapitel 4 |
| | Analyse von Grenzkostenansätzen aus verschiedenen Fachbereichen. Anwendung von Grenzkostenansätzen aus Sicht der Rechtsprechung | Kapitel 5 & 6 |
| Interpretation | Begründbarkeit der verwendeten Grenzkostenansätze | Kapitel 7 |
| | Relevanz der identifizierten Unterschiede in Bezug auf Entscheidungen und die Rechtsprechung | Kapitel 8 |
| | Handlungsempfehlungen | Kapitel 2 |

Abbildung 3.2: Überblick über den Bericht.

4 Situationsanalyse Praxis

4.1 Auslegeordnung

Der Mensch hat ein angeborenes Sicherheitsbedürfnis. Gemäss dem Psychologe Maslow haben nur physiologische Bedürfnisse eine höhere Priorität, siehe [4]. Entsprechend gehört «...*Der Schutz der Bevölkerung vor Schäden ... zu den elementaren Aufgaben der Rechtsordnung. Insbesondere gehört das Recht auf Leben und Gesundheit zu den grundlegendsten Menschenrechten.*» (Seiler 1997, [5]).

Mit Investitionen in die Sicherheit, ob öffentlich oder privat, wird dem Sicherheitsbedürfnis der Gesellschaft nachgekommen. Wird in die Sicherheit investiert, reduziert sich die Anzahl Todesfälle, die Lebensgrundlage der Gesellschaft verbessert sich und die Lebenserwartung steigt. Die Ressourcen der Gesellschaft sind jedoch begrenzt, und nicht nur das, die Gesellschaft hat auch andere Bedürfnisse die es zu stillen gilt, die ebenfalls Ressourcen benötigen. Somit sind die Möglichkeiten in die Sicherheit zu investieren begrenzt und es stellt sich die Frage nach der Höhe der getätigten Sicherheitsinvestitionen: eine Frage des Ermessens, der sich die Gesellschaft stellen muss. Eine mögliche Antwort auf diese Frage kann mit dem Grenzkostenansatz erarbeitet werden.

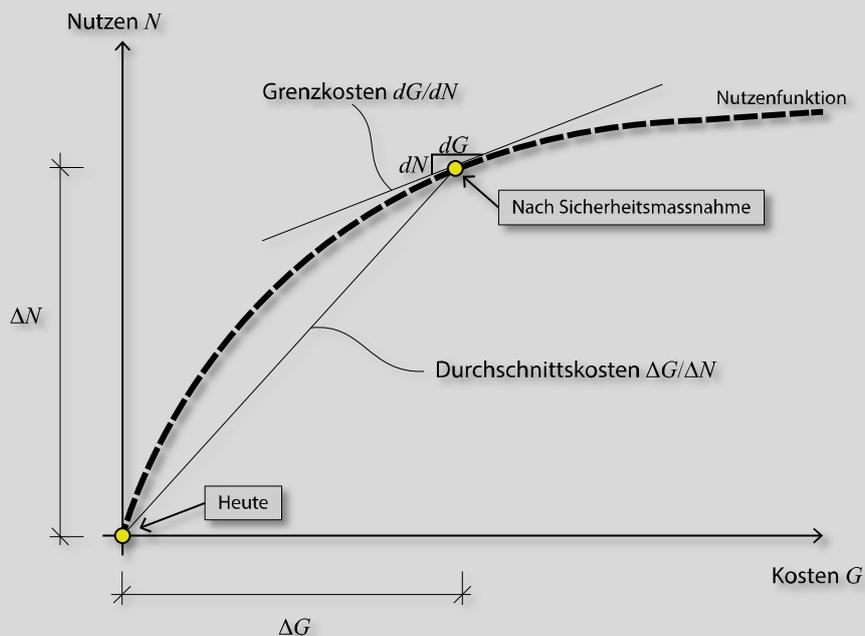
Der Grenzkostenansatz basiert auf wirtschaftswissenschaftlichen Konzepten (siehe Infobox 1 auf Seite 12 und Kapitel 5.1). Seine Anwendung im Rahmen von Nutzen-Kosten Untersuchungen von Sicherheitsmassnahmen kann wie folgt zusammengefasst werden. Bei gegebenem Stand der Technik ist zu erwarten, dass für jede zusätzliche Investition in die Sicherheit die Effizienz der Investition abnimmt (die Grenzkosten nehmen zu). Gemäss dem Grenzkostenansatz ist eine Investition in die Sicherheit solange sinnvoll und verhältnismässig, bis die Kosten für einen zusätzlich verhinderten Todesfall kleiner sind als einen bestimmten Grenzwert der Grenzkosten ist (siehe Infobox 2 für die Definition von Grenzwert der Grenzkosten und der Terminologie die in diesem Bericht verwendet wird). Der Ansatz erlaubt, entsprechend der Präferenz der Gesellschaft, eine optimale Verwendung der gesellschaftlichen Ressourcen (grösste Anzahl verhinderte Todesfälle bei vorhandenen Ressourcen) sowie die Gleichbehandlung von verschiedenen sicherheitsrelevanten Bereichen.

In der Schweiz hat der Grenzkostenansatz bereits in den 1980er Jahren zunehmend Fuss gefasst und ist in die Praxis aufgenommen worden, siehe z.B. [6], [7], [8] und [9]. In vielen Bereichen der öffentlichen Verwaltungen wird der Grenzkostenansatz vorgeschrieben oder empfohlen, und ein Grenzkostenwert angegeben, bis zu welchem eine Investition als verhältnismässig gilt. Im Kapitel 4.1 wird eine Auslegeordnung hierzu geschaffen und auf die spezifische Terminologie eingegangen. Im Kapitel 4.2 wird die Verwendung des Grenzkostenansatzes bei der Beurteilung von Sicherheitsmassnahmen in den Bundesämtern ASTRA, BABS, BAFU, BAV, BAZL und BFE analysiert. Insbesondere werden öffentliche und nichtöffentliche Dokumente, die den Grenzkostenansatz vorschreiben oder empfehlen, aufgelistet und analysiert. In einem zweiten Schritt werden in Kapitel 4.3 die identifizierten Grenzkostenwerte weiter untersucht. Insbesondere wird auf deren Ursprung und Herleitung eingegangen. Die weitere Einordnung und Beurteilung der gewonnenen Erkenntnisse, speziell auch von unterschiedlichen Grenzkosten, wird im zweiten Teil des Berichtes angegangen (Kapitel 7 und 8).

Ein weiteres Konzept, das im Rahmen von Risikobeurteilungen verwendet wird und einen indirekten Einfluss auf die Grenzkosten hat, ist die Risikoaversion. Sie dient dazu grosse Schadenereignisse in einer Risikoanalyse höher zu gewichten als kleine Schadenereignisse. In Kapitel 4.4 wird die Anwendung von Risikoaversion in den UVEK-Bundesämtern analysiert, deren Verwendung untersucht und ihr Einfluss auf die Grenzkosten dargestellt.

In Infobox 1, Infobox 2 und Infobox 3 sind grundlegende Konzepte und Begriffe erläutert.

Infobox 1 – Nutzenfunktion und Grenzkosten, Durchschnittskosten, Rettungskosten



Die **Nutzenfunktion** definiert den Nutzen einer Massnahme in Abhängigkeit von den Kosten. Sie erlaubt die Effizienz einzustufen. Zur Beschreibung des Nutzens infolge der Sicherheitserhöhung wird eine konkave Nutzenfunktion verwendet, da Sicherheit ein normales Gut ist [10]. Dies ist in der Abbildung durch die gestrichelte Linie dargestellt.

Die **Grenzkosten** sind im ökonomischen Kontext allgemein die Kosten, die für eine zusätzlich produzierte Einheit anfallen. Im Kontext der Risikobeurteilung beziehen sich die Grenzkosten jeweils auf Investitionen in Sicherheitsmassnahmen zur Verhinderung von Schäden (in dieser Studie nur Todesfälle). Somit sind die Grenzkosten der Geldbetrag dG , der ausgegeben wird um einen zusätzlichen Todesfalls dN zu verhindern. Die Grenzkosten stellen ein Differentialquotient dar:

$$\text{Grenzkosten} = \frac{dG}{dN}$$

Infobox 2 – Grenzwert der Grenzkosten

*In der Literatur zu Investitionen in Sicherheitsmassnahmen wird das Wort «Grenzkosten» mit **Grenzwert der Grenzkosten** synonym verwendet. Dies ist formal nicht ganz korrekt, denn die Grenzkosten sind die Kosten für eine zusätzlich produzierte Einheit, während der Grenzwert der Grenzkosten der Wert ist, bis zu dem die Investitionen in die Sicherheitsmassnahmen als verhältnismässig angesehen werden.*

In diesem Bericht wird der Lesbarkeit halber wie in der Literatur, Grenzkosten als synonym von Grenzwert der Grenzkosten verwendet.

Infobox 3 – Durchschnittskosten und Rettungskosten

Im Gegensatz zu den Grenzkosten sind die Durchschnittskosten das Verhältnis der Massnahmenkosten ΔG und des Massnahmennutzen ΔN (siehe Abbildung). Bei den Durchschnittskosten handelt es sich somit um einen Differenzenquotienten.

$$\text{Durschnittskosten} = \frac{\Delta G}{\Delta N}$$

Bei normalen Güter gilt:

$$\frac{\Delta G}{\Delta N} \leq \frac{dG}{dN}$$

Häufig stehen in der Realität nur Massnahmen zur Verfügung, die entweder umgesetzt werden können oder nicht. Damit sind in realen Projekten und bei diskreten Massnahmen häufig die Grenzkosten und die Durchschnittskosten gleichzusetzen. In der Literatur werden häufig auch Rettungskosten ermittelt. Die Rettungskosten sind Kosten, die zur Verhinderung von Todesfällen tatsächlich investiert wurden. Rettungskosten sind Durchschnittskosten, die in der Regel kleiner als die Grenzkosten sind, wie auch in der Grafik der Infobox 1 auf Seite 12 zu entnehmen ist.

4.2 Analyse der Anwendung von Grenzkosten

In diesem Kapitel werden relevante Richtlinien, Dokumente und Publikationen (im Folgenden als Dokumente bezeichnet) der folgenden Bundesämter untersucht:

- Bundesamt für Strassen (ASTRA),
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS, nur Bereich “Schutz Kritischer Infrastruktur“, SKI)
- Bundesamt für Verkehr (BAV),
- Bundesamt für Umwelt (BAFU),
- Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL),
- Bundesamt für Energie (BFE).

Relevant sind Dokumente, die einen Grenzkostenansatz für einen verhinderten Todesfall im Rahmen von Nutzen-Kosten-Analysen für Sicherheitsmassnahmen enthalten, vorschreiben oder empfehlen. In

der Analyse werden die Höhe der Grenzkosten, deren Anwendungsbereich (z.B. Naturgefahren), sowie das Verfahren (Bewilligung, Finanzierung oder Implementierung) bei dem das jeweilige Dokument zur Anwendung kommt, beschrieben. Bei Implementierungsdokumenten handelt es sich um rechtlich nicht bindende Dokumente, die Unterstützung bei der Risikoberechnung und dem Risikomanagement bieten.

Die Dokumente, die den Grenzkostenansatz empfehlen oder vorschreiben, sind in Tabelle 4.1 bis Tabelle 4.4 für die Bundesämter zusammengestellt. Im Anschluss an die jeweiligen Tabellen werden die wichtigsten Erkenntnissen beschrieben. In Abbildung 4.1 sind für die untersuchten Bundesämter die einschlägige Dokumente und die darin angegebenen Grenzkostenwerte dargestellt. Zusätzliche sind die Grenzkostenwerte dargestellt, die in anderen Bereiche in der Schweiz verwendet werden. Die Details zu diesen Werten, insbesondere auch die Referenzen zu den relevanten Dokumenten, sind in Kapitel 5.3 aufgeführt.

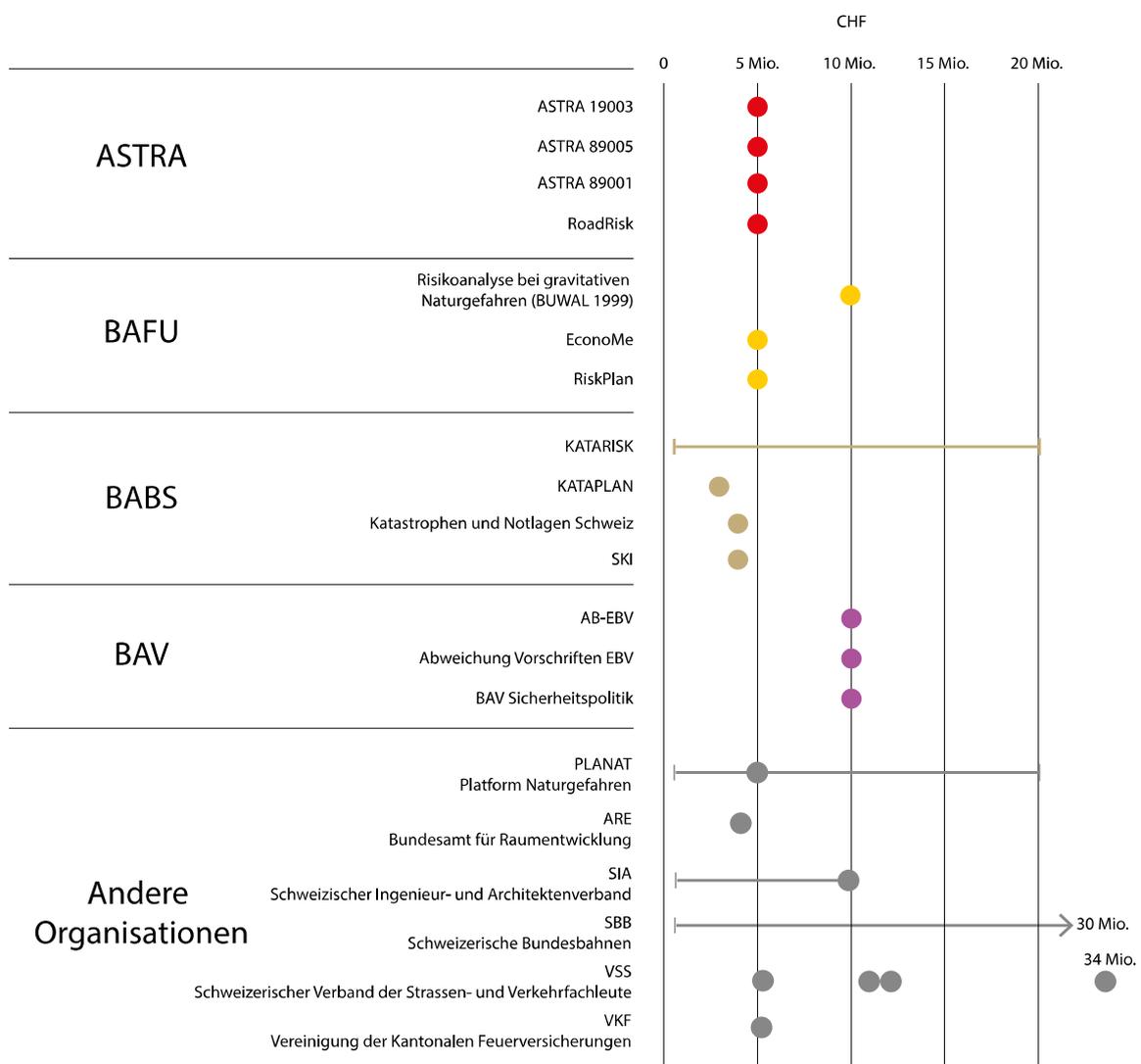


Abbildung 4.1: Grenzkostenwerte in den untersuchten Bundesämtern, sowie im ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) und in anderen Organisationen.

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Die ASTRA-Dokumente, die Grenzkostenwerte enthalten sind in Tabelle 4.1 gegeben. Die Dokumentation ASTRA 89002 [11] ist für den ganzen Zuständigkeitsbereich des ASTRA gültig. Es handelt sich um ein Basiskonzept, das als Grundlage für die Erarbeitung anderer Themen-spezifischer Dokumente dienen soll. Des Weiteren gibt es drei Dokumente für den Bereich «Naturgefahren» und zwei für den Bereich «Strassentunnel». Im Bereich «Naturgefahren» wird in einem Risikokonzept [1] und einer Richtlinie [12], sowie in dem Online Umsetzungstool RoadRisk [13] der Wert 5 Mio. CHF vorgegeben. Dieser wurde von den Arbeiten der PLANAT [14] übernommen. Im Bereich «Strassentunnel» wird im Risikokonzept ebenfalls einen Grenzkostenwert von 5 Mio. CHF vorgeschlagen (ebenfalls mit Referenz auf die Arbeiten der PLANAT), während in der entsprechenden Richtlinie der Grenzkostenansatz vorgeschrieben ist, aber keinen Grenzkostenwert festgelegt wird.

Tabelle 4.1: Dokumente des Bundesamtes für Strassen (ASTRA), die den Grenzkostenansatz empfehlen oder vorschreiben.

| Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Verfahren | GK-Wert [Mio. CHF] |
|---|------|---------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------|
| ASTRA 89002 - Risikomanagement ASTRA – Basiskonzept [11] | 2009 | Dokumentation | Alle | Implementierung | - |
| ASTRA 89001 - Naturgefahren auf den Nationalstrassen: Risikokonzept. [1] | 2012 | Dokumentation | Naturgefahren, Nationalstrassen | Implementierung | 5 |
| ASTRA 19003 - Management von Naturgefahren auf den Nationalstrassen. [12] | 2014 | Richtlinie | Naturgefahren | Bewilligung | 5 |
| ASTRA 89005 - Risikokonzept für Tunnel der Nationalstrassen [15] | 2014 | Dokumentation | Strassentunnel der Nationalstrassen | Implementierung | 5 |
| ASTRA 19004 - Risikoanalyse für Tunnel der Nationalstrassen [16] | 2014 | Richtlinie | Strassentunnel der Nationalstrassen | Bewilligung | - |
| RoadRisk [13] | 2015 | Online Tool | Naturgefahren | Implementierung | 5 |

Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)

Beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz wurden nur Dokumente untersucht, die sich auf den Schutz von kritischer Infrastruktur beziehen (siehe Tabelle 4.3). Der Grenzkostenansatz findet in diesem Bereich breite Anwendung und wird seit der Katarisk-Studie von 2003 verwendet [17] (ältere Dokumente, z.B. Katanos, wurden nicht berücksichtigt). Bei Katarisk wird der Grenzkostenansatz empfohlen, ein Grenzkostenwert wird jedoch nicht festgelegt. Stattdessen werden Grenzkostenwerte in Funktion einer Risikokategorisierung angegeben, die die Freiwilligkeit und Selbstbestimmung des Risikonehmers berücksichtigt. Diese Kategorisierung wird in mehreren Studien der 1990er Jahren, u.a. [19] empfohlen. Diese Empfehlung wird im Kapitel 4.3 näher untersucht. Die neueren Dokumente des BABS ([18], [20], [21]) beziehen sich jeweils auf Katarisk [17] und auf die Arbeiten der PLANAT [14]. Sie legen einen Grenzkostenwert zwischen 3-5 Mio. CHF fest.

Tabelle 4.2: Dokumente des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz (BABS), die den Grenzkostenansatz empfehlen oder vorschreiben.

| Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Verfahren | GK-Wert [Mio. CHF] |
|--|------|-----------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|
| KATARISK - Katastrophen und Notlagen in der Schweiz Erläuterung der Methode [17] | 2003 | Methodik | Schutz kritischer Infrastruktur | Implementierung | 0.6-20 |
| RiskPlan – Risiken erfassen, bewerten und Massnahmen planen [23]. | 2011 | Tool | Schutz kritischer Infrastruktur | Implementierung | 5 |
| Methode zur Risikoanalyse von Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. [18] | 2013 | Methodik | Schutz kritischer Infrastruktur | Implementierung | 4 |
| Handbuch KATAPLAN-Risk. [21] | 2014 | Handbuch / Tool | Schutz kritischer Infrastruktur | Implementierung | 3 |
| Leitfaden Schutz Kritischer Infrastruktur. [20] | 2015 | Leitfaden | Schutz kritischer Infrastruktur | Implementierung | 4 |

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Der Grenzkostenansatz ist in drei Dokumenten des Bundesamtes für Umwelt, sowie in den Arbeiten der PLANAT^a, die ebenfalls hier aufgeführt werden, erwähnt. Sämtliche Dokumente befassen sich mit dem Bereich «Naturgefahren». In der ältesten Arbeit, die noch vom BUWAL herausgegeben wurde ([22]), wird einen Grenzkostenbetrag von 10 Mio. CHF empfohlen. Auf die späteren Arbeiten hatten die Veröffentlichungen der PLANAT einen grossen Einfluss. Die Methodik und die Grenzkostenwerte in RiskPlan und EconoMe wurden von der PLANAT abgeleitet. Ähnlich wie bei Katarisk [17] (basierend auf [19]) wurden bei der PLANAT [14] Grenzkostenwerte in Funktion von Freiwilligkeit und Selbstbestimmtheit definiert. Allerdings wird bei der PLANAT aus pragmatischen Gründen schlussendlich ein einheitlicher Wert festgelegt, der für alle Anwendungen im Naturgefahrenbereich gelten soll, und zwar 5 Mio. CHF. Dieser Wert wurde später in vielen untersuchten Dokumenten übernommen, so auch in RiskPlan und EconoMe.

^a PLANAT: Die Nationale Plattform Naturgefahren wurde 1997 vom Bundesrat ins Leben gerufen und setzt sich dafür ein, dass die Vorbeugung gegen Naturgefahren in der ganzen Schweiz verbessert wird. Definiertes Ziel der ausserparlamentarischen Kommission ist ein Paradigmenwechsel von der reinen Gefahrenabwehr zu einer Risikokultur.

Tabelle 4.3: Dokumente des Bundesamts für Umwelt (BAFU), die den Grenzkostenansatz empfehlen oder vorschreiben.

| Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Verfahren | GK-Wert [Mio. CHF] |
|---|------|-------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| BUWAL Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. [22] | 1999 | Methodik | Naturgefahren | Implementierung | 10 |
| PLANAT Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. [14] | 2009 | Leitfaden | Naturgefahren | Implementierung | 5 |
| RiskPlan – Risiken erfassen, bewerten und Massnahmen planen. [23] | 2011 | Methodik | Naturgefahren | Implementierung | 5 |
| EconoMe EconoMe Formelsammlung. [2] | 2015 | Methodik | Naturgefahren | Finanzierung | 5 |

Bundesamt für Verkehr (BAV)

Die Dokumente des BAV sind in Tabelle 4.4 zusammengestellt. Die Dokumente [24] und [25] haben allgemeine Gültigkeit für den BAV-Bereich. Beide schreiben den Grenzkostenansatz und einen Grenzkostenwert von mindestens 10 Mio. CHF vor. Das Dokument [26] schreibt denselben minimalen Grenzkostenwert vor, der jedoch nur für den spezifischen Fall von «Bauten an, über und unter der Eisenbahn» gilt. Für diesen Bereich wurde der Grenzkostenansatz bereits im 2002 vom UIC-Kodex 777-2 [27] empfohlen.

Tabelle 4.4: Dokumente des Bundesamts für Verkehr (BAV), die den Grenzkostenansatz empfehlen oder vorschreiben.

| Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Verfahren | GK-Wert [Mio. CHF] |
|--|------|-----------------------|---|-----------------|--------------------|
| AB-EBV Ausführungsbestimmungen zum EBV. [26] | 2010 | Ausführungsbestimmung | Bauten an, über und unter der Eisenbahn | Bewilligung | 10 |
| EBV, Konzept zur Beurteilung von Abweichungen von den Vorschriften gem Art. 5 Abs. 2 Bst. b EBV "Abweichungen von den Vorschriften". [24] | 2015 | Risikokzept | Allgemein | Bewilligung | 10 |
| BAV Sicherheitspolitik. [25] | 2016 | Sicherheitspolitik | Allgemein | Implementierung | 10 |

Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)

Gemäss [28] wird der Grenzkostenansatz im Bundesamt für Zivilluftfahrt nicht verwendet.

Bundesamt für Energie (BFE)

Gemäss [29] und [30] wird der Grenzkostenansatz im Bundesamt für Energie nicht verwendet. Stattdessen werden Schutzziele über Eintretenswahrscheinlichkeiten definiert.

4.3 Untersuchung der verwendeten Grenzkosten

In der Analyse der verwendeten Grenzkostenansätze wird untersucht, auf welchen Grundlagen die verwendeten Grenzkosten basieren und inwiefern diese hergeleitet und begründet werden. Dabei geht es um die folgenden Fragen:

- Stehen wissenschaftliche Studie hinter den Grenzkostenwerte?
- Wenn nein, wie wurden die Werte ermittelt?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen den identifizierten Grenzkostenwerte?

In die Untersuchung werden alle Dokumente, die im Kapitel 4.2 aufgeführt sind und in denen einen Grenzkostenwert vorgegeben ist, berücksichtigt.

Abbildung 4.2 gibt einen Überblick über die verwendeten Grenzkostenwerte und zeigt schematisch auf, auf welchen Grundlagen diese basieren. Dabei zeigt sich, dass trotz der unterschiedlichen Grenzkostenwerte beträchtliche Abhängigkeiten bestehen: sämtliche Grenzkostenwerte können auf dieselben Arbeiten zurückgeführt werden, die durch den Stamm des Baumes in Abbildung 4.2 repräsentiert sind.

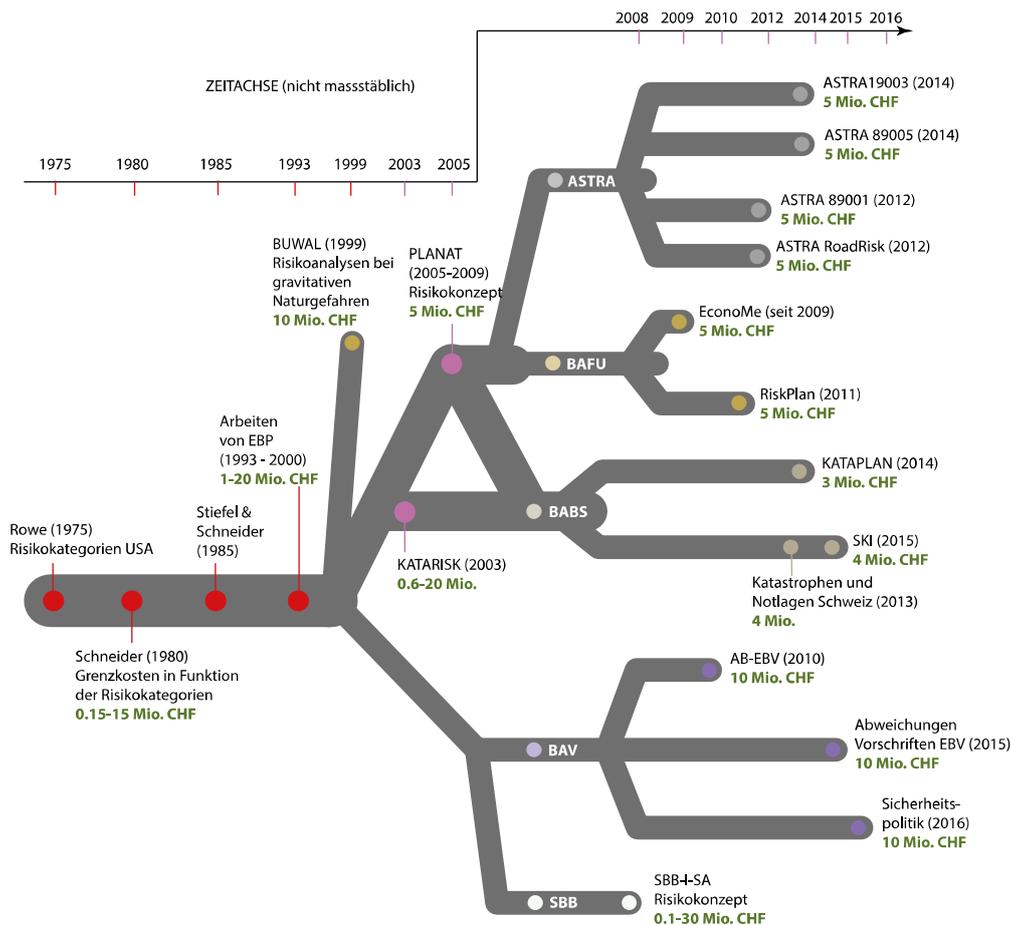


Abbildung 4.2: Grundlage und Zusammenhänge der in den verschiedenen Ämtern verwendeten Grenzkostenwerte.

An der Stelle an dem sich der Baum in Abbildung 4.2 auffächert stehen die Arbeiten von Ernst Basler und Partner (EBP). Die Grundlage dieser Arbeiten, und somit aller untersuchten Dokumente, kann in Bezug auf die Grenzkosten auf ein Diagramm reduziert werden, dass in Abbildung 4.3 wiedergegeben ist. Dieses Diagramm ist zuerst im Dokument *Die Bewertung von Risiken im Bahnbetrieb (1993)* [31] abgebildet, kann aber auch, zum Teil leicht abgeändert, in weiteren Dokumenten von Ernst Basler und Partner gefunden werden ([19], [32], [33], [34] und [35]). In den Arbeiten der PLANAT [14] und in der Katarisk-Studie [17] ist das Diagramm ebenfalls abgebildet. Im Folgenden wird das Diagramm und dessen Entstehung, soweit diese nachvollzogen werden konnte, beschrieben. Danach wird beschrieben, wie die einzelnen Grenzkostenwerte von dem Diagramm abgeleitet wurden.

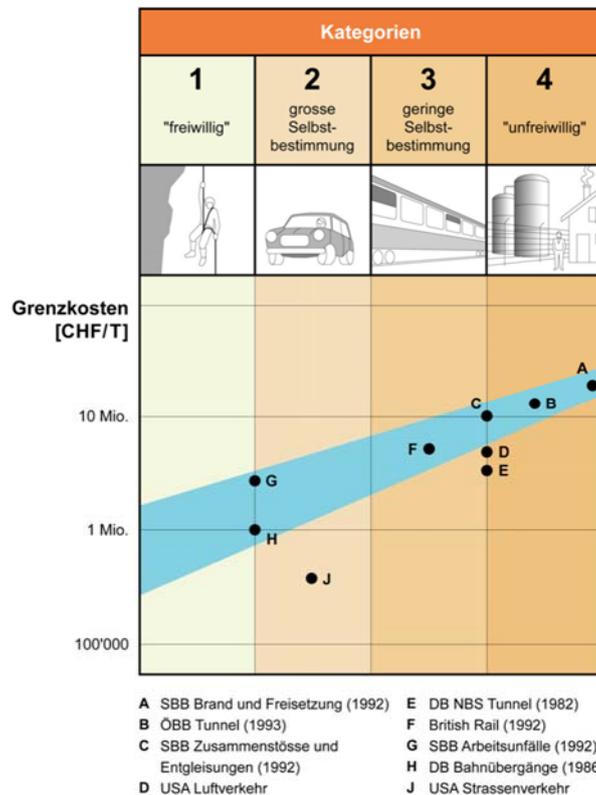


Abbildung 4.3: Diagramm aus [31], aus dem die verwendeten Grenzkostenwerte abgeleitet sind.

Das Diagramm in Abbildung 4.3 zeigt die Grenzkosten in Funktion einer Risikokategorisierung. Die Risikokategorien sind in Abhängigkeit von der Freiwilligkeit und Selbstbestimmung einer Tätigkeit wie folgt definiert (nach Schneider (1980) [9], die Beispiele der folgenden Auflistung aus dem Eisenbahnbereich sind Schlatter et al. (2008) [36] entnommen):

1. **Freiwillig** – Der Betroffene ist sowohl Beteiligter wie auch Verantwortlicher (Reisende und Dritte, die sich freiwillig bis mutwillig einer Gefahr aussetzen, z.B. Überqueren von Gleisen, „Zugsurfen“, im Weiteren Rennen fahren, Fallschirmspringen, Tauchen, Extremklettern etc.).
2. **Grosse Selbstbestimmung** – Der Betroffene ist nur teilweise beteiligt und verantwortlich (typischer Bereich der Arbeitsunfälle, aber auch Autofahren, normale Sporttätigkeit etc.).
3. **Geringe Selbstbestimmung** – Der Betroffene ist beteiligt, aber nicht verantwortlich (Bahnreisende).
4. **Unfreiwillig** – Der Betroffene ist weder beteiligt noch verantwortlich (Person mit Wohnsitz an der Bahnlinie).

Der Bereich der empfohlen Grenzkostenwerte in Abbildung 4.3 ist mit einer blauen Schattierung angegeben. Die Grenzkostenwerte steigen mit abnehmender Freiwilligkeit und Selbstbestimmung des Risikoträgers. Bei freiwilligen Aktivitäten werden Grenzkostenwerte von 0.2-1 Mio. CHF vorgegeben, bei Aktivitäten mit grosser Selbstbestimmung 1-5 Mio. CHF, bei Aktivitäten mit geringer Selbstbestimmung 5-10 Mio. CHF und bei unfreiwilligen Aktivitäten 10-20 Mio. CHF. Neben dem schattierten Grenzkostenbereich sind im Diagramm Grenzkostenwerte von Studien aus dem In- und Ausland eingetragen. Die Quellen der Werte sind zwar angegeben, es konnte aber nur bei Einzelnen

das Originaldokument identifiziert werden. Die Entstehung des Diagramms ist in Merz, Schneider und Bohnenblust (1995) [19] am besten dargelegt:

«Die Zahlungsbereitschaft der Gesellschaft, um ein Menschenleben zu retten, orientiert sich nicht allein an den soeben erahnten volkswirtschaftlichen Schäden, sondern kann auch deutlich grösser sein (...). Dabei spielen verschiedene Faktoren eine Rolle, so beispielweise die Frage, ob es sich um identifizierbare oder rein statistisches Opfer, ob es sich um freiwillige oder eher unfreiwillige Gefährdung handelt.

Im Folgenden wird ein Modell vorgestellt, das auf pragmatische Weise solche Unterschiede berücksichtigt und dabei die gleichen Risikokategorien verwendet, die schon im Kapitel (...) verwendet wurden (...). Die Grenzkosten zur Rettung eines Menschenlebens werden in Funktion dieser Risikokategorien festgelegt: Für völlig freiwillige Risiken (Kategorien 1) entsprechen die Grenzkosten den geschätzten volkswirtschaftlichen Schäden von ca. 1 Million Schweizer Franken ... Für unfreiwillige Risiken (Kategorie 4) wird ein Wert von ca. 20 Millionen Franken festgelegt, der im Rahmen von verschiedenen schweizerischen Sicherheitsuntersuchungen (...) vorgeschlagen wurde. Zwischen diesen beiden Werten wird linear interpoliert. »

In Abbildung 4.3 stimmen die Grenzkostenwerte aus der Literatur und der vorgeschlagen Grenzkostenbereich nicht ganz überein, liegen doch einige Werte unter dem blauen Bereich. In der Tat wurde gemäss Merz, Schneider und Bohnenblust (1995) [19] der Grenzkostenbereich nicht von den Grenzkostenwerte aus der Literatur abgeleitet, sondern diese wurden zu dessen Plausibilisierung herangezogen. Zur weiteren Plausibilisierung des postulierten Grenzkostenbereich wird in [19] auf Stiefel und Schneider (1985) [8] verwiesen, wo

«... gezeigt wird, dass diese Vorschläge [der Grenzkostenbereich] mit (implizit angenommenen) Zahlungsbereitschaften in verschiedenen in- und ausländische Sicherheitsuntersuchungen korrelieren. »

In [8] werden Rettungskosten^a von Sicherheitsmassnahmen für verschiedene technische System untersucht. Abbildung 4.4 ist [8] entnommen und zeigt die Rettungskosten verschiedener Sicherheitsmassnahmen nach Risikokategorien.

^a Dabei sind die Rettungskosten als Differenzenquotient definiert, sie entsprechen somit den Durchschnittskosten und nicht den Grenzkosten (siehe Infobox 3).

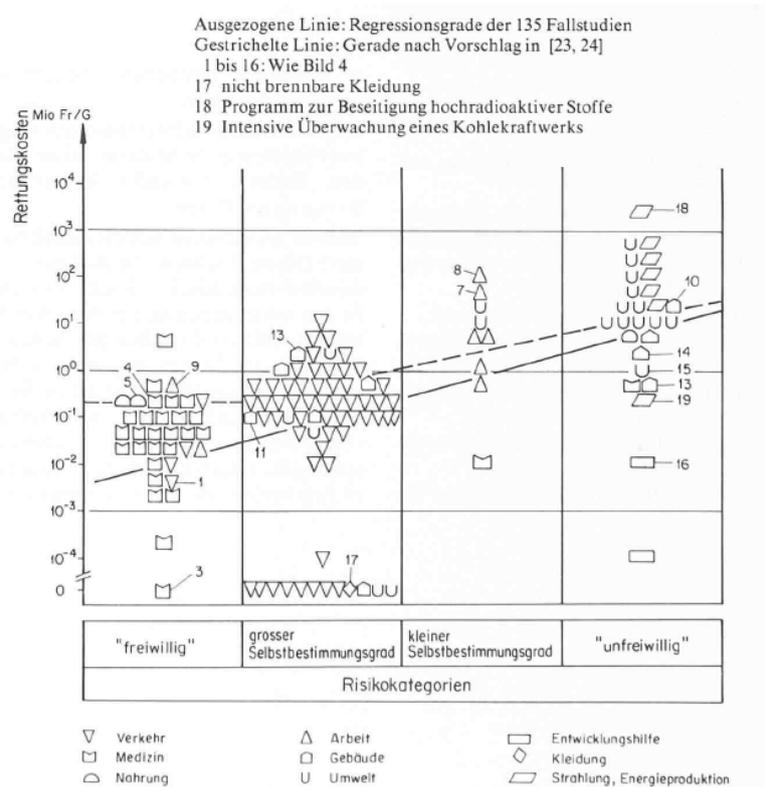


Abbildung 4.4: Rettungskosten verschiedener Sicherheitsmassnahmen nach Risikokategorien (aus [8]).

Einige der Datenpunkte im Diagramm sind in Stiefel und Schneider [8] referenziert, die Mehrheit aber nicht, deren Ursprung (und Kategorisierung) lässt sich somit nicht nachvollziehen. Aus den Datenpunkten ist eine Regressionsgerade berechnet (ausgezogene Linie), die zusammen mit der Angabe aus Schneider (1980) [9] (gestrichelte Linie) ebenfalls einen Grenzkostenbereich (oder Rettungskostenbereich) ergibt, der jedoch unterhalb des Grenzkostenbereichs in Abbildung 4.3 liegt.

Der Unterschied kann teilweise damit erklärt werden, dass Rettungskosten in [8] Durchschnittskosten darstellen und in Merz, Schneider und Bohnenblust [19] Grenzkosten. Die Grenzkosten sind in der Regel grösser als die Durchschnittskosten (siehe auch Infobox 1 auf Seite 12 zur Erläuterung).

Die gestrichelte Linie in Abbildung 4.4 dient zur oberen Abgrenzung des Rettungskostenbereichs. Die Publikation von Stiefel und Schneider (1980) [8] scheint die erste Schweizer Publikation zu sein, die die Grenzkosten auf Freiwilligkeit und Selbstbestimmung bezieht, wobei das Konzept einer Risikokategorisierung einer Studie für das US-Umweltministeriums aus dem Jahre 1975 entnommen ist [37] siehe Abbildung 4.2.

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden: sämtliche Grenzkosten, die in Dokumenten der untersuchten Bundesämter zu finden sind, können auf das Diagramm zurückgeführt werden, dass in Abbildung 4.3 dargestellt ist. Darin sind Grenzkosten in Funktion von Freiwilligkeit und Selbstbestimmung einer Aktivität definiert. Der Grenzkostenbereich in Abbildung 4.3 wurde zwar postuliert, jedoch mit einigen Datenpunkten sowie einem Verweis auf Publikationen der 1980er Jahren plausibilisiert. Das Konzept der Risikokategorisierung wurde in den USA 1975 erstmal vorgeschlagen

[37], wobei die Kategorien dort noch nicht auf der Freiwilligkeit basieren. Die Risikokonzepte wurden von Schneider 1980 [9] für die Schweiz entwickelt.

Trotz der gemeinsamen Quelle weisen die Grenzkosten in den Dokumenten der Bundesämter eine gewisse Bandbreite auf. Es ist deshalb von Interesse, wie die einzelnen vorgeschlagenen Grenzkostenwerte aus dem Diagramm in Abbildung 4.3 hergeleitet wurden. In Tabelle 4.5 sind die Dokumente, deren Grenzkosten direkt von Abbildung 4.3 hergeleitet wurden, aufgelistet.

Tabelle 4.5: Herleitung der Grenzkostenwerte aus dem Diagramm in Abbildung 4.3.

| Bundesamt | Jahr | Titel | Grenzkostenwert | Herleitung |
|-----------|------|--|--|--|
| BABS | 2003 | KATARISK - Katastrophen und Notlagen in der Schweiz, Erläuterung der Methode [17] | 0.6-20 Mio. CHF je nach Risikokategorie | Bereich direkt übernommen aus Diagramm |
| (SBB) | 2008 | SBB I-SA - Das Risikokzept zur Beurteilung von technischen Risiken zum Schutz von Reisenden und Angestellten. [36] | 100'000 bis 10-(30) Mio. CHF je nach Risikokategorie | |
| BAFU | 2009 | PLANAT - Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden [14] | 5 Mio. CHF | Pragmatische Vereinfachung |
| BAV | 2010 | AB-EBV Ausführungsbestimmungen zum EBV [26] | Mindestens 10 Mio. CHF | Herleitung ist unklar. Gemäss [38]. |
| BAV | 2015 | EBV, Konzept zur Beurteilung von Abweichungen von den Vorschriften gem Art. 5 Abs. 2 Bst. b EBV "Abweichungen von den Vorschriften". [24] | 10 Mio. CHF | |
| BAV | 2016 | BAV Sicherheitspolitik. [25] | 10 Mio. CHF | |

In der Katarisk Studie [17] und in den Dokumenten der SBB [36] wurde der Grenzkostenbereich und die Risikokategorisierung direkt aus Abbildung 4.3 übernommen. Im Leitfaden der PLANAT [14] (BAFU) wird das Grenzkostendiagramm zuerst ebenfalls übernommen, dann wird jedoch festgehalten, dass die Differenzierung nach Risikokategorien problematisch ist:

«Bei der Behandlung der kollektiven Risiken ist eine Unterscheidung nach Risikokategorien erschwert, da der Schutz von Personen in einem Perimeter nach unterschiedlichen Schutzziele kaum praktikabel ist. Es wird daher vorgeschlagen, die in einem Beurteilungspereimeter potentiell betroffenen Menschen beim Umgang mit kollektiven Risiken einheitlich der Kategorie 3 gemäss PLANAT-Schutzziele zuzuordnen. Die Grenzkosten für die Verhinderung eines Todesfalls in dieser Kategorie werden somit einheitlich auf 5 Millionen CHF festgelegt. »

Die Dokumente [24] und [25] (beide BAV) schreiben jeweils Grenzkostenwerte von mindestens 10 Mio. CHF vor. Die Herleitung des Betrages ist aus den Dokumenten nicht ersichtlich, jedoch wurde gemäss [38] der Wert aus dem Diagramm in Abbildung 4.3 hergeleitet. Die 10 Mio. CHF ergeben sich bei sinngemässer Anwendung des Diagrammes im Übergangsbereich zwischen Risiken mit geringer Selbstbestimmung und unfreiwilligen Risiken, was gemäss der Kategorisierung eines Eisenbahnreisenden entspricht.

In Tabelle 4.6 sind die Dokumente aufgeführt, deren Grenzkosten nicht direkt aus dem Diagramm in Abbildung 4.3 hergeleitet wurden, sondern von einem der Dokumente in Tabelle 4.5.

Tabelle 4.6: Herleitung der Grenzkostenwerte aus den Dokumenten in Tabelle 4.5

| Bundesamt | Jahr | Titel | Grenzkostenwert | Herleitung |
|-----------|------|---|-----------------|---------------------------------------|
| BAFU/BABS | 2011 | RiskPlan – Risiken erfassen, bewerten und Massnahmen planen. [23] | 5 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) |
| ASTRA | 2012 | ASTRA 89001 - Naturgefahren auf den Nationalstrassen: Risikokzept. [1] | 5 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) |
| BABS | 2013 | Katastrophen und Notlagen Schweiz - Methode zur Risikoanalyse von Katastrophen und Notlagen in der Schweiz [18] | 4 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) und [17] (Katarisk) |
| ASTRA | 2014 | ASTRA 19003 - Management von Naturgefahren auf den Nationalstrassen. [12] | 5 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) |
| ASTRA | 2014 | ASTRA 89005 - Risikokzept für Tunnel der Nationalstrassen [15] | 5 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) |
| BABS | 2014 | Handbuch KATAPLAN-Risk [21] | 3 Mio. CHF | Aus [17] (Katarisk) |
| BABS | 2015 | Leitfaden Schutz Kritischer Infrastruktur [20] | 4 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) und [17] (Katarisk) |
| ASTRA | 2012 | RoadRisk [13] | 5 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) |
| BAFU | 2015 | EconoMe Formelsammlung [2] | 5 Mio. CHF | Aus [14] (PLANAT) |

Bei den meisten Dokumenten in Tabelle 4.6 wurden die Grenzkosten direkt von den Arbeiten der PLANAT übernommen [14]. Die Dokumente des Bundesamts für Bevölkerungsschutz leiten die Grenzkostenwerte von Katarisk [17] und zum Teil auch von PLANAT [14] ab. Details und Hintergründe zur Herleitung sind in den jeweiligen Dokumenten nicht gegeben.

4.4 Risikoaversion

In einigen Risikoanalysen und Entscheidungssituationen werden Risikoaversionsfaktoren verwendet, die bei der Risikobeurteilung zur stärkeren Gewichtung grosser Ereignisse führen. Dieses Konzept kann als in sich geschlossenes Thema angesehen werden, welches nicht direkt mit den Grenzkosten in Verbindung gebracht werden kann. Indirekt ist der Zusammenhang jedoch vorhanden, da für die Entscheidung, ob eine Massnahme verhältnismässig ist, die gewichteten Konsequenzen herangezogen werden. Durch die Verwendung der Risikoaversion werden die Grenzkosten somit eine Funktion des Ereignisausmasses. Da dieser Zusammenhang besteht, wird Risikoaversion in dieser Studie ebenfalls betrachtet.

Für die Berücksichtigung der Risikoaversion werden verschiedene Gründe aufgeführt, die in Kapitel 4.4.2 näher untersucht sind. Im Kapitel 4.4.1 werden die Dokumente der Bundesämter ASTRA, BAUFU, BABS, BAV, BAZL und BFE auf die Verwendung von Risikoaversion untersucht und der Herleitung der identifizierten Risikoaversionsfunktionen nachgegangen.

4.4.1 Analyse der Anwendung der Risikoaversion

In Tabelle 4.7 sind alle Dokumente aufgelistet, die die Berücksichtigung von Risikoaversion empfehlen oder vorschreiben. Einige Dokumente geben auch die Ereignisgrösse an, ab der Risikoaversion berücksichtigt werden muss. Einige weitere geben eine Risikoaversionsfunktion vor, die direkt zur Gewichtung von Ereignissen in Funktion der Anzahl Todesfälle dient. Beides ist in Tabelle 4.7 festgehalten. Die vorgegebenen Risikoaversionsfunktionen sind in Abbildung 4.5 dargestellt.

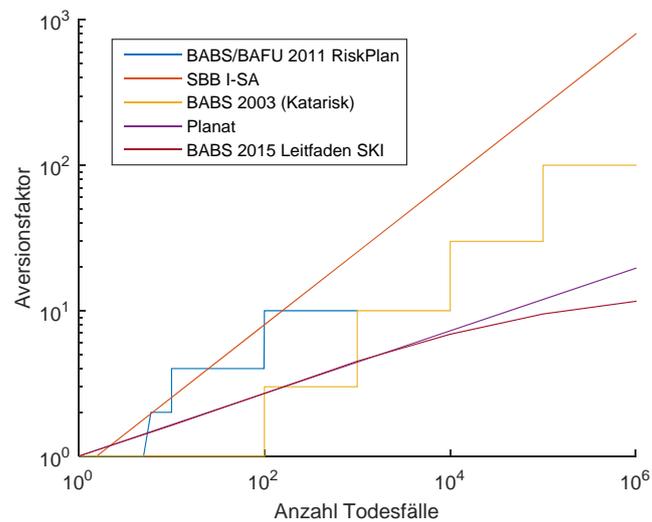


Abbildung 4.5: Risikoaversionsfunktionen.

Nur im Bundesamt für Bevölkerungsschutz (Bereich SKI) wird Risikoaversion umfassend eingesetzt. Beim BAFU wird Risikoaversion in den Dokumenten der PLANAT [14] sowie RiskPlan [23] zur Anwendung empfohlen, in EconoMe [2] ist die Berücksichtigung von Risikoaversion nicht vorgesehen. Das ASTRA empfiehlt die Berücksichtigung von Risikoaversion im Leitfaden ASTRA 89002 [11]. In den spezifischen Risikokonzepten und Richtlinien wird die Risikoaversion jedoch weder vorgeschrieben noch empfohlen. Das BAV schreibt in einigen Dokumenten vor, dass die Risikoaversion ab einem Ereignisausmass von 10 Todesopfern zu berücksichtigen ist, eine Risikoaversionsfunktion wird aber nicht vorgegeben. Bei BAZL und BFE wurden Risikoaversion in keinen Dokumenten gefunden.

Tabelle 4.7: Dokumente von Bundesämtern und Behörden, die die Berücksichtigung von Risikoaversion empfehlen oder vorschreiben.

| Bundesamt | Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Verfahren | Aversion ab N Todesfälle | Aversionsfunktion |
|---------------|---|------|-------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| BABS/ BAFU | Risikoaversion. [40] | 2008 | Studie | Alle | Implementierung | - | Ja |
| BAV | EBV, Konzept zur Beurteilung von Abweichungen von den Vorschriften gem Art. 5 Abs. 2 Bst. b EBV. [24] | 2015 | Konzept | Alle | Bewilligung | 10 | Nein |
| BABS | KATARISK - Katastrophen und Notlagen in der Schweiz Erläuterung der Methode. [17] | 2003 | Methodik | Kritische Infrastruktur | Implementierung | 100 | Ja |
| BABS/ BAFU | RiskPlan – Risiken erfassen, bewerten und Massnahmen planen. [23] | 2011 | Tool | Naturgefahren | Implementierung | 6 | Ja |
| BABS | Methode zur Risikoanalyse von Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. [18] | 2013 | Methodik | Kritische Infrastruktur | Implementierung | - | Nein |
| BABS | Leitfaden Schutz Kritischer Infrastruktur. [20] | 2015 | Leitfaden | Kritische Infrastruktur | Implementierung | 2 | Ja |
| BAFU | PLANAT Risikokonzept für Naturgefahren – Leitfaden. [14] | 2009 | Konzept | Naturgefahren | Implementierung | 2 | Ja |
| ASTRA | ASTRA 89002 Risikomanagement ASTRA - Basiskonzept. [11] | 2009 | Konzept | Alle | Implementierung | - | Nein |
| (BAV) | UIC 777-2 Überbauung von Bahnanlagen – Bautechnische Massnahmen im Gleisbereich. [27] | 2002 | Norm | Bauten über die Bahn | Bewilligung | 10 | Nein |

4.4.2 Untersuchung der verwendeten Risikoaversion

Ähnlich wie bei den Grenzkosten, sind auch bei den Risikoaversionsfunktionen starke Abhängigkeiten, zwischen den Dokumenten auszumachen. Drei der fünf identifizierten Risikoaversionsfunktionen (PLANAT [14], BABS Notlagen Schweiz [18] und SKI [20]) sind direkt aus einer von BABS und BAFU/PLANAT beauftragte Risikoaversions-Studie [40] abgeleitet. Darin wird die Notwendigkeit zur Berücksichtigung der Risikoaversion und die Herleitung einer Risikoaversionsfunktion im Detail beschrieben. Mit der Risikoaversion sollen gemäss [40] drei Effekte abgebildet werden:

- Zunehmende Unsicherheit in der Risikoermittlung bei zunehmender Ereignisgrösse.
- Die eigentliche Risikoaversion, d.h. die in der Gesellschaft oft beobachtete überproportionale Ablehnung von negativen Ereignissen mit grossem Ausmass.
- Zusätzlich wird ein Schadenergänzungsfaktor postuliert, um zu berücksichtigen, dass bei grossen Ereignissen die indirekten Schäden überproportional zunehmen.

Die Risikoaversionsfunktion in [40] basiert auf einer Expertenschätzung.

Der Ursprung der Risikoaversionsfunktionen in Katarisk [17] und RiskPlan [23] ist nicht dokumentiert. In RiskPlan [23] ist die Berücksichtigung der Risikoaversion lediglich empfohlen. Die Begründung für die Berücksichtigung der Risikoaversion in Katarisk [17] hat Gemeinsamkeiten mit den oben genannten Punkten, geht aber noch weiter. Die Risikoaversion wird wie folgt begründet:

- Signalwirkung (grosse Ereignisse führen zu überproportional heftigen Reaktionen).
- Existentielle Bedrohung durch grosse Ereignisse.
- Ausmass der indirekten Folgen und Überforderung mit deren Bewältigung.
- Hohe Verantwortlichkeit der Institutionen bei Grossereignissen.
- Unsicherheiten hinsichtlich der Eintretenswahrscheinlichkeiten und Auswirkung.

Die Verwendung von Risikoaversion hat einen direkten Einfluss auf die eingesetzten Grenzkosten, wie in Abbildung 4.6 beispielhaft dargestellt ist. Je grösser der Aversionsfaktor gewählt ist, desto grössere Investitionen könnten als verhältnismässig angesehen werden. Ein illustrierendes Beispiel zum Effekt der Aversion auf die Grenzkosten kann in der Infobox 4 auf der Seite 28 nachvollzogen werden.

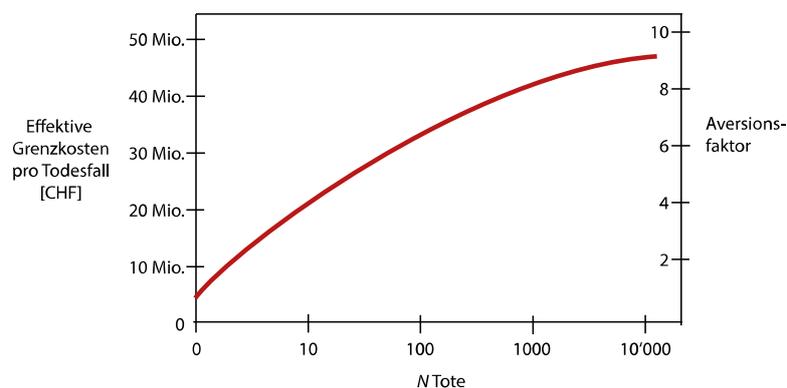


Abbildung 4.6: Beispielhafte Darstellung des Einflusses einer kontinuierlichen Aversionsfunktion auf die Grenzkosten (Grenzkostenbetrag: 5 Mio. CHF).

Infobox 4 – Einfluss von Aversionsfaktoren in Grenzkostenbetrachtungen

Der Einfluss der Aversion kann an einem einfachen illustrativen Beispiel gezeigt werden. Es wird angenommen, dass bei einem Ereignis mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 0.01 pro Jahr 120 Todesfälle zu erwarten sind. Durch eine Massnahme können die Konsequenzen auf 108 Todesfälle reduziert werden. Ab 100 Todesfällen soll ein Aversionsfaktor von 10 angewendet werden (entspricht der Treppen Aversionsfunktion BABS/BAFU in Abbildung 4.5). Als Grenzkostenwert werden hier beispielhaft 5 Mio. Franken angesetzt.

Im Ist-Zustand ist das Risiko ohne Aversion:

$$R_{IST} = P \cdot C = 0.01 \cdot 120 = 1.2 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Mit einem Aversionsfaktor von 10 ist das Risiko:

$$R_{IST,Aversion} = P \cdot C \cdot \varphi = 0.01 \cdot 120 \cdot 10 = 12 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Nach Umsetzung der Massnahme ist das Risiko ohne Aversion:

$$R_{SOLL} = P \cdot C = 0.01 \cdot 108 = 1.08 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Mit einem Aversionsfaktor von 10 ist das Risiko nach Umsetzung der Massnahme:

$$R_{SOLL,Aversion} = P \cdot C \cdot \varphi = 0.01 \cdot 108 \cdot 10 = 10.8 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Damit beträgt die Risikoreduktion ohne Aversion:

$$\Delta R = R_{IST} - R_{SOLL} = 0.12 \text{ [Tote / Jahr]}$$

und eine maximale Investition von 600'000 CHF/Jahr für die Massnahme ist gerechtfertigt.

Mit Aversion ist die Risikoreduktion grösser:

$$\Delta R_{Aversion} = R_{IST,Aversion} - R_{SOLL,Aversion} = 1.2 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Dies würde bedeuten, dass eine Investition von 6 Mio. CHF/Jahr für diese Massnahme gerechtfertigt werden könnte. Diese Investitionen sind um einen Faktor 10 höher als ohne Aversion (bzw. entsprechen einem effektiven Grenzkostenwert von 50 Mio. CHF).

Interessant ist der Fall, in dem es im IST-Zustand 110 Todesfälle gibt, die durch die Massnahme auf 98 Todesfälle reduziert werde (wie zuvor einer Reduktion von 12 Todesfälle). Bei Verwendung der Treppen Aversionsfunktion BABS/BAFU in Abbildung 4.5, müssen vor und nach der Massnahme unterschiedliche Aversionsfaktoren verwendet werden (unter 100 Todesfälle ein Aversionsfaktor von 3, über 100 Todesfälle ein Aversionsfaktor von 10). Die Rechnung verändert sich wie folgt:

Im Ist-Zustand ist das Risiko ohne Aversion:

$$R_{IST} = P \cdot C = 0.01 \cdot 110 = 1.1 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Mit einem Aversionsfaktor von 10 ist das Risiko:

$$R_{IST,Aversion} = P \cdot C \cdot \varphi = 0.01 \cdot 110 \cdot 10 = 11 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Nach Umsetzung der Massnahme ist das Risiko ohne Aversion:

$$R_{SOLL} = P \cdot C = 0.01 \cdot 98 = 0.98 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Mit einem Aversionsfaktor von 3 ist das Risiko nach Umsetzung der Massnahme:

$$R_{SOLL,Aversion} = P \cdot C \cdot \varphi = 0.01 \cdot 98 \cdot 3 = 2.94 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Damit beträgt die Risikoreduktion ohne Aversion:

$$\Delta R = R_{IST} - R_{SOLL} = 0.12 \text{ [Tote / Jahr]}$$

und eine maximale Investition von 600'000 CHF/Jahr für die Massnahme ist gerechtfertigt.

Mit Aversion ist die Risikoreduktion signifikant grösser:

$$\Delta R_{Aversion} = R_{IST,Aversion} - R_{SOLL,Aversion} = 8.06 \text{ [Tote / Jahr]}$$

Dies würde bedeuten, dass eine Investition von 40.3 Mio. CHF/Jahr für diese Massnahme gerechtfertigt werden könnte. Diese Investitionen sind um einen Faktor 67 höher als ohne Aversion (bzw. entsprechen einem effektiven Grenzkostenwert von 336 Mio. CHF).

5 Situationsanalyse Literatur

Das Literaturreview in diesem Kapitel gibt einen Überblick über die theoretischen Grundlagen des Grenzkostenansatzes (Kapitel 5.1), die Methoden zur Herleitung von Grenzkostenwerten (Kapitel 5.2) und weitere Einblicke in die Anwendung des Ansatzes in der Schweizer Praxis (Kapitel 5.3). Es werden einige Beispiele aus der Schweizer Praxis (SIA, ARE), sowie einzelne nationale Studien die kürzlich erschienen sind beschrieben. Der Fokus liegt auf Schweizer Literatur.

Die Formulierung von Entscheidungsregeln für Investitionen in die Sicherheit ist deutlich schwieriger und umstrittener als die reine Optimierung von monetären Investitionen. Aus der Vielzahl der verschiedenen Ansätze für die Festlegung von quantitativen Akzeptanzkriterien passt das Grenzkostenprinzip unumstritten am besten zu den wirtschaftstheoretischen Grundsätzen und zu Nutzen-Kosten Analysen. Dieser Grundsatz verlangt die Bewertung der verschiedenen risikominimierenden Investitionen in Bezug auf ihre Risikoreduktion. Einige Grundsätze des Grenzkostenansatz werden im Kapitel 5.1 kurz behandelt.

In Bezug auf die Festlegung der Höhe der Grenzkosten bestehen in der Literatur eine Vielzahl von Methoden (siehe u.a. [41], [42], [44] und [45]), sowie Modelle, die unterschiedliche makroökonomische und Sozialindikatoren berücksichtigen (siehe u.a. [46], [47], [48]). Diese werden nachfolgend beschrieben.

5.1 Grenzkosten und gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft

Die Verwendung des Grenzkostenprinzips ermöglicht es, Entscheidungen über Investitionen in die Personensicherheit so zu treffen, dass die verfügbaren Ressourcen optimal eingesetzt werden. Letztendlich geht es bei diesen Entscheidungen um einen Austausch zwischen Geld (Investitionen) und Lebenszeit (bzw. Lebenserwartung). Es handelt sich hierbei um austauschbare Güter – Sicherheit kann mit Geld gekauft werden. Somit bestimmen nicht nur die technischen, sondern auch wirtschaftlichen Möglichkeiten einer Gesellschaft, wieviel in die Personensicherheit investiert werden kann und soll. Dies ist deutlich zu sehen, wenn man die Lebenserwartung und das Bruttoinlandsprodukt verschiedener Länder miteinander vergleicht (siehe Abbildung 5.1).

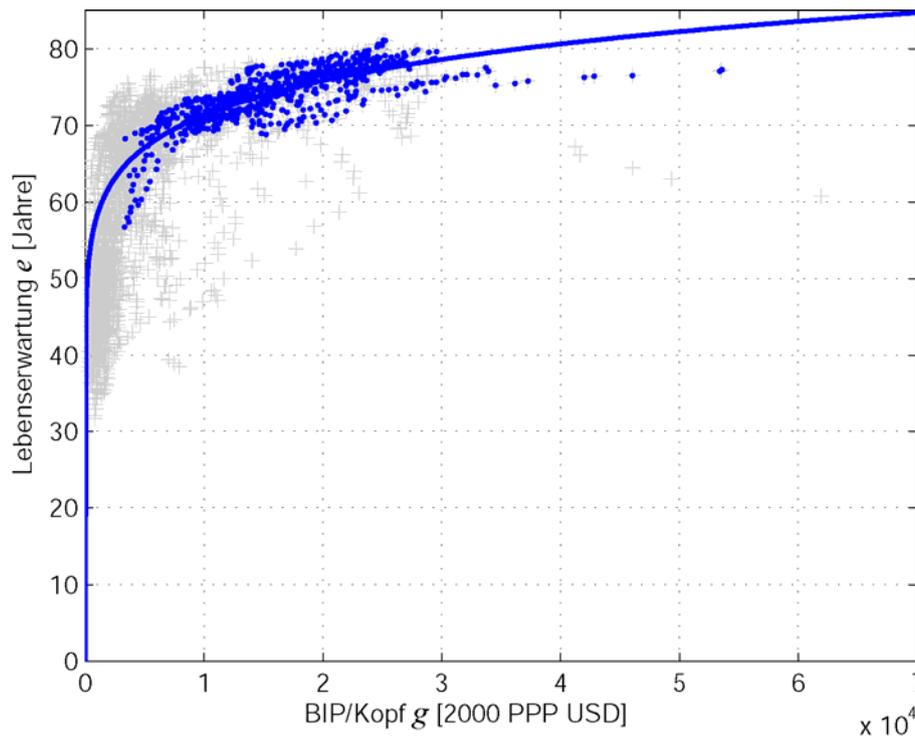


Abbildung 5.1: Bruttoinlandsprodukt versus Lebenserwartung in verschiedenen Ländern auf Basis von Daten der Weltbank für die Jahre 1960-2000 [49]. Die blauen Punkte bezeichnen die OECD-Länder.

In den Wirtschaftswissenschaften verwendet man das Konzept der *Zahlungsbereitschaft*, um den Austausch zwischen verschiedenen Gütern zu beschreiben. Die Investition in ein (handelbares) Gut ist sinnvoll, sofern der Preis unter der Zahlungsbereitschaft des Käufers liegt. Ist das Gut teurer, sollte der Kauf nicht getätigt werden. Im Grenzfalle (der Preis entspricht der Zahlungsbereitschaft) ist der Käufer nach dem Handel genauso gut gestellt wie zuvor.

Die Zahlungsbereitschaft eines Individuums für ein bestimmtes Gut (z.B. Sicherheit) hängt nicht nur von seinen persönlichen Präferenzen ab, sondern auch von den äusseren Umständen, unter denen die Kaufentscheidung getroffen wird. Eine grosse Rolle spielt insbesondere, wieviel Geld der Person insgesamt zur Verfügung steht. Insofern beinhaltet das Konzept der Zahlungsbereitschaft auch, wieviel eine Person in der Lage ist zu zahlen.

Auf die gesellschaftliche Entscheidungsfindung übertragen bedeutet dies, dass die Zahlungsbereitschaft für Investitionen in die Personensicherheit wesentlich von der Wirtschaftskraft eines Landes bestimmt wird. Durch wirtschaftliches Wachstum steigt sie zudem über die Zeit, weshalb der Grenzwert für die Grenzkosten regelmässig angepasst werden sollte.

Die grösste Schwierigkeit bei der Anwendung des Grenzkostenprinzips auf den Bereich der Personensicherheit besteht darin, die gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft, d.h. den Grenzwert für die Grenzkosten, zu bestimmen. Verschiedene Ansätze zur Bestimmung der gesellschaftlichen Zahlungsbereitschaft werden in Kapitel 5.2 beschrieben. In der Regel wird die Zahlungsbereitschaft hierbei auf eine bestimmte „Lebenszeit-Einheit“ bezogen, zum Beispiel auf ein Jahr („Wert eines statistischen Lebensjahrs“) oder auf ein gerettetes Menschenleben (*Wert eines statistischen Lebens*“). Die Terminologie sollte jedoch nicht missverstanden werden: Die Zahlungsbereitschaft zur Rettung

eines Menschenlebens beschreibt lediglich, wieviel im Rahmen der Möglichkeiten zu zahlen sinnvoll ist, um einen Todesfall zu verhindern. Der „Wert“ eines Menschenlebens lässt sich nach allgemeinem Verständnis nicht beziffern.

Die wirtschaftswissenschaftliche Herangehensweise nicht auf alle Fragestellungen anwendbar. Insbesondere muss zwischen dem Leben von bekannten und unbekanntem („statistischen“) Personen unterschieden werden. Bei Entscheidungen über präventive Massnahmen ist in der Regel nicht bekannt, welche Menschenleben in der Zukunft durch die geplanten Investitionen gerettet werden können. Hier ist es sinnvoll, die Entscheidung auf ökonomischen Überlegungen zu basieren, um die Personensicherheit mit den verfügbaren Mitteln bestmöglich zu maximieren. Anders verhält es sich im Bereich der Notrettung, bei der das Leben einer bestimmten Person auf dem Spiel steht. In diesem Fall verbietet es die Ethik, aus Kostengründen auf eine Rettung zu verzichten.

Infobox 5 – Wirtschaftliche Konzepte bei der Anwendung des Grenzkostenprinzips

In den Wirtschaftswissenschaften wird der Grenzkostenwert durch die gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft zur Rettung eines Menschenlebens festgelegt. Häufig wird diese auch als „Wert eines statistischen Lebens“ bezeichnet. Die ökonomischen Fachbegriffe sind leider etwas unglücklich gewählt und sollten nicht missverstanden werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte kurz klargestellt:

- *Die gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft bezeichnet, bis zu welchem Grenzwert Investitionen in die Personensicherheit effizient sind. Bis zu diesem Wert sollte mindestens investiert werden.*
- *Die Zahlungsbereitschaft für Investitionen in die Personensicherheit wird wesentlich dadurch bestimmt, wieviel Geld einer Gesellschaft insgesamt zur Verfügung steht. Der Grenzkostenwert sollte daher an die Wirtschaftskraft eines Landes angepasst und regelmässig aktualisiert werden.*
- *Der Grenzkostenwert beschreibt lediglich, wieviel wir im Rahmen unserer Möglichkeiten zu zahlen bereit sind, um einen Todesfall zu verhindern. Der „Wert“ eines Menschenlebens lässt sich nicht beziffern.*

5.2 Methoden zur Herleitung von Grenzwerten von Grenzkosten

Methodische Ansätze zur Bestimmung der Zahlungsbereitschaft zur Verhinderung eines Todesfalles können in zwei Gruppen kategorisiert werden:

- Kontingente Bewertungsmethode (*Contingent Valuation Method*)
- Offenbarten Präferenzen (*Revealed Preference Method*)

Diese werden im Folgenden kurz beschrieben und diskutiert.

5.2.1 Kontingente Bewertungsmethode

Die kontingente Bewertungsmethode (*contingent valuation method CVM*) basiert auf Umfragen, in denen Personen angeben, wie viel sie bereit sind, für ein bestimmtes Gut zu bezahlen. Dabei erfolgt

die Befragung meist unter der Annahme spezifischer hypothetischer Szenarien. Bekannt ist diese Methode auch unter dem Namen *Stated Preference Method*.

Der Vorteil kann in der grossen Flexibilität der CVM gesehen werden, da sie grundsätzlich für jedes Gut in jedem Umfeld angewendet werden kann und immer ein Wert bestimmt werden kann.

Jedoch bestehen auch Kritikpunkte dieser Methode. Diese sind unter anderem zu finden in [53] und [54]. Eine Zusammenfassung der Hauptkritikpunkte ist in der Infobox 6 auf Seite 34 gegeben. Allgemein sind die Kritikpunkte auf kognitive Verzerrungen zurückzuführen ([50], [51], [52]).

Die Kritikpunkte sind international seit langem bekannt und konnten bisher nicht gelöst werden. Daher kann gefolgert werden, dass die Werte für die Zahlungsbereitschaft, die mit der *kontingenten Bewertungsmethode* ermittelt wurden, nicht die tatsächliche Präferenz der Gesellschaft ausdrücken. Der ermittelte Wert stellt damit keine wirkliche Zahlungsbereitschaft der Gesellschaft dar, und die mit dieser Methode erzielten Ergebnisse stehen damit im Widerspruch zur Konsumtheorie der Wirtschaftswissenschaften. Dennoch wird die Methode in der Praxis immer noch sehr häufig angewendet.

5.2.2 Offenbarte Präferenzen

Das generelle Konzept der Methode der offenbarten Präferenzen (*Revealed Preference Method*) besteht darin, die Präferenzen einer Gesellschaft zu bestimmen, indem tatsächlich beobachtbares Verhalten untersucht wird. Dabei kann zwischen Ansätzen unterschieden werden, die mikroökonomisches Verhalten betrachtet und solche, die sozioökonomische Indikatoren verwenden. Der massgebende Unterschied zur *Contingent Valuation Method* ist, dass nicht entscheidend ist, was eine befragte Person tun würde (bzw. sagt, was sie tun würde), sondern wie sie wirklich handelt.

Unter Verwendung der offenbarten Präferenzen wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene Verfahren entwickelt, um den Wert eines statistischen Lebens zu ermitteln. Einige Methoden, die das mikroökonomische Verhalten betrachten sind in der Infobox 7 auf Seite 35 zusammengestellt. Auch bei diesen Methoden sind die Kritikpunkte vielfältig. Der Hauptkritikpunkt ist, dass die Beobachtungen unterstellen, dass die Risiken bekannt sind und eine Handlung aufgrund des Vermeidens oder Eingehens des Risikos erfolgt.

Ansätze die sozioökonomischen Indikatoren verwenden, können als Weiterentwicklung angesehen werden und unterliegen nicht den zuvor erwähnten Kritikpunkten. Die Zahlungsbereitschaft wird indirekt aus sozioökonomischen Indikatoren wie dem BIP und der Lebenserwartung abgeleitet. Dabei werden nicht einzelne Handlungen in der Gesellschaft beobachtet, sondern die generelle Strategie und wirtschaftliche Entwicklung eines Landes aggregiert über alle Aktivitäten. Die Grundidee ist, dass Lebenszeit und Einkommen austauschbar sind und dass mit einem Teil des Einkommens (BIP) Lebenszeit (Lebenserwartung) gekauft werden kann. Hierzu wird eine gesellschaftliche Nutzenfunktion definiert (z.B. eine Cobb-Douglas Nutzenfunktion), die sowohl die Lebenserwartung als auch das BIP beinhaltet. Aus dieser Nutzenfunktion kann die gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft für eine Verlängerung der Lebenszeit bestimmt werden.

Die Vorteile einer sozioökonomischen Formulierung ist, dass basierend auf volkswirtschaftlichen Parametern, die von den statistischen Bundesämtern gesammelt werden, der Wert für die Grenzkosten mit geringem Aufwand bestimmt werden und fortlaufend aktualisiert werden kann. Zudem sind die Werte nicht bereichsspezifisch und lassen sich allgemein anwenden. Dieser Ansatz wird derzeit auch von ISO Normen [57] verfolgt und ist in England verbreitet.

Infobox 6 – Einige Kritikpunkte an der Kontingenten Bewertungsmethode (Befragungen)

Die Kritikpunkte an der kontingenten Bewertungsmethode sind vielfältig und bekannt. Die wesentlichen sind hier zusammengefasst:

- *Der Wert eines Gutes wird höher eingeschätzt, wenn er isoliert betrachtet wird, als wenn das gleiche Gut zusammen mit anderen Gütern beurteilt wird (Einbettungseffekt). Die Summe der Zahlungsbereitschaft aus mehreren Befragungen ist also höher als der Wert, der aus einer einzelnen Befragung resultiert. Generell hat das Frageformat einen grossen Einfluss.*
- *Die Befragten antworten strategisch, um das Ergebnis in eine gewünschte Richtung zu beeinflussen.*
- *Die Befragten wissen nicht, wie sich eine Änderung des Vorhandenseins eines Gutes real auf ihre konkrete Situation auswirkt und können damit den Wert dafür nicht bestimmen.*
- *Die Befragten reagieren oft auf eine Handlung oder ein Ereignis, anstatt den Wert dafür zu beurteilen. Dabei unterstreichen die Befragten ihre Meinung, dass in einer bestimmten Angelegenheit gehandelt werden muss und schätzen den Wert, den diese Massnahme etwa kosten würde. Dieser Effekt ist besonders ausgeprägt, wenn die Befragungen nach medienwirksamen Ereignissen, wie z.B. nach einem Hochwasser oder einem Lawinenereignis mit Todesfolge durchgeführt wird.*
- *Die Befragten neigen dazu, ihre Grosszügigkeit zu unterstreichen, indem sie angeben, persönlich bereit zu sein, sehr viel zu investieren. Dies entspricht jedoch nicht ihrer tatsächlichen Zahlungsbereitschaft. Dieser Effekt wird mit Warm Glow Effect bezeichnet.*
- *Die Befragten werden in der Bewertung von Umgebungsinformationen beeinflusst (Anker-Effekt)*
- *Haben die Befragten keine Informationen über den Inhalt der Befragung, so tendieren sie dazu, zu raten. Es wird nicht auf die gestellte Frage beantwortet. Die Antworten der Befragten hängen daher auch stark von den Informationen ab, die die Befragten haben, und wie sie diese interpretieren.*
- *Es gibt auch Protestantworten und Antworten, bei denen die Befragten ihre Einkommensgrenzen bzw. generelle Budgetgrenzen der Gesellschaft nicht berücksichtigen.*

Infobox 7 – Verschiedene direkte Verfahren der Methode der offenbarten Präferenzen

Es gibt verschiedene (teilweise sehr umstrittene) direkte Methoden, um die offenbarten Präferenzen zu ermitteln. Diese sind im Folgenden kurz vorgestellt.

- Bei der Kompensatorische Lohndifferenzierung, die auch als hedonische (d.h. qualitätsangepasste) Lohnregression oder Arbeitsmarktansatz bekannt ist, werden die Löhne in verschiedenen Branchen untersucht. Dabei wird erwartet, dass bei risikoreichen Arbeiten höhere Löhne bezahlt werden, die für das erhöhte Risiko kompensieren. Die Annahme, dass Risiken bewusst eingegangen werden, um etwas mehr zu verdienen ist sehr umstritten.
- Der Immobilienmarktansatz entspricht konzeptionell dem Arbeitsmarktansatz. Jedoch werden Differenzen bei Immobilienpreise ausgewertet und mit Kriminalitätsraten verglichen. In der Theorie kompensieren niedrige Immobilienpreise die höhere Kriminalität (und das damit verbundene Todesrisiko). Dieser Ansatz ist sehr umstritten und unterstellt, dass die Risiken bewusst eingegangen werden, um günstiger zu wohnen.
- Der Konsumgüteransatz verfolgt das Ziel, aus handelbaren Gütern die Zahlungsbereitschaft abzuleiten. Dabei werden die Investitionen in sicherheitsrelevante Güter betrachtet, und der Preis-Risiko trade-off ermittelt. Dies entspricht in etwa dem Rettungskostenansatz.
- Der Humankapitalansatz schätzt den Wert des Lebens durch den Verlust an Einkommen durch den Tod. Dieser ist einer der wenigen direkten Ansätze, die sich jedoch ausschliesslich auf den Ausfall der Wertschöpfung der Person beziehen. Der ermittelte Wert stellt ein einfaches, nur auf die Volkswirtschaft bezogenes Mass dar.
- Der Kompensationsansatz verwendet die von Gerichten zugesprochenen Kompensationszahlungen als ein Mass für den Wert des statistischen Lebens [56]. Dabei wird angenommen, dass sich die zugesprochenen Kompensationszahlungen am Wert eines statistischen Lebens orientieren, und diese mit einer zeitlichen Nutzeneinbusse gewichten. Diese Nutzeneinbusse berücksichtigt, dass psychische oder physische Beeinträchtigungen im Leben mit einem Qualitätsverlust und somit mit einer Nutzeneinbusse verbunden sind [55].

5.3 Weitere Schweizer Literatur zu Grenzkosten

Einen Überblick über die Schweizer Literatur zu Grenzkosten für die Verhinderung eines Todesfalls ist unter anderem in [44] gegeben. Das Dokument erschien vor über 6 Jahren, ist aber noch weitgehend aktuell. Einen wichtigen Teil der relevanten Schweizer Literatur wurde bereits in Kapitel 4 behandelt. Es wurde bereits erläutert, dass die Arbeiten von Ernst Basler und Partner [19], [31], [32], [33], [34] und [35] bis heute einen grossen Einfluss auf die Schweizer Praxis haben. In diesem Kapitel werden weitere Grenzkostenwerte untersucht, die in der Schweiz im Bereich der Infrastruktur zur Anwendung kommen, insbesondere bei dem Schweizer Ingenieur- und Architektenverband (SIA), beim Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) und bei der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF), sowie in einer neuen Studie des Schweizer Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) bei dem der Wert eines statistischen Lebens mit der *Stated Preference Method* ermittelt wurde.

5.3.1 Dokumente des SIA

Die Baunormen und -Merkblätter zur Tragwerkserhaltung der SIA schreiben an mehreren Stellen verhältnismässige Rettungskosten vor. Die Dokumente sind in Tabelle 5.1 zusammengestellt.

Tabelle 5.1: Relevante Dokumente des SIA (Schweizer Ingenieur- und Architektenverband), die den Grenzkostenansatz empfehlen oder vorschreiben.

| Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Grenzkostenwert |
|---|------|-------------|-------------------------------------|---|
| SIA 269 Erhaltung von Tragwerken. [58] | 2011 | Baunorm | Erhaltung von Tragwerken | 3-10 Mio. CHF sowie implizite Grenzkosten |
| SIA D2018 Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben [59] | 2004 | Merkblatt | Erhaltung von Tragwerken - Erdbeben | 10 Mio. CHF (Rettungskosten) |
| SIA 269/8 Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben. [60] | 2016 | Baunorm | Erhaltung von Tragwerken - Erdbeben | 10 Mio. CHF |

Die Baunorm SIA 269 [58] sieht einen zulässigen Bereich der verhältnismässigen Rettungskosten von 3-10 Mio. CHF vor. Das Merkblatt SIA D2018 zum Tragwerksverhalten bei Erdbeben [59] schreibt minimale Rettungskosten von mindestens 10 Mio. CHF vor. Bei den hier definierten Rettungskosten handelt es sich um Differenzquotienten (Durchschnittskosten) und nicht um Differentialquotienten (Grenzkosten). Das zukünftige Merkblatt SIA 269/8 [60], das noch dieses Jahr in Kraft treten soll, schreibt einen Grenzkostenbetrag von 10 Mio. CHF vor. Der Vernehmlassungsentwurf des neuen Merkblattes liegt nicht vor, dieser wird jedoch in [45] folgendermassen zitiert:

«Das Merkblatt SIA 2018:2004 wird durch die Norm SIA 269/8 (Grundlagen der Erhaltung) ersetzt. Im Vernehmlassungsentwurf der Norm SIA 269/8:2014, Ziffer 10.3.9, wird festgehalten: „Die Grenzkosten GK sind mit 10 Mio. Franken pro gerettetes Menschenleben anzusetzen. Der Wert berücksichtigt die Zahlungsbereitschaft der Gesellschaft bei der Reduktion von nicht freiwillig eingegangenen Risiken und es wird angenommen, dass damit auch die Schadenfolgen aus Verletzungen abgedeckt sind“. »

Somit bleibt der Wert in der neuen Version unverändert, aber es wird zukünftig mit Grenzkosten gerechnet und nicht mehr mit Durchschnittskosten.

Zur Herleitung der Grenzkosten in den SIA Normen ist keine Dokumentation vorhanden, jedoch einige Hinweise. Bei der Festlegung eines verhältnismässigen Rettungskostenbetrags beim SIA D2018, wurden gemäss [61] in der Praxis verwendete Grenzkostenwerte untersucht (z.B. NEAT, implizite Annahme in den Tragwerksnormen), um dann pragmatisch aber ohne weitere Untersuchungen einen Wert von 10 Mio. CHF festzulegen. In [45] sind zudem einige Hinweise enthalten, dass die Grenzkosten in SIA 269, SIA D2018 und auch SIA 269/8 massgebend von den zuvor erwähnten Dokumenten von Ernst Basler und Partner beeinflusst wurden.

Wichtig zu erwähnen ist auch die Verwendung von impliziten Grenzkosten in der SIA 269 Norm. Im Anhang B ist eine Tabelle angegeben, die die zulässige Versagenswahrscheinlichkeit eines Tragwerks in Abhängigkeit der Sicherheitsmassnahmeneffizienz und dem Ausmass eines Tragwerksversagen festlegt. Die Tabelle basiert auf einer reinen wirtschaftlichen Optimierung, Grenzkosten benötigt man, um die Konsequenz-Klasse zu bestimmen. Die Tabelle ist dem *JCSS Probabilistic Modelling Code* [62] entnommen und in Abbildung 5.2 dargestellt.

| Massnahmeneffizienz EF_M gemäss Ziffer 5.4 | Konsequenzen eines Tragwerksversagens gemäss (9) | | |
|---|--|---------------------------|--------------------------|
| | gering $\rho < 2$ | moderat $2 < \rho < 5$ | gross $5 < \rho < 10$ |
| klein: $EF_M < 0,5$ | 3,1 | 3,3 | 3,7 |
| mittel: $0,5 \leq EF_M \leq 2,0$ | 3,7 | 4,2 | 4,4 |
| gross: $EF_M > 2,0$ | 4,2 | 4,4 | 4,7 |

Abbildung 5.2: Zielzuverlässigkeitsindex der SIA 269 Anhang B.

5.3.2 Dokumente des SBB

In [36] wird eine Methodik zur Bestimmung von Risiken für Reisenden und Mitarbeiter der Bahn beschrieben (siehe Tabelle 5.2). Darin wird der Grenzkostenansatz vorgeschlagen sowie, dass die Grenzkosten nach Risikokategorie unterschieden werden, und entsprechend zwischen 0.1 und 30 Mio. CHF variieren können. Bei Todesfällen von Reisenden werden höhere Grenzkosten eingesetzt als bei Todesfällen von Mitarbeitern (5-10 Mio. CHF respektive 1-5 Mio. CHF).

Tabelle 5.2: Relevante Dokumente der SBB, die einen Grenzkostenwert vorschreiben.

| Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Verfahren | Grenzkostenwert |
|---|------|-------------|--|-----------------|-----------------|
| SBB I-SA Das Risikokzept zur Beurteilung von technischen Risiken zum Schutz von Reisenden und Angestellten. [36] | 2008 | Risikokzept | Risiken der Reisenden und Angestellten | Implementierung | 0.1-30 Mio. CHF |

5.3.3 Dokumente des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE)

Das Bundesamt für Raumentwicklung gibt periodisch Studien zu den externen Kosten des Verkehrs in Auftrag, in dem auch einen Grenzkostenwert zur Verhinderung eines Todesfalls bestimmt wird.

Der Grenzkostenwert (genaugenommen der VOSL) in der ersten ARE-Studie ([65]) wurde der internationale UNITE-Studie (*UNITE = UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency* [63]) entnommen. Diese schlägt folgendes vor:

“The value of a statistical life, which may generally be transferred using data on real incomes. Within UNITE, a general VOSL of 1.5 Mio Euro (European average) has been used. This most sensitive unit value can be adjusted to different countries according to GDP per capita. The value is based on the state of the art of willingness to pay studies to avoid fatality risks.”

Der Grenzwert in der UNITE Studie basiert auf Jones et al. (1998) [64] und wurde mittels *Stated Preference Methode* hergeleitet. Wie dem Zitat zu entnehmen ist, handelt es sich hierbei um einen europäischen Durchschnittswert, der für jedes Land der jeweiligen pro Kopf BIP angepasst werden muss. Die ARE-Studien in der Tabelle 5.3 haben diese Anpassungen für die Jahre 1998, 2005 und 2010 vorgenommen.

Tabelle 5.3: Relevante Dokumente des Bundesamts für Raumentwicklung ARE die Grenzkostenansatz empfehlen oder vorschreiben.

| Dokument | Jahr | Dokumenttyp | Anwendungsbereich | Grenzkostenwert |
|--|------|-------------|----------------------|-----------------|
| ARE Unfallkosten im Strassen und Schienenverkehr der Schweiz 1998 [65] | 2002 | Studie | Verkehr/Unfallkosten | 2.87 Mio. CHF |
| ARE Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten (Schlussbericht) [66] | 2008 | Studie | Verkehr/Unfallkosten | 3.147 Mio. CHF |
| ARE Externe Effekte des Verkehrs 2010 [67] | 2014 | Studie | Verkehr/Unfallkosten | 3.73 Mio. CHF |

5.3.4 Dokumente des VSS

In einer neuen Studie des VSS [45] wird die Monetarisierung des statistischen Lebens im Strassenverkehr untersucht. Dabei wird die *Stated Preferences* Methode angewendet, bei der die Zahlungsbereitschaft zur Verhinderung eines Todesfalls mittels Umfragen in der Bevölkerung bestimmt wird. Bei der Befragung wurde eine Unterscheidung zwischen Toten aus Strassenverkehr, öffentlichem Verkehr, Lärmbelastung und Luftverschmutzung gemacht, und die Zahlungsbereitschaft für jede Todesursache hergeleitet (Tabelle 5.4).

Tabelle 5.4: Grenzkostenwerte nach Todesursache gemäss [45].

| | Zahlungsbereitschaft [Mio. CHF] |
|----------------------|---------------------------------|
| Strassenverkehr | 5.1 |
| Öffentlicher Verkehr | 34 |
| Luftverschmutzung | 12.3 |
| Lärmbelastung | 11.5 |

Die grossen Abweichungen in den ermittelten Zahlungsbereitschaften werden in der Studie wie folgt begründet:

« Mögliche Erklärungen für Differenzen setzen an verschiedenen Punkten an: Unterschiedliche Stichproben, Unterschiede des zu bewertenden Gutes (abhängig von: Gefahrenart; Freiwilligkeit; Verantwortung und Kontrolle; Erfahrung; direkter persönlicher Nutzen während man dem Risiko ausgesetzt ist), Unterschiede in der Präsentation der Alternativen und Unterschiede in der angewendeten Methode. Gemäss diesen Ausführungen ist in den Bereichen öffentlicher Verkehr, Luftverschmutzung und Lärmbelastung im Vergleich zum Bereich Strassenverkehr tendenziell mit höheren Zahlungsbereitschaften zur Vermeidung eines Todesfalls auszugehen. Bspw. sind der Grad der Freiwilligkeit und die Kontrolle über das Risiko in diesen Bereichen tiefer einzuschätzen als im Bereich Strassenverkehr. Die geschätzten mittleren Zahlungsbereitschaften im Bereich öffentlicher Verkehr sind im Vergleich zu den Zahlungsbereitschaften der anderen untersuchten Bereiche allerdings derart hoch, dass auch andere Erklärungen, insbesondere methodenbedingte Unterschiede, in Betracht gezogen werden müssen. »

In der Studie wurden einige Zusatzuntersuchungen gemacht, um den Einfluss von kognitiven Bias und Heuristiken zu verstehen, quantifizieren und minimieren. Trotzdem wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Antworten der Befragten sich nicht unbedingt verallgemeinern lassen und, dass sie von Eigeninteressen beeinflusst sein könnten (siehe hierzu auch Infobox 6 auf Seite 34).

5.3.5 Dokumente der VKF (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen)

Die VKF-Brandschutzvorschriften enthalten eine Vielzahl detaillierter Vorschriften zu Massnahmen der Personensicherheit im Bereich des vorbeugenden Brandschutzes in Gebäuden. Kosten-Nutzen-Betrachtungen am Einzelobjekt werden in der Regel nicht durchgeführt. Allerdings wurde die Wirtschaftlichkeit der Brandschutzmassnahmen bei der Überarbeitung der Vorschriften für die aktuelle Version von 2015 berücksichtigt. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen des von der VKF initiierten Forschungsprojektes „Wirtschaftliche Optimierung im vorbeugenden Brandschutz“ verschiedene Brandschutzmassnahmen auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht [43]. Zur Beurteilung von Personenschutzmassnahmen wurde hierfür das Grenzkostenprinzip eingeführt. Anhand von sozioökonomischen Indikatoren aus dem Jahr 2010 wurde eine gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft (Grenzkostenwert) von 5.1 Mio. CHF pro gerettetem Menschenleben hergeleitet.

6 Situationsanalyse Rechtsprechung

6.1 Übersicht über die Rechtsprechung

6.1.1 Einleitung

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die bundesgerichtliche Rechtsprechung zur Thematik der Nutzen/Kosten-Analysen für Sicherheitsmassnahmen. Untersucht wurden die Entscheide des Bundesgerichts aus den Jahren 1954 bis 2015 (publiziert in den Bänden 80 bis 141). Die Ergebnisse werden, eingeteilt in die

- Rechtsgebiete Strafrecht (Kapitel 6.1.2),
- Zivilrecht (Kapitel 6.1.3) und
- Öffentliches Recht bzw. Sozialrecht (Kapitel 6.1.4)

nachfolgend zusammengefasst.

6.1.2 Strafrechtliche Rechtsprechung

Im Strafrecht dominieren in den Entscheiden des Bundesgerichts seit jeher zwei Gesichtspunkte die Diskussion um Sicherheitsmassnahmen: Zum einen die Art des gefährdeten Rechtsgutes, zum anderen die Zumutbarkeit von Sicherungsmassnahmen.

Für höherwertige Rechtsgüter werden erkennbar strengere Sicherheitsmassnahmen verlangt und entsprechend wird die Zumutbarkeitsgrenze angehoben: Zum Schutz von Leib und Leben ist mehr für Sicherheit aufzuwenden als zum Schutz von Eigentum.^a So wendete das Bundesgericht denn auch bei Unfällen, die sich im Rahmen von Bauarbeiten auf Baustellen ereigneten – insbesondere im Falle der Nichteinhalten von Unfallverhütungs- bzw. Sicherheitsvorschriften – wiederholt einen strengen Massstab an.^b

Die Beurteilung der Zumutbarkeit beschränkte sich in der früheren Rechtsprechung vorwiegend auf eine ökonomische, wenig nuancierte Bewertung.^c Die Kosten wurden jeweils in ein Verhältnis zu der mit den Massnahmen verfolgten Risikoabwehr gesetzt. Das Gericht hatte mit anderen Worten eine **Kosten/Nutzen-Analyse** ex post vorgenommen. Der Hinweis auf übermässige Sicherungskosten wirkte nur selten entlastend. In den meisten Fällen ging die Rechtsprechung davon aus, dass im konkreten

^a BGE 81 IV 112 E. 4, BGE 103 IV 289 E. 3 S. 292.

^b BGE 81 IV 112, BGE 90 IV 8, BGE 90 IV 246, BGE 91 IV 153, BGE 101 IV 28, BGE 106 IV 264, BGE 109 IV 15, BGE 109 IV 125, BGE 116 IV 182, BGE 116 IV 306.

^c BGE 101 IV 396 E. 3a S. 401, BGE 109 IV 99 E. 1b S. 102, BGE 111 IV 15 E. 2 S. 18, BGE 115 IV 189 E. 5c S. 198, BGE 117 IV 415 E. 5d S. 417.

Fall mit geringem Aufwand eine Sicherung möglich gewesen wäre.^a Dies zeigen namentlich die Fälle zu den Verkehrssicherungspflichten von Skipistenbetreibern.^b

In Bezug auf die **Zumutbarkeitsbeurteilung** hat sich die bundesgerichtliche Rechtsprechung in den letzten Jahren insofern weiterentwickelt, als dass nun ex post eine **differenzierte Abwägung im Einzelfall** vorgenommen wird und nicht mehr nur die Kosten gegen den Nutzen abgewogen werden. Die jüngere Rechtsprechung berücksichtigt bei der Abwägung im Einzelfall einerseits den Grad der *Wirksamkeit* der in Frage stehenden Massnahme, ihre *Kosten* und ihre *Nachteile* sowie andererseits den *Grad der Wahrscheinlichkeit der Gefahr* und das *Ausmass des zu erwartenden Schadens*. Zudem können gemäss bundesgerichtlicher Rechtsprechung Risiken ausser Acht gelassen werden, die mit einem Mindestmass an Vorsicht vermeidbar sind.^c Damit zieht die Rechtsprechung eine weitere Grenze aufgrund des Prinzips der Eigenverantwortung.

Teilweise schlägt sich die Risikobeurteilung des Bundesgerichts aber auch in der unbestimmten Adäquanztheorie nieder, d.h. in der Beurteilung, ob die Verletzung innerhalb „des gewöhnlichen Laufs der Dinge“.^d

Hervorzuheben ist ferner, dass gemäss bundesgerichtlicher Rechtsprechung Dienstvorschriften oder von Experten verfasste Richtlinien und Empfehlungen, die der Unfallverhütung und Sicherheit dienen, zwar einen wichtigen Anhaltspunkt zur Konkretisierung der Sicherungspflichten darstellen, doch ist der Strafrichter an solche Vorgaben nicht gebunden. Insbesondere können die Verhältnisse im Einzelfall einen höheren Sicherheitsstandard erfordern, als es die Dienstvorschriften bzw. Richtlinien vorsehen.^e

Insgesamt zeigt sich in der strafrechtlichen Rechtsprechung ein strenger Massstab. Aus der Rechtsprechung lassen sich aber – aufgrund der Einzelfallweise, nach Ermessen des Gerichts ex post vorgenommenen Zumutbarkeitsbeurteilung – nur wenig klare Handlungsanweisungen ableiten.

Mit der Wahrscheinlichkeit der Gefahr und dem Ausmass des zu erwartenden Schadens zieht das Bundesgericht in den jüngsten Entscheiden, im Rahmen der jeweiligen Zumutbarkeitsbeurteilung, diejenigen Kriterien heran, die für den Risikobegriff bestimmend sind. Insofern kann gesagt werden, dass Elemente eines risiko- oder effizienzbasierten Ansatzes in der neueren Rechtsprechung ersichtlich sind, das Bundesgericht aber im strafrechtlichen Bereich darauf verzichtet, konkrete Beträge oder Grenzkosten zu beziffern.

^a BGE 101 IV 396 E. 3a S. 401, BGE 109 IV 99 E. 1b S. 109, BGE 111 IV 15 E. 2 S. 18, Entscheid des Bundesgerichts 6B_516/2009 vom 3. November 2011.

^b BGE 101 IV 396, BGE 109 IV 99, BGE 111 IV 15, BGE 115 IV 189, BGE 117 IV 415.

^c BGE 130 III 736 E. 1.3 S. 742, BGE 126 III 113 E. 2b S. 116, Entscheid des Bundesgerichts 4A_521/2013 vom 9. April 2014 E. 3.3, Entscheid des Bundesgerichts 4A_206/2014 vom 18. September 2014 E. 3.4.5, E. 3.4.5.2.

^d BGE 116 IV 306 E. 2a und 2b, BGE 124 IV 114 E. 3c S. 119f., BGE 126 IV 13 E. 7a/bb S. 17, BGE 138 IV 124 E. 4.4.6.

^e Entscheid des Bundesgerichts 4A_489/2014 vom 20. Februar 2015, E. 5.1, Entscheid des Bundesgerichts 4A_206/2014 vom 18. September 2014, E. 3.3, BGE 88 IV 100 E. 2a und 2b S. 103f., BGE 88 IV 107 E. 2 S. 110, BGE 104 IV 18 E. 1 S. 19, BGE 126 IV 13 E. 7b/bb S. 19.

6.1.3 Zivilrechtliche Rechtsprechung

Die bestehende Rechtsordnung lässt den rechtsanwendenden Behörden durchaus Spielraum für risiko- und effizienzbasierte Sicherheitsüberlegungen. In zahlreichen Entscheiden im Bereich des Zivilrechts, insbesondere im Bereich Werkeigentümerhaftung (Art. 58 OR), spielen – ähnlich wie im Strafrecht (vgl. Kapitel 6.1.2 hiervoor) – Zumutbarkeitsüberlegungen eine entscheidende Rolle, wobei das Kostenelement in der Gerichtspraxis immer wieder auftaucht.

Bereits früh hat das Bundesgericht in Bezug auf die Haftung des Werkeigentümers Einschränkungen betreffend die verlangten Aufwendungen für Sicherheitsvorkehrungen gemacht: Gemäss bundesgerichtlicher Rechtsprechung dürfen vom Werkeigentümer nicht übertriebene und nicht zu kostspielige Sicherheitsvorkehrungen, die mit dem Interesse des Publikums in keinem Verhältnis stehen, verlangt werden. Begrenzt wird die Haftung vom Bundesgericht zudem dadurch, dass nur für jene Gefahren gehaftet wird, mit welchen normalerweise regelmässig gerechnet werden kann und die eine gewisse Wahrscheinlichkeit haben.^a

Eine Schranke der Sicherungspflicht des Werkeigentümers bildet auch im Bereich des Zivilrechts die **Zumutbarkeit**. Die Rechtsprechung äussert sich praktisch einheitlich wie folgt zur Zumutbarkeit:^b

„Eine weitere Schranke der Haftpflicht bildet die Zumutbarkeit. Zu berücksichtigen ist, ob die Beseitigung allfälliger Mängel oder das Anbringen von Sicherheitsvorrichtungen technisch möglich ist und die entsprechenden Kosten in einem vernünftigen Verhältnis zum Schutzinteresse der Benützer und dem Zweck des Werkes stehen.“

Eine weitere Schranke der Werkeigentümerhaftung bildet – wie im Strafrecht – regelmässig auch die **Selbstverantwortung**: Der Werkeigentümer hat nicht jeder erdenklichen Gefahr vorzubeugen, sondern darf Risiken ausser Acht lassen, welche von den Benützern des Werkes oder von Personen, die mit dem Werk in Berührung kommen, mit einem Mindestmass an Vorsicht vermieden werden können.^c

Das Bundesgericht verlangt in jüngerer Zeit eine **differenziertere Kosten/Nutzen-Abwägung** und formuliert dies u.a. folgendermassen:

„Der Eigentümer muss jene Vorkehrungen treffen, die vernünftigerweise von ihm erwartet werden dürfen, wobei der Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Unfall ereignen könnte, und dessen Schwere einerseits sowie den technischen Möglichkeiten und den Kosten der in Frage stehenden Massnahmen andererseits Rechnung zu tragen ist.“^d

^a BGE 45 II 332 E. 1 S. 333, BGE 49 II 254 E. 3 S. 264.

^b BGE 55 II 80 E. 2 S. 85, BGE 117 II 399 E. 2, Entscheid des Bundesgerichts 4C.386/2004 vom 2. März 2005 E. 2.1, BGE 130 III 736 E. 1.3 und 1.4, BGE 126 III 113 E. 2b, BGE 123 III 306 3b/aa.

^c BGE 117 II 399 E. 2 S. 400, BGE 130 III 736 E. 1.3 S. 742, Entscheid des Bundesgerichts 4C.386/2004 vom 2. März 2005 E. 2.1, BGE 126 III 113 E. 2a/cc S. 116, BGE 123 III 306 E. 3b/aa S. 311.

^d Entscheid des Bundesgerichts 4C.45/2005 vom 18. Mai 2005 E. 2.2.

„Die Frage, ob ein Werk mängelfrei ist, bestimmt sich nach objektiven Gesichtspunkten unter Berücksichtigung dessen, was sich nach der Lebenserfahrung am fraglichen Ort zutragen kann.“^a

„Der Werkeigentümer darf mit einem vernünftigen und dem allgemeinen Durchschnitt entsprechenden vorsichtigen Verhalten der Benutzer des Werkes rechnen und braucht geringfügige Mängel, die bei solchem Verhalten normalerweise nicht Anlass zu Schädigungen geben, nicht zu beseitigen.“^b

„Dass Sicherheitsstandards für ein Werk oder ein Produkt erhöht werden, bedeutet nicht zwingend, dass alle älteren Modelle, die den neuen Standard nicht erfüllen, umgehend modernisiert oder aus dem Verkehr gezogen werden müssten. Zu prüfen ist vielmehr unter Berücksichtigung der konkreten Umstände, ob die nicht dem neusten Standard entsprechende Werksausführung noch hinreichende Sicherheit bietet (...) oder ob mit Blick auf die vom Werk ausgehende Gefahr der korrekte Unterhalt eine Anpassung an den neuen Standard gebietet (...).“^c

Schliesslich bleibt zu ergänzen, dass gemäss steter bundesgerichtlicher Rechtsprechung die Anforderungen an **Anlage und Unterhalt von Strassen** nicht so hoch sind wie bei anderen Werken.^d Das Bundesgericht trägt dem Ausmass des Strassennetzes Rechnung und erkennt, dass Strassen nicht in gleichem Mass unterhalten werden können wie etwa ein Gebäude. Es genügt, dass die Strasse bei Anwendung gewöhnlicher Sorgfalt ohne Gefahr benützt werden kann. Die Frage der Zumutbarkeit von Sicherheitsvorkehrungen wird in der Praxis je nach Art der Strasse (Autobahn, Hauptstrasse, Feldweg etc.) unterschiedlich beurteilt.

Mit der Wahrscheinlichkeit des Unfalls und der Schwere des Unfalls zieht das Bundesgericht auch im Bereich des Zivilrechts diejenigen Kriterien heran, die für den Risikobegriff bestimmend sind. Die Entwicklung über die Jahre zeigt, dass das Bundesgericht die Praxis zu Art. 58 OR zunehmend vereinheitlichte und in den letzten Jahren konstant einen risikobasierten Ansatz verfolgt. Es berücksichtigt dabei namentlich:

- die Zumutbarkeit allfälliger Sicherheitsvorkehrungen unter dem Gesichtspunkt der technischen Möglichkeit und wirtschaftlichen Verhältnismässigkeit;
- die Wahrscheinlichkeit eines Ereigniseintritts, und zwar dahingehend, dass der Werkhersteller nicht mit unwahrscheinlichem, ausgefallenen Verhalten zu rechnen hat und dass auch die Selbstverantwortung der Nutzer mitberücksichtigt wird;

^a BGE 123 III 306 E. 3b/aa S. 310 f.; BGE 122 III 229 E. 5a/bb S. 235, Entscheid des Bundesgerichts 4A_382/2012 vom 3. Oktober 2012, E. 3., Entscheid des Bundesgerichts 4C.386/2004 vom 2. März 2005 E. 2.1, Entscheid des Bundesgerichts 4C.45/2005 vom 18. Mai 2005 E. 2.2.

^b Entscheid des Bundesgerichts 4A_382/2012 vom 3. Oktober 2012, E. 3., BGE 116 II 422 E. 1 S. 424 mit Hinweis, Entscheid des Bundesgerichts 4C.386/2004 vom 2. März 2005 E. 2.1.

^c Entscheid des Bundesgerichts 4A_382/2012 vom 3. Oktober 2012, E. 3, E. 3.1, E. 3.2., E. 3.5 mit Hinweis auf Entscheid des Bundesgerichts 4C.209/1991 vom 28. Dezember 1992 E. 6a, BGE 102 II 343 E. 1c S. 346, BGE 59 II 394 S. 395, BGE 58 II 356 S. 360, BGE 55 II 80 E. 2 S. 85.

^d BGE 130 III 736 E. 1.3 und 1.4, BGE 56 II 90 (S. 92), BGE 58 II 249 E. 2, BGE 58 II 356, S. 360, BGE 59 II 171 E. 2 (S. 178), BGE 59 II 394, BGE 60 II 277 E. 3, BGE 89 II 331 E. 4, BGE 90 IV 265 E. 2, BGE 98 II 40 E. 2, BGE 100 II 134 E. 4, BGE 102 II 343 E. 1, Entscheid des Bundesgerichts 4A_562/2012 vom 11. Dezember 2012, E. 5.3-5.7, Entscheid des Bundesgerichts 4C.45/2005 vom 18. Mai 2005 E. 2.3.

- die Schwere des Unfalls, indem das „Schutzinteresse“ in die Abwägung der wirtschaftlichen Verhältnismässigkeit eingebracht wird.

Auch wenn das Bundesgericht im zivilrechtlichen Bereich in jüngster Zeit konsequent den risikobasierten Ansatz verwendet, bleibt es in der Formulierung unbestimmt und verzichtet auf eine Bezifferung von Grenzkosten bzw. auf die Festlegung eines maximalen Werts, bis zu welchem Massnahmen zur Vermeidung eines Todesfalls gerechtfertigt bzw. erforderlich sind.

6.1.4 Rechtsprechung im öffentlichen Recht

Auch im Bereich des öffentlichen Rechts wendet sich das Bundesgericht in jüngerer Rechtsprechung anlässlich der Beurteilung einer Gruppe heterogener Fälle dem Thema Kosten/Nutzen-Verhältnis bzw. der Verhältnismässigkeit von Sicherheitsmassnahmen zu.

So hat es im Rahmen eines Produkthaftpflichtfalles bei der Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Sicherheitsmassnahmen u.a. berücksichtigt, dass der Zeitablauf im Einzelfall ein ausschlaggebender Faktor sein kann, der dazu führt, dass eine verhältnismässige Massnahme nach gewisser Zeit unverhältnismässig wird.^a

Nach der Nuklearkatastrophe in Fukushima gelangten Sicherheitsaspekte der schweizerischen Atomkraftwerke ins Visier der Allgemeinheit. Einige daraus hervorgehende Streitigkeiten gelangten bis vors Bundesgericht.^b Bezogen auf Kraftwerke erwog das Bundesgericht, dass zu unterscheiden ist zwischen Sicherheitsanforderungen, die zwingend und unabhängig von finanziellen Überlegungen einzuhalten sind und weiteren risikoreduzierenden Massnahmen, die zu treffen sind, soweit sie unter allen, auch finanziellen Aspekten angemessen sind.^c Diese Einschätzung ist konform mit den so genannten ALARP (*as low as reasonable possible*) Prinzipien, die einen internationalen anerkannten Standard bei Risikobewertungen darstellen.

Das Bundesgericht beschäftigte sich zudem mit den Sicherungsmassnahmen in den Bereichen Altlasten, Hochdruckgasleitung, Hochwasserschutz und Steinschlagschutz, wobei es in den meisten Fällen nicht in erster Linie um eine Beurteilung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses, sondern vielmehr um die Kostenpflicht an sich (d.h. um die Zuweisung der Kostentragungspflicht resp. eines Kostenanteils) ging.^d Lediglich in einem Fall von kantonal durchgeführten Sanierungsmassnahmen von Altlasten hat das Bundesgericht das Kosten/Nutzen-Verhältnis genauer thematisiert: Einsparungen von rund CHF 1.5 Mio. bzw. rund der Hälfte der gesamten Sanierungskosten wurden als erheblich und im Sinne des Verhältnismässigkeitsprinzips und des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes als gerechtfertigt erachtet, unter der Voraussetzung, dass ein hinreichendes Mass an Sicherheit erreicht und die

^a BGE 139 II 534 E. 4.4 und E. 5.

^b BGE 139 II 185, BGE 140 II 315.

^c BGE 139 II 185 E. 11.2, E. 11.3, E. 11.6.1, E. 11.6.2.

^d BGE 139 II 106, BGE 136 II 370, Entscheid des Bundesgerichts 1C_360/2008 vom 11. Mai 2009, Entscheid des Bundesgerichts 2C_461/2011 vom 9. November 2011, Entscheid des Bundesgerichts 1C_464/2013 vom 16. Januar 2014.

zwingend vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt werden.^a In BGE 127 II 18 erwägt das Bundesgericht, dass zur vollständigen Sachverhaltsermittlung auch die Quantifizierung der Risiken der verschiedenen Störfallszenarien hinsichtlich Schadensausmass (Störfallwert) und Eintretenswahrscheinlichkeit in Form einer Risikosummenkurve gehört.^b

In einem weiteren Entscheid betreffend Betriebsbewilligung einer Seilbahn äussert sich das Bundesgericht zum Thema der Sicherheitsnormen wie folgt:^c

„Wie dargelegt (...) begründet die Einhaltung der Normen nicht unbedingt die Erfüllung der Sicherheitsanforderungen. Die Sicherheitsvermutung kann allerdings nicht leichthin als widerlegt betrachtet werden. Insbesondere genügt der Umstand, dass trotz Einhaltung der Norm gewisse Risiken nicht ausgeschlossen werden können, nicht, um zusätzliche Massnahmen zu verlangen. (...) Zusätzliche über die Normen hinausgehende Massnahmen können deshalb nicht schon dann verlangt werden, wenn auch bei Einhaltung der Normen noch ein gewisses Restrisiko verbleibt; vielmehr fallen sie erst dann in Betracht, wenn die konkrete Anlage aufgrund ihrer Besonderheiten ein höheres Risiko enthält als dasjenige, das mit der Einhaltung der für den Normalfall bestimmten technischen Normen (implizit) akzeptiert wird.“^d

„Zur Verhältnismässigkeit einer Sicherheitsmassnahme gehören namentlich auch ihre technische Machbarkeit und ihre wirtschaftliche Tragbarkeit, wobei die Kosten der Massnahme in einem vernünftigen Verhältnis zur damit erreichbaren Reduktion der Risiken stehen müssen. Der blosse Umstand, dass eine Massnahme dem Schutz der menschlichen Sicherheit dient, rechtfertigt nicht jeden Aufwand, weil ein Null-Risiko auch mit beliebig hohem Aufwand ohnehin nie erreichbar ist.“^e

Das Bundesgericht hat sich in diesen jüngeren Entscheiden somit – ähnlich wie auch im Bereich des Strafrechts und des Zivilrechts (s. Kapitel 6.1.2 und Kapitel 6.1.3 hiervor) – konstant einer differenzierten Betrachtungsweise der Zumutbarkeit bedient.

Im Gegensatz zum Straf- und Zivilrecht hat sich das Bundesgericht jedoch im Bereich des Sozialversicherungsrechts in einem bahnbrechenden, höchst umstrittenen Entscheid vom 23. November 2010 (BGE 136 V 395), welcher im Folgenden von Lehre und Politik als Myozyme-Entscheid bezeichnet wurde, erstmals ganz konkret zum Thema Grenzkosten geäussert. Die Bedeutung des Myozyme-Entscheidunges für die vorliegende Arbeit rechtfertigt es, ihn im Folgenden (s. sogleich Kapitel 6.2) eingehender zu erläutern.

^a BGE 131 II 431 E. 4.2 S. 439.

^b BGE 127 II 18 E. 5a-c.

^c Entscheid des Bundesgerichts 2C_905/2010 vom 22. März 2011.

^d Entscheid des Bundesgerichts 2C_905/2010 vom 22. März 2011 E. 3.2.1.

^e Entscheid des Bundesgerichts 2C_905/2010 vom 22. März 2011 E. 3.3.1.

6.2 Der Myozyme-Entscheid im Besonderen

Das Bundesgericht behandelt im Myozyme-Entscheid das Thema der Wirtschaftlichkeit einer medizinischen Behandlung und spricht konkret das Thema Grenzkosten an. Es äussert sich erstmals grundlegend zu den Grenzen der Finanzierung und umschreibt überraschend klar die der Gesellschaft zumutbaren Kosten in Bezug auf den Erhalt eines Menschenlebens.

Der Myozyme-Entscheid betraf den Fall einer 70-jährigen Frau, welche an der seltenen und erblich bedingten Stoffwechselkrankheit Morbus Pompe litt. Diese seltene Krankheit (sog. Orphan Disease) führt aufgrund eines fehlenden Enzyms zu irreversiblen Muskelschwund und schliesslich zum Tod. Die Krankenkasse der Patientin verweigerte nach sechs Monaten aufgrund der enormen Kosten die Vergütung der weiteren Therapie mit dem Arzneimittel „Myozyme“. Zum Zeitpunkt des Entscheids war Myozyme in der Schweiz (heilmittelrechtlich) zwar zugelassen, jedoch (noch) nicht im Pflichtleistungskatalog (Spezialitätenliste) der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (OKP) aufgeführt, so dass ein sog. Off-Label-Use (Verwendung eines Arzneimittels für eine Indikation, für die es keine Zulassung besitzt) vorlag. Für Morbus Pompe steht keine alternative Behandlung zur Verfügung.

Das Bundesgericht hatte zu klären, ob der Off-Label-Use von Myozyme zulässig ist und die Kosten (pro Jahr zwischen CHF 500'000 bis CHF 600'000) durch die OKP zu tragen sind. Das Bundesgericht verneinte eine Leistungspflicht der OKP mangels des für eine Kostenübernahme ausserhalb der Spezialitätenliste erforderlichen *hohen* therapeutischen Nutzens. Obschon das Bundesgericht die Behandlung des Falles an diesem Punkt hätte abrechnen können, setzte es seine Betrachtung fort und leitete zu Überlegungen der Wirtschaftlichkeit über. Das Bundesgericht kam dabei zum Schluss, dass selbst dann, wenn ein hoher therapeutischer Nutzen von Myozyme erwiesen wäre, eine Leistungspflicht der OKP aus Wirtschaftlichkeitsgründen, d.h. mangels eines angemessenen Verhältnisses zwischen Nutzen und Kosten, abzulehnen sei.

Zu den Kosten erwägt das Bundesgericht folgendes:

„Die Kostenfrage kann auch nicht auf die Seite geschoben werden mit der blossen Behauptung, es sei ethisch oder rechtlich unzulässig, Kostenüberlegungen anzustellen, wenn es um die menschliche Gesundheit gehe. Die finanziellen Mittel, die einer Gesellschaft zur Erfüllung gesellschaftlich erwünschter Aufgaben zur Verfügung stehen, sind nicht unendlich. Die Mittel, die für eine bestimmte Aufgabe verwendet werden, stehen nicht für andere ebenfalls erwünschte Aufgaben zur Verfügung. Deshalb kann kein Ziel ohne Rücksicht auf den finanziellen Aufwand angestrebt werden, sondern es ist das Kosten-/Nutzen- oder das Kosten-/Wirksamkeitsverhältnis zu bemessen. Das gilt auch für die Gesundheitsversorgung und die obligatorische Krankenpflegeversicherung, sowohl im Verhältnis zu anderen gesellschaftlichen Aufgaben als auch im Verhältnis zwischen verschiedenen medizinischen Massnahmen (...).“^a

„In verschiedenen gesundheitsökonomischen Ansätzen werden Beträge in der Grössenordnung von maximal ca. Fr. 100'000.- pro gerettetes Menschenlebensjahr noch als angemessen betrachtet (...). Das stimmt in der Grössenordnung überein mit den für Therapien in der Schweiz üblicherweise maximal aufgewendeten Kosten. So betragen die in der Schweiz maximal zugelassenen Therapiekosten in der Onkologie

^a BGE 136 V 395 E. 7.5 S. 408 f.

Fr. 7'000.- pro Monat bzw. Fr. 84'000.- pro Jahr (...). Die Kosten der Osteoporosetherapie liegen in der Grössenordnung von etwa Fr. 60'000.- bis Fr. 70'000.-/QALY (...). Diese Grössenordnung ist auch im Vergleich mit anderen Bereichen stimmig, in denen es darum geht, bestimmte Aufwendungen zu treffen, um Menschenleben zu retten, z.B. im Bereich der Unfall- und Krankheitsprävention; soweit dafür in der Schweiz bisher explizite Kosten-/Wirksamkeitsüberlegungen angestellt wurden, werden Grenzkostenwerte zwischen 1 und maximal 20 Mio. Franken pro gerettetes Menschenleben bzw. zwischen Fr. 25'000.- und Fr. 500'000.- pro gerettetes Menschenlebensjahr als haltbar erachtet (...). Dabei handelt es sich bei den höheren Werten um Bereiche, in denen es um die Prävention gegen Gefahrenquellen geht, welche von Menschen verursacht werden und völlig unbeteiligte andere Menschen bedrohen; aufgrund des generellen Verbots, andere an Leib und Leben zu schädigen, dürfte es sich rechtfertigen, in dieser Hinsicht höhere Aufwendungen zu Lasten des Verursachers zu fordern als im Bereich der von der Sozialversicherung bezahlten Behandlung gegen Krankheiten, die von niemandem verschuldet wurden.“^a

„Eine Beurteilung der Verhältnismässigkeit bzw. Kosten-Wirksamkeit anhand verallgemeinerungsfähiger Kriterien drängt sich insbesondere aus Gründen der Rechtsgleichheit auf (Art. 8 Abs. 1 BV): Wie für die Beschaffung staatlicher Mittel (...) stellt sich auch für die Erbringung staatlicher Leistungen die Frage nach der Verteilungsgerechtigkeit. Wo staatlich administrierte Güter nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, ist eine möglichst rechtsgleiche Verteilung anzustreben; es soll vermieden werden, dass die einen alles oder sehr viel und die anderen nichts oder fast nichts erhalten (...). Rechtsgleichheit setzt Verallgemeinerungsfähigkeit voraus. Verallgemeinerungsfähig ist nur, was allen, die sich in einer gleichen Situation befinden, in gleicher Weise angeboten werden kann (...).“^b

„Im Lichte dieser Grundsätze müsste im zu beurteilenden Fall, selbst wenn ein hoher therapeutischer Nutzen erwiesen wäre, eine Leistungspflicht aus Wirtschaftlichkeitsgründen, d.h. mangels eines angemessenen Verhältnisses zwischen den Kosten (...) und dem Nutzen verneint werden. (...) Mit einem Aufwand von rund Fr. 500'000.- pro Jahr liesse sich möglicherweise bei den meisten dieser Menschen die Lebensqualität in vergleichbarem Ausmass wie bei der Beschwerdegegnerin verbessern (..) wäre im Lichte der Rechtsgleichheit kein Grund ersichtlich, allen anderen Patienten in vergleichbarer Lage einen gleichen Aufwand zu verweigern. Dadurch entstünden jährliche Kosten von rund 90 Mrd. Franken. Das ist rund das 1,6-Fache der gesamten Kosten des Gesundheitswesens (...) oder etwas mehr als 17% des gesamten Bruttoinlandprodukts der Schweiz (...). Die obligatorische Krankenpflegeversicherung ist offensichtlich nicht in der Lage, für die Linderung eines einzigen Beschwerdebildes einen derartigen Aufwand zu bezahlen. Ist der Aufwand nicht verallgemeinerungsfähig, so kann er aus Gründen der Rechtsgleichheit auch im Einzelfall nicht erbracht werden.“^c

Diese Ausführungen zeigen auch, dass das Bundesgericht erkennt, dass bei den Grenzkostenwerten die Budgetbeschränkungen einzuhalten sind. Dies ist bei der Methode der geäusserten Präferenzen (Kontingente Bewertungsmethode) nicht immer gegeben (vgl. auch Kapitel 5.2.1 hiervor).

^a BGE 136 V 395 E. 7.6.3 S. 412.

^b BGE 136 V 395 E. 7.7 S. 413.

^c BGE 136 V 395 E. 7.8 S. 413f.

Dieser als „Jahrzehnteentscheid“ betitelte Bundesgerichtsentscheid hat sich nachfolgend zum Dreh- und Angelpunkt in der Schweizer Versorgungsdebatte entwickelt. Sowohl die Presse als auch die Aktivitäten der am Gesundheitswesen beteiligten Gruppen haben ihren Fokus deutlich spürbar auf die Frage der Kosten-/Nutzenbewertung gerichtet.^a

Es wurde oft die Forderung geäußert, dass sich die Politik der schwierigen Frage annehmen müsse, inwiefern der medizinischen Versorgung allenfalls Grenzen gesetzt werden sollen. Neben der Eliminierung von Fehlanreizen in der medizinischen Versorgung und dem Ausbau der Eigenverantwortung, sei die Politik insbesondere auch gefordert, eine Grenze festzulegen, bis zu welchem Punkt ein Kosten-/Nutzenverhältnis noch vertretbar erscheint, um von der obligatorischen Krankenpflegeversicherung finanziert zu werden. Dabei scheint in der schweizerischen Debatte bereits Einigkeit darüber zu bestehen, dass dafür ein starrer Schwellenwert wenig geeignet wäre. Bei der Festsetzung einer solchen Obergrenze bedürfe es eines gewissen Handlungsspielraumes, der es eher ermöglicht, dem Einzelfall gerechte Kostenübernahmeentscheidungen zu treffen.^b

Kritische Stimmen äusserten, dass BGE 136 V 395 einen Schwellenwert eingeführt habe, dessen Berechnungsgrundlage fraglich sei und für den es abgesehen von der im betreffenden Fall streitbaren Anrufung der Verteilungsgerechtigkeit im Rahmen von Art. 8 Abs. 1 BV keine gesetzliche Grundlage gäbe. Gerade im Zusammenhang mit Orphan-Arzneimitteln könnten fixe Schwellenwerte eine Diskriminierung darstellen.^c Gewisse Autoren vertreten die Ansicht, es wäre ein Fehler, auf Basis des Gerichtsentscheids ökonomisch oder juristisch vorgegebene fixe Schwellenwerte für „wirtschaftliche“ medizinische Interventionen zu definieren.^d

Mit seinem Entscheid hat das Bundesgericht zur Frage geführt, ob jeder technische Fortschritt in der Medizin noch finanzierbar ist. Wertvoll aber umstritten ist die bundesgerichtliche Verknüpfung der individuellen Kostenbetrachtung mit den Auswirkungen auf die Volkswirtschaft.^e Hier liegt ein wesentlicher Unterschied zu den Sicherheitsmassnahmen im Bereich der Unfallverhütung, bei welchen die durch zusätzliche Massnahmen entstehenden Kosten nicht der Volkswirtschaft, sondern den jeweiligen Dienstleistungserbringern aufgebürdet werden.

^a DANIEL WIDRIG/BRIGITTE TAG, Rechtliche Aspekte der Kosten-/Nutzenbewertung in der Medizin, in: hill 2012 Nr. 65, Rz 17, mit Hinweisen.

^b WIDRIG/TAG, a.a.O. (Fn. 32), Rz 80.

^c STEFANIE WIDMER, Off-label-use in der Schweiz: heilmittelrechtliche Zulässigkeit und Kostenübernahme, in: hill 2013 Nr. 132, Rz. 80.

^d NIKOLA BILLER-ADORNO, Verallgemeinerungsfähigkeit als Kriterium für die Beurteilung eines angemessenen Kosten-Nutzen-Verhältnisses?, in: Bioethica Forum 2011 / Vol. 4 / No. 3, S.116.

^e TOMAS POLEDNA/MARIANNE TSCHOPP, Der Myozyme-Entscheid des Bundesgerichts, in: Jusletter 7. Februar 2011, Rz. 23.

6.3 Zusammenfassung der Situationsanalyse der Rechtsprechung

In der bundesgerichtlichen Rechtsprechung wird in jüngerer Zeit durchgehend ein risikobasierter Ansatz verfolgt. Folgende Kriterien werden in der einzelfallweise durchgeführten Beurteilung betreffend Sicherheitsmassnahmen typischerweise berücksichtigt:

- die Zumutbarkeit allfälliger Sicherheitsvorkehren unter dem Gesichtspunkt der technischen Möglichkeit, der wirtschaftlichen Verhältnismässigkeit und der Wirksamkeit einer Massnahme;
- die Wahrscheinlichkeit eines Schadeneintritts, unter Berücksichtigung der Eigenverantwortung des Einzelnen; und
- das Ausmass des möglichen bzw. eingetretenen Schadens.

In nahezu allen Fällen wendet das Bundesgericht diese eher unbestimmten Kriterien an und verzichtet auf eine exakte Quantifizierung des betreffenden Risikos (obwohl es dies etwa in BGE 127 II 18 als erforderlich erachtete, s. Kapitel 6.1.4 hiervor). Das Bundesgericht vermeidet denn nahezu konstant auch die Festlegung eines maximalen Werts, bis zu welchem Massnahmen zur Vermeidung eines Todesfalls gerechtfertigt bzw. erforderlich sind und verzichtete damit – bis auf einen einzigen Ausnahmefall – auf die Bezifferung von Grenzkosten. Lediglich im Bereich der Gesundheitsversorgung (Myozyme-Entscheid, s. Kapitel 6.2 hiervor) werden vom Bundesgericht erstmals konkrete Grenzwerte genannt. Unter Berufung auf HANSJÖRG SEILER^a erachtete das Bundesgericht **Grenzkostenwerte zwischen 1 und maximal 20 Mio. Franken pro gerettetes Menschenleben bzw. zwischen Fr. 25'000.- und Fr. 500'000.- pro gerettetes Menschenlebensjahr** im Bereich der Unfall- und Krankheitsprävention als haltbar.

Zu bemerken ist, dass sich HANSJÖRG SEILER wiederum auf die Arbeiten von EBP ([31], [32], [33], [34] und [35]) referenziert und seine angegebenen Werte wiederum aus der Abbildung 4.3 auf Seite 20. Damit kann die Abbildung 4.2 um einen Ast erweitert werden (Abbildung 6.1). Es sollte angemerkt werden, dass die Bundesgerichte sich auf die verfügbaren Informationen abstützen und nicht die Aufgabe haben Grenzkostenwerte zu entwickeln oder festzulegen. Das Bundesgericht hinterfragt hierbei nicht, ob die Werte generell von einem Kontext auf den anderen übertragbar sind.

^a HANSJÖRG SEILER, Risikobasiertes Recht, Wieviel Sicherheit wollen wir?, 2000, S. 153 f.

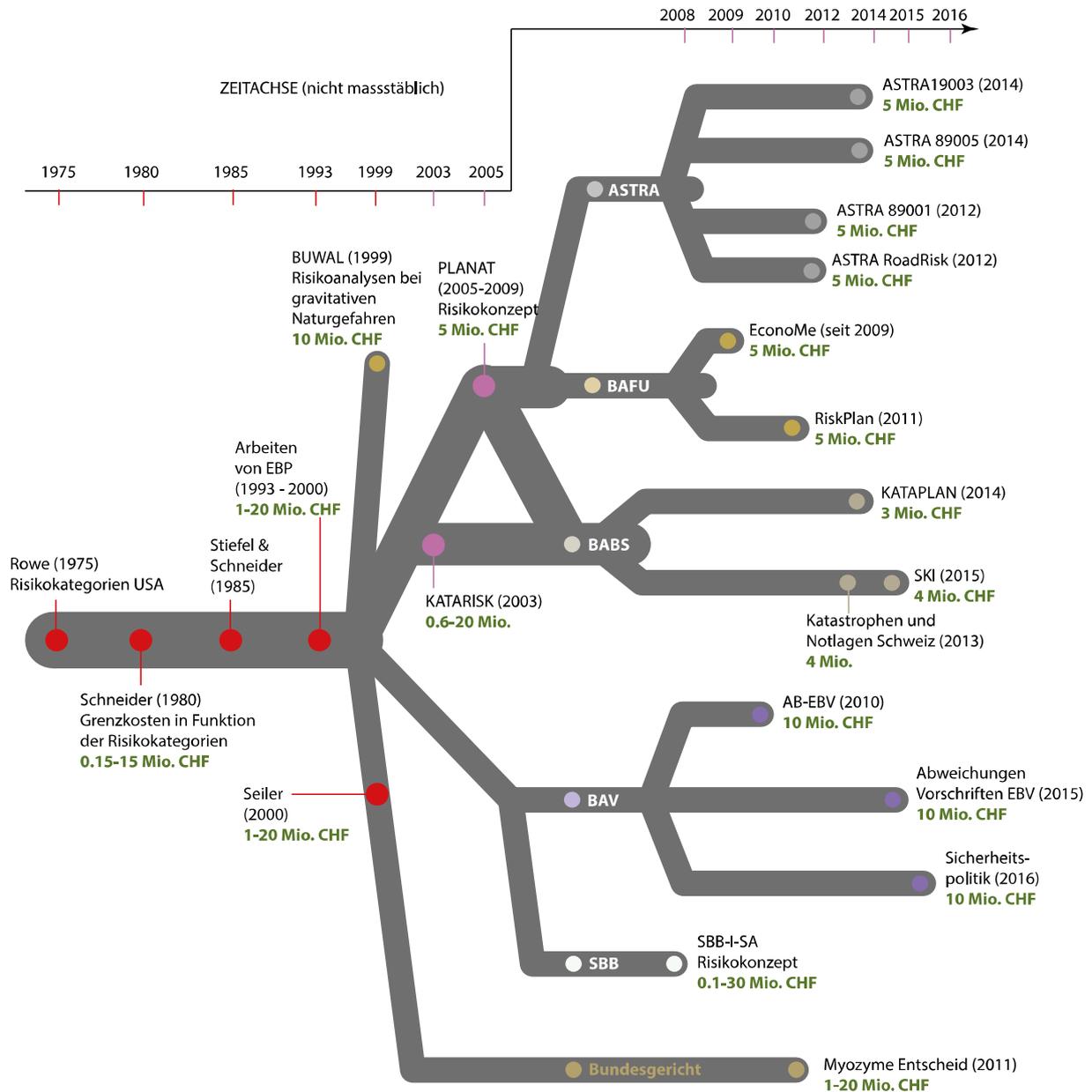


Abbildung 6.1: Grundlage und Zusammenhänge der in den verschiedenen Ämtern und beim Bundesgericht verwendeten Grenzkostenwerte.

7 Begründbarkeit der verwendeten Grenzkostenansätze

Die Anwendung des Grenzkostenansatzes und die verwendeten Grenzkostenwerte in den Bundesämtern ASTRA, BABS, BAFU, BAV, BAZL und BFE sind in den Kapiteln 4 und 5 sachlich beleuchtet. Im vorliegenden Kapitel wird auf deren Begründbarkeit eingegangen. Es wird untersucht, ob die verwendeten Grenzkostenwerte nach dem heutigen Wissensstand angemessen begründbar sind.

Im ersten Teil dieses Kapitels (Kapitel 7.1) wird untersucht, wie begründbar, transparent und reproduzierbar das Diagramm in Abbildung 4.3 ist, von dem sämtlichen Grenzwerten der Grenzkosten abgeleitet wurden. Im zweiten Teil (Kapitel 7.2) wird eine breitere Überprüfung vorgenommen, indem untersucht wird, ob eine Unterscheidung von Grenzkosten im Kontext des heutigen «*State of the Art*» Sinn macht, und welche Herleitungsmethoden angemessen sind. Davon werden Handlungsempfehlungen bezüglich der Herleitung und Handhabung von Grenzwerten der Grenzkosten zur Verhinderung eines Todesfalls abgeleitet.

7.1 Begründbarkeit des Grenzkosten Diagramms

In diesem Kapitel wird das Diagramm, auf dem alle verwendeten Grenzkostenwerte beruhen, die in dieser Studie aufgeführt sind, untersucht. Es geht insbesondere um die Frage, ob eine Differenzierung der Grenzkosten in Funktion der «Freiwilligkeit» und «Selbstbestimmung» begründbar ist.

In der Schweiz wurde das Diagramm von Schneider 1980 [9] eingeführt, der zur Herleitung folgendes schreibt:

«Akzeptieren wir die Grenzkosten für die Rettung eines Menschenlebens als grundsätzlich vernünftiges Kriterium für das Gruppenrisiko, so stellt sich eine weitere Frage: Sollen bei allen Aktivitäten diese Grenzkosten für die Rettung eines Menschenlebens gleich gross sein? Wenn wir die heutige Realität aus dieser Sicht betrachten, stellen wir rasch fest, dass unsere Sicherheitsanstrengungen längst nicht überall gleich gross sind. So ist es beispielweise eine anerkannte Tatsache, dass wir uns gegenüber freiwilligen Risiken ganz anders verhalten als gegenüber Risiken, die uns von anderen oder von der Gesellschaft auferlegt werden. Allerdings kann es kaum gelingen, die Vielfalt aller zivilisatorischen Tätigkeiten nur nach den Kategorien «freiwillig» und «unfreiwillig» zu unterscheiden. Vielmehr sind es verschiedene psychologische und gesellschaftliche Faktoren, die unsere Einstellung zu den mannigfaltigen Risiken in unserer Zivilisation beeinflussen.»

Dieses Zitat gibt einige Anhaltspunkte, die in der Folge diskutiert werden. Ein erster interessanter Aspekt im Zitat von Schneider ist, dass die Freiwilligkeit nur «ein gesellschaftlicher Faktor von vielen» sei, der die Einstellung gegenüber Risiken beeinflusst. Zwischen der Freiwilligkeit einer Tätigkeit und der Bereitschaft der Bevölkerung, in deren Sicherheit zu investieren, mag es sehr wohl eine Korrelation geben, aber, Schneider deutet es an, es lassen sich andere Faktoren finden die ebenfalls mit der Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung korrelieren. Andere Faktoren werden nicht erwähnt, einige sind aber aus der weiteren Literatur bekannt (siehe z.B. [40]), zum Beispiel können die Risikoaversion, die sogenannte «*Dreadfulness*» (die «Schrecklichkeit» der Sterben) oder der direkte Nutzen, der eine Person aus einer Tätigkeit zieht, als Faktoren für eine differenzierte Risikowahrnehmung herangezogen

werden. Schneider hat sich in seinem Model nur für eine erklärende Variable entschieden (die Freiwilligkeit), und andere mögliche Variablen vernachlässigt. Eine Kausalität zwischen Freiwilligkeit und dem Grenzkostenwert, die der Freiwilligkeit gegenüber anderen Variablen einen höheren Stellenwert einräumen würde, scheint Schneider nicht festzustellen und ist auch aus der Literatur nicht bekannt. Damit wird nicht argumentiert, dass das Diagramm *per se* falsch ist, jedoch sind in der Modellbildung, wenn immer möglich kausalen Zusammenhänge, nicht Korrelationen, zu berücksichtigen, da sie zu robusteren Modellen führen. Die Wahl der erklärenden Variable hat sehr wohl konkrete Implikationen. Hätte sich Schneider zum Beispiel anstelle der Freiwilligkeit für die Ereignisgrösse als erklärende Variablen entschieden, würde heute niemand dafür argumentiert, zusätzlich noch Risikoaversion zu berücksichtigen.

Ein zweiter wesentlicher Punkt im Zitat von Schneider ist, dass die Unterscheidung der Grenzkosten in Funktion der Freiwilligkeit auf beobachtetes Verhaltens zurückgeht: Personen verhalten sich gegenüber freiwilligen Risiken anders als gegenüber unfreiwilligen Risiken. Diese Feststellung kann der deskriptiveren Entscheidungsfindung zugeordnet werden. Die deskriptive Entscheidungsfindung ist eine soziologische Disziplin, die die Frage untersucht, wie Personen Entscheidungen in der Realität treffen. Aus der deskriptiven Beobachtung leitet Schneider einen normativen Schluss ab: der Grenzkostenwert sollte von der Freiwilligkeit abhängen. Die Ableitung von normativen Entscheidungsregeln aus deskriptiv beobachteten Entscheidungen sollte im technischen Risikomanagement vermieden werden, siehe Infobox 8.

Infobox 8 – Deskriptive Entscheidungsfindung vs. Normative Entscheidungsfindung

Deskriptive Entscheidungsfindung befasst sich mit der Beschreibung von empirisch beobachtetem Verhalten. Es ist bekannt, dass der menschliche Verstand und das Handeln von vielen kognitiven Verzerrungen geprägt sind, siehe z.B. Kahneman 2011 [68]. Die deskriptive Entscheidungsfindung hat unter anderem zum Ziel, diese Verzerrung aufzuzeichnen und zu verstehen.

Normative Entscheidungsfindung befasst sich mit dem Bestimmen der optimalen Entscheidung für eine gegebene Situation. Es wird jeweils von einem Axiom (z.B. der Rationalität des Entscheiders, Optimierung des Nutzens) ausgegangen und mit Logik die optimale Entscheidung hergeleitet.

Normative Entscheidungsfindung basierend auf deskriptiver Entscheidungsfindung:

Aus den obigen Beschreibung geht ein entscheidender Unterschied zwischen den beiden Entscheidungsfindungen hervor: deskriptive Entscheidungsfindung befasst sich mit kognitiven Verzerrungen (man könnte auch sagen: Irrationalität) und normative Entscheidungsfindung hat zum Ziel, von einem Axiom ausgehend logische und rationale Entscheidungen herzuleiten. Es ist offensichtlich, dass die beiden Disziplinen nicht immer kompatibel sind.

Die Ableitung von normativen Entscheidungen von deskriptiven Beobachtungen ist in gewissen Bereichen, z.B. Marketing und Verkauf, eine erfolgversprechende Strategie: wenn der Waschmittel-Produzent weiss, wie sich seine Kunden verhalten, kann er seine Produkte anpassen und so mehr verkaufen. In anderen Bereichen, zum Beispiel im technischen Risikomanagement, ist die Ableitung von normativen Entscheidungen von deskriptiven Entscheidungsfindung nicht sinnvoll. Ziel von technischen Risikomanagement ist, dem Entscheidungsträger eine Entscheidungshilfe zu geben. Sie hat nicht zum Ziel die Entscheidung zu modellieren, die der Entscheidungsträger ohne die Risikoanalyse getroffen hätte.

Weitere Gründe weshalb deskriptive Entscheidungen nicht als Grundlage für normative Entscheidungen verwendet werden sollten:

- Fortschritt ist nicht möglich, wenn sich eine Gesellschaft für ihre Entscheidungen immer an vergangenen Entscheidungen orientiert.
- Risiko und Unsicherheiten sind abstrakte Konzepte, die von Laien nicht intuitiv verständlich sind. Zudem ist nicht sicher, ob höhere Risiken tatsächlich bewusst eingegangen werden, oder ob die Personen sich des Risikos nicht bewusst sind (uninformierte Entscheidung).
- Bei deskriptiven Beobachtungen ist nur schwer zwischen Korrelation und Kausalität zu unterscheiden.
- Bei deskriptiven Betrachtungen wird die Beschränkung der vorhandenen Ressourcen häufig nicht berücksichtigt.

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden: das Diagramm wird mit Beobachtungen aus der deskriptiven Entscheidungsfindung begründet. Diese Begründung ist aber weder kausal zwingend noch wirklich zulässig, da deskriptive mit normativer Entscheidungsfindung vermischt wird.

Als nächstes wird untersucht, inwiefern eine Risikobewertung in Funktion der Freiwilligkeit einer Handlung sinnvoll ist. Das Hauptargument, um bei freiwilligen Tätigkeiten niedrigere Grenzkostenwerte zu gerechtfertigen ist, dass eine freiwillig handelnde Person einen direkten persönlichen Nutzen von der freiwilligen Aktivität hat, und dass die Gesellschaft nicht für die freiwillig eingegangenen Risiken aufkommen muss, beziehungsweise nur bis zum Betrag, der für die Gesellschaft wirtschaftlichen Sinn macht, nämlich den volkswirtschaftlichen Kosten eines Todesfalles. In diesem

Argument geht es um die Fairness der Ressourcenverteilung: es ist nicht fair, dass der Teil der Gesellschaft, der keine oder nur kleine freiwillige Risiken eingeht, für die freiwilligen Risiken anderer (über das wirtschaftliche Optimum hinaus) bezahlen muss. Das Ziel des Grenzkostenansatzes ist jedoch einzig und allein der wirtschaftlich effiziente Ressourceneinsatz, mit Fairness und Ressourcen Verteilung hat es nichts zu tun.

Der Umgang mit der Dichotomie «wirtschaftliche Effizienz – faire Ressourcenverteilung» wird in der Wohlfahrtsökonomie behandelt. Laut der gängigen Theorie sollte zuerst die wirtschaftliche Effizienz sichergestellt werden, in einem zweiten Schritt die faire Verteilung der Ressourcen (siehe z.B. Feldman & Serrano 2006 [69]). Für die Grenzkosten würde das bedeuten, dass für alle Aktivitäten die gleichen Grenzkostenwerte eingesetzt werden, um die wirtschaftliche Effizienz sicher zu stellen. Im zweiten Schritt kann eine faire Ressourcenverteilung angegangen werden, zum Beispiel, indem man die Kosten für Sicherheitsmassnahmen bei freiwilligen Aktivitäten auf die betroffenen Personen überwälzt (z.B. Lizenzkosten für Fallschirmspringen, Eintrittskosten in die Badeanstalt). So kann eine wirtschaftlich effiziente und sozial faire Lösung erreicht werden.

Zum Schluss werden noch einige weitere Kommentare zum Grenzkostendiagramm angebracht:

- Der Wertebereich ist frei postuliert. Er passt nur begrenzt mit den Datenpunkten aus der Literatur zusammen.
- Die Datenpunkte aus der Literatur sind 25 bis 35 Jahre alt, und zum Teil aus anderen Ländern. Eine Anpassung des Wertebereichs an die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit wurde nicht vorgenommen.

Zur Zeit seiner Formulierung war das Diagramm ein durchaus guter und pragmatischer Ansatz, um die Grenzkosten festzulegen, und hat die Anwendung des Grenzkostenansatzes in der Praxis erst ermöglicht. Es hatte in der Schweiz über Jahrzehnte hinweg einen massgebenden Einfluss. Unter Berücksichtigung des Wissenszuwachses in den letzten 20 Jahren besteht jedoch Anpassungsbedarf in Bezug auf die Bestimmung und Festlegung der Grenzkosten. Die Grenzkostenwerte, die aus dem Diagramm abgeleitet werden, entstammen Expertenmeinungen, die das Wissen, die Erfahrung und die Expertise zur Zeit der Erstellung widerspiegeln. Dieses Wissen und die Erfahrung hat sich deutlich weiterentwickelt. Die Unterschiede zu den heutigen Ansätzen und Möglichkeiten werden im folgenden Kapitel beschrieben.

7.2 Begründbarkeit von unterschiedlichen Grenzkosten und Herleitungsmethoden

Zur weiteren Diskussion wird untersucht, ob eine Differenzierung der Grenzkosten im Funktion von unterschiedlichen Faktoren (Freiwilligkeit, Anwendungsbereich, Ereignisgrösse, «Dreadfulness» des Sterbens, Höhe des Risikos) Sinn ergeben, und welche Herleitungsmethoden aus heutiger Sicht angemessen sind.

7.2.1 Freiwilligkeit

Die Freiwilligkeit als Variable zur Differenzierung von Grenzkosten wurde bereits in Kapitel 7.1 eingehend diskutiert, mit dem Schluss, dass die Grenzkosten nicht nach Freiwilligkeit differenziert werden sollten. In Kapitel 8.2.3 wird das Thema aus rechtlicher Sicht untersucht, mit der gleichen Schlussfolgerung.

7.2.2 Differenzierung der Grenzkosten nach Anwendungsbereich

In folgendem Abschnitt wird diskutiert, inwieweit eine Differenzierung der Grenzkosten nach Anwendungsbereichen Sinn ergibt. Hierunter können nicht nur die unterschiedlichen Bundesämter verstanden werden, sondern auch einzelne Gefährdungen (z.B. Erdbeben), Infrastrukturobjekte (z.B. Strassentunnel) oder Aktivitäten (z.B. Segelflug).

Geht man davon aus, dass Differenzierungen nicht willkürlich sind, stellt sich zunächst die Frage, anhand welcher Gründe die Grenzkosten differenziert werden könnten. Einige Möglichkeiten sind^a:

- nach allfälligen Budgetbeschränkungen in den Anwendungsbereichen,
- nach Präferenzen in den Anwendungsbereichen,
- nach der Höhe des Risikos,
- nach der sogenannte «*Dreadfulness*» (Schrecklichkeit des Sterbens)

Diese Differenzierungsvariablen werden in den nächsten Abschnitten einzeln untersucht.

Differenzierung nach allfälligen Budgetbeschränkungen

Es wurde bereits argumentiert, dass die zur Verfügung stehenden Ressourcen einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der Grenzkosten haben. Nun stellt sich die Frage: gilt diese Betrachtung nur auf gesellschaftlicher Ebene (der Grenzkostenwert ist nur eine Funktion der gesellschaftlichen Ressourcen) oder kann sie auf einzelne Anwendungsbereiche übertragen werden? Da die Bundesämter unterschiedliche Budgets haben, könnte argumentiert werden, dass deshalb unterschiedliche Grenzkosten gerechtfertigt sind. Diese Argumentation ist jedoch problematisch, da der Staat als soziale Einheit zu sehen ist. Die Grenzkosten stellen einen gesellschaftlichen Wert dar, der nicht auf Bundesamtebene heruntergebrochen werden kann. Dies kann an einem Beispiel erläutert werden. Es wäre theoretisch denkbar, dass eine Firma sicherheitsrelevante Produkte auf den Markt bringt. Wieviel muss diese Firma in die Sicherheit investieren? Einer Argumentation, dass diese Firma ein zu kleines Budget hat und deshalb nicht so viel in die Sicherheit investieren könnte, kann schwer gefolgt werden. Die Beurteilung, ob eine Massnahme verhältnismässig ist, kann also nicht basierend auf dem Budget einer Firma oder Organisationseinheit getroffen werden. Ansonsten wäre es zulässig, unsichere Produkte und Leistungen in Verkehr zu bringen. Hier ist aber entscheidend, dass die Produkte und Dienstleistungen, die Dritten zur Verfügung gestellt werden, ein bestimmtes Sicherheitsniveau erfüllen müssen.

^a Freiwilligkeit und Ereignisgrösse sind hier nicht aufgeführt, weil sie in den Kapiteln 7.2.1 respektive 7.2.3 behandelt werden.

Das Ziel des Grenzkostenkriteriums ist ein möglichst effizienter Einsatz der gesellschaftlichen Ressourcen. Sind die Grenzkosten für alle Anwendungsbereiche gleich, sind die Ressourcen über alle Gesellschaftsbereiche effizient alloziert. Gleichzeitig werden hierdurch alle Personen in Bezug auf die gesellschaftlichen Anstrengungen zur Verhinderung von Todesfällen gleichgestellt. Bei gegebenen gesellschaftlichen Ressourcen für Sicherheitsmassnahmen kann so ein Maximum an Menschenleben gerettet werden.

Präferenzen in den Anwendungsbereichen

Unterschiedliche Anwendungsbereiche haben unterschiedliche Entscheidungsträger, die unterschiedlichen Präferenzen bezüglich Grenzkosten haben können. Dem ist grundsätzlich nichts zu widersetzen, es handelt sich hier z.B. um Unterschiede im politischen Willen. Die Risikobestimmung und normative Entscheidungsfindung ist schlussendlich immer nur ein Hilfsmittel zur informierten Entscheidungsfindung. Insbesondere, wenn ein gewisser minimaler Grenzkostenwert eingehalten wird, kann ein Entscheidungsträger durchaus entscheiden, dass es aus anderen Gründen sinnvoll ist mehr in die Sicherheit zu investieren. Diese Überlegung gilt nicht mehr, sobald die Sicherheit in unterschiedlichen Bereichen aus gesellschaftlichen Ressourcen finanziert wird. Hier gilt wiederum, dass eine Differenzierung der Grenzkostenwerte zu einer suboptimalen Ressourcenallozierung führt und Ressourcen verbraucht werden, die einem anderen Anwendungsbereich nicht zur Verfügung gestellt werden könnten. Daher sollten die Grenzkostenwerte auf übergeordneter Ebene festgelegt werden.

Differenzierung nach *Dreadfulness*

Ein weiterer Grund, der zur Unterscheidung von Grenzkosten angeführt wird, ist die sogenannte «*Dreadfulness*» des Sterbens. Das heisst, dass bei besonders schlimmen Todesursachen, die dem Sterbenden viel Leiden verursachen, höhere Grenzkosten verwendet werden sollten, als bei schnellen und leidensarmen Todesursachen. Hier gibt es Schwierigkeiten beim objektiven Bestimmen des Leidens und es werden die ultimativen Konsequenzen (der Todesfall) mit dem Weg dorthin (das Leiden) vermischt. Eingeschränkte Lebensqualität kann mit anderen Methoden berücksichtigt werden, zum Beispiel mit der Betrachtung von «Qualitätskorrigierten Lebensjahren» (QALY), und sollte nicht im Grenzkostenwert für einen verhinderten Todesfall einfließen.

Differenzierung nach der Höhe des Risikos

Unterschiedliche Anwendungsbereiche bringen naturgemäss unterschiedliche Risiken mit sich: ein Bereich mag nur sehr kleine Risiken haben, ein anderer Bereich hohes Risiko aus vielen kleinen Ereignissen und ein dritter Bereich hohes Risiko von wenigen grossen Ereignissen. Man könnte versucht sein, in Bereichen mit höherem Risiko mehr in die Sicherheit zu investieren, und entsprechend höhere Grenzkosten einzusetzen. Hier sollte man sich in Erinnerung rufen, dass das Grenzkostenprinzip in der Entscheidungspraxis meist nur eines von mehreren Kriterien ist. Unter anderem wird häufig zusätzlich ein Grenzwert des Individualrisikos vorgeschrieben, der sicherstellt, dass das jährliche Risiko für alle Individuen einen gewissen Grenzwert nicht überschreitet. Das Grenzkostenkriterium zielt nicht auf die Reduktion des Risikos auf einen bestimmten Grenzwert, sondern auf einen möglichst effizienten Ressourceneinsatz. Deshalb sollte der Grenzkostenwert auch nicht eine Funktion der Höhe des Risikos sein.

7.2.3 Risikoaversion

Die Verwendung von Risikoaversionsfaktoren zusammen mit dem Grenzkostenansatz ist problematisch, wie im Folgenden diskutiert wird.

Zunächst werden die zwei Hauptgründe für die Anwendung von Risikoaversion diskutiert. Diese sind:

- Unsicherheit über die Eintretenswahrscheinlichkeit und über die Konsequenzen.
- Gesellschaftlicher Wille zur Vermeidung von grossen Konsequenzen.

In der Regel ist die Unsicherheit in Bezug auf die Konsequenzen und in Bezug auf die Eintretenswahrscheinlichkeit bei grossen und seltenen Ereignissen gross. Dies gilt insbesondere, weil solche Ereignisse selten beobachtet werden und die Datengrundlage entsprechend klein ist. Es entspricht der besten Praxis in technischen Risikoanalysen, dass diese Unsicherheiten in den Modellen explizit berücksichtigt werden. Diese Unsicherheit wird Modellunsicherheit genannt, sie bezieht sich nicht auf die inhärente Unsicherheit der Umwelt, sondern bildet unser fehlendes Verständnis der Umwelt ab. Wenn sich der Wissenstand und die Datengrundlagen verbessert, kann das Modell angepasst und die Modellunsicherheit reduziert werden.

Eine probabilistisch korrekte Methode Modellunsicherheit zu berücksichtigen ist, diese explizit auszuweisen, und im Endresultat zu berücksichtigen. Soll das Ergebnis konservativ sein, kann man als Alternative im Resultat der Risikoanalyse ein oberes Quantil der Modellunsicherheit ausweisen. Dies kommt einem Aversionsfaktor gleich, der aber für jedes Modell separat bestimmt wird und mit zunehmendem Wissenstand (und abnehmender Modellunsicherheit) abnimmt. Der Aversionsfaktor, wie er heute in der Praxis angewendet wird, zielt u.a. auch darauf ab, diese Unsicherheiten zu berücksichtigen, aber auf eine pauschale und undifferenzierte Art. Aversionsfaktoren unterstellen a priori, dass die verwendeten Modelle einen systematischen Fehler, eine Abweichung zur Wirklichkeit haben (Bias). Es wird modellunabhängig eine Verschiebung erzeugt, die für alle Risikomodelle gleich ist, und nicht mit der tatsächlichen Modellunsicherheit in Verbindung steht. Somit kann dieser Faktor auch nicht angepasst werden, wenn sich das Wissen verbessert und Modellunsicherheit reduziert wird. Anstatt die Modelle zu verbessern, werden Ressourcen für eine «Versicherung» für unterstellte Fehler in den Modellen verwendet. Die gesellschaftlichen Kosten dieser Versicherung sind unbekannt und steigen stark an, je häufiger das Verfahren angewendet wird.

Der zweite mögliche Grund für die Verwendung von Risikoaversion ist einen gesellschaftlichen Willen zur Vermeidung von grossen Konsequenzen. Dieser Willen mag in der Gesellschaft sehr wohl vorhanden sein: die Beobachtung, dass die Bevölkerung Grossereignissen Übergewicht wahrnimmt, ist richtig. Es stellt sich aber die Frage, ob es sinnvoll ist, deshalb auch mehr Ressourcen in die Vermeidung von Grossereignissen zu investieren. Es sollte auch hier zwischen deskriptiver und normativer Entscheidungstheorie unterschieden werden: die Wahrnehmung der Bevölkerung und deren Willen, sich vor Grossereignissen zu schützen, fällt in den Bereich der deskriptiven Entscheidungsfindung, die nicht als Grundlage der normativen Entscheidungsfindung verwendet werden sollte. Die Wahrnehmung der Bevölkerung berücksichtigt einige entscheidende Faktoren nicht, die im Risikomanagement aber berücksichtigt werden müssen:

- Die Bevölkerung weiss nicht, wie viele Ressourcen für die Vermeidung von Grossereignissen notwendig sind.
- Die Bevölkerung weiss nicht, wie viele Ressourcen zur Verfügung stehen.
- Die Bevölkerung weiss auch nicht, wieviel bereits in die Sicherheit investiert wurde.

Des Weiteren gehört die (sensationsfokussierte) Berichterstattung zum Business-case der Medien, der aber nicht die Entscheidungen der Verwaltung beeinflussen sollte. Die normative

Entscheidungsfindung sollte diese Aspekte nicht berücksichtigen, sondern Handlungsempfehlungen entwickeln, die in der Entscheidungsfindung später einen risikoinformierten politischen Prozess ermöglichen.

7.2.4 Herleitung der Grenzkostenwerte

In der internationalen Literatur wird weiterhin debattiert, welche Methoden zur Herleitung der Grenzkostenwerte geeignet sind. Befragungsmethoden, Methoden der offenbaren Präferenzen, und Methoden, die auf sozioökonomischen Parameter basieren, finden allesamt Anwendung in der Praxis. Es scheint einzig Einigkeit darüber zu herrschen, dass Expertenmeinungen nicht mehr zeitgemäss sind. Die Methoden und ihre jeweiligen Vor- und Nachteile sind im Kapitel 5 detailliert beschrieben. Die Diskussion über eine geeignete Methode kann hier nicht abschliessend geführt werden. Die wichtigsten Argumente, die für oder gegen eine Methode sprechen, werden nochmals aufgegriffen und beurteilt.

Kontingente Bewertungsmethoden ermitteln die Zahlungsbereitschaft der Gesellschaft durch Befragungen. Aufgrund einer Vielzahl kognitiven Verzerrungen entspricht der ermittelte Wert aber oft nicht der tatsächlichen Präferenz der befragten Personen bzw. der Gesellschaft, und Befragte können auf unterschiedliche Fragen inkonsistente Präferenzen äussern. Fragt man zum Beispiel, wie viel in die Sicherheit zweier Bereichen investiert werden soll, können sehr wohl zwei unterschiedliche Werte als Antwort gegeben werden (siehe z.B. VSS Studie [45]). Die Frage, ob die gesellschaftlichen Ressourcen optimal eingesetzt werden sollten, würde aber von denselben Personen mit grosser Wahrscheinlichkeit bejaht werden, was impliziert, dass für alle Bereiche denselben Grenzkostenwert verwendet werden sollte. Dieses Beispiel zeigt, dass Befragungen unzuverlässig sein können, weil kognitiven Verzerrungen und mangelnde Information zu inkonsistenten, und zum Teil irrationalen, Antworten führen. Zusätzlich ist zu bemerken, dass die Befragten allfällige Budgetbeschränkungen in ihrer Antwort nicht berücksichtigen und nicht geprüft wird, ob die Befragten bereit wären, die Sicherheitskosten zu übernehmen (z.B. durch höhere Preise bei den Bahnfahrkarten, Autobahnvignette).

Unterschiedliche Grenzkostenwerte führen, wie bereits erläutert, zu einer suboptimalen Ressourcenallozierung in der Gesellschaft und sollten vermieden werden. Ebenso bleibt die Frage offen, weshalb es zu unterschiedlichen Werten kommt und ob die gestellten Fragen überhaupt von den Befragten beantwortet werden können [68]. Aus diesen Gründen wird von kontingenten Bewertungsmethoden abgeraten.

Ähnliche Kritikpunkte gelten für Methoden der offenbaren Präferenzen, die auf mikroökonomischem Verhalten basieren. Wendet man die Methode auf unterschiedliche Bereiche an, erhält man unterschiedliche Grenzkostenwerte. Auch hier ist der Zusammenhang zwischen den ermittelten Grenzwerten der Grenzkosten und gesellschaftliche Budgetbeschränkungen nicht berücksichtigt.

Die Probleme, die bei Befragungen und auch beobachtbaren Präferenzen identifiziert wurden, bestehen bei Verwendung von sozioökonomischen Parametern zu einem deutlichen geringen Grad. Diese Methoden berücksichtigen meist mehrere sozioökonomische Parameter wie das BIP oder die Lebenserwartung in einer Nutzenfunktion, deren Maximierung es erlaubt, die Grenzkosten zu bestimmen (Beispiele: [46], [47], [48]). Methoden der offenbaren Präferenzen, die

sozioökonomischen Parameter verwenden, haben den Vorteil, dass sie leicht nachgeführt werden können, reproduzierbar sind und nicht von einzelnen Experten oder angewendeten Verfahren (z.B. Befragungen) abhängig sind. Sozioökonomische Parameter sind für alle Anwendungsbereiche gleich und werden auch in anderen Anwendungen zur Entscheidungsfindung bzw. zur Entscheidungsunterstützung eingesetzt. Zudem besteht ein klarer Zusammenhang zwischen Grenzkosten und zur Verfügung stehenden Ressourcen.

7.2.5 Anpassung der Grenzkosten an die wirtschaftliche Entwicklung

Der Grenzkostenwert bildet ab, wieviel die Gesellschaft maximal für die Rettung eines Menschenlebens ausgeben kann und sollte. Dieser Wert hängt von verschiedenen Faktoren ab, z.B. von der Zahlungsbereitschaft aber auch von der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und vom Entwicklungsstand der Gesellschaft.

Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Gesellschaft kann durch Wirtschaftsindikatoren wie z.B. dem BIP berücksichtigt werden. Das BIP wird auf Bundesebene ohnehin regelmässig ermittelt und kann mit wenig Aufwand als Grundlage für die Bestimmung der Grenzkosten verwendet werden.

Mit einer Bindung des Grenzkostenwertes an einen wirtschaftlichen Indikator wie das BIP und an die Inflation kann gewährleistet werden, dass der Grenzkostenwert periodisch aktualisiert und an die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Gesellschaft angepasst werden kann [41].

Wenn eine Gesellschaft reicher wird, kann sie auch mehr für die Sicherheit ausgeben. Umgekehrt, kann es jedoch auch sein, dass es eine negative wirtschaftliche Entwicklung gibt und das BIP wieder abnimmt. In diesem Fall ergibt es Sinn, weniger in die Sicherheit zu investieren und den Grenzkostenwert zu reduzieren. Um diese Schwankungen von Inflation und BIP in den Investitionen in die Personensicherheit abzubilden, ist es sinnvoll, den Grenzkostenwert an die wirtschaftlichen Indikatoren einer Gesellschaft zu koppeln. Es ist sinnvoll, die Kopplung an zuverlässige gesellschaftliche Statistiken vorzunehmen.

7.2.6 Fazit

Die Gesellschaft wünscht sich möglichst viel Sicherheit, hat aber begrenzte Ressourcen, die sie in die Sicherheit investieren kann: sie muss deshalb einen Kompromiss eingehen, indem sie nur die Sicherheitsmassnahmen realisiert, die am effizientesten sind. Die Grenzkosten sind ein bewährtes Mass für die Massnahmen-Effizienz, sie messen wie viel zusätzlich investiert werden muss, um ein zusätzliches Leben zu retten. Legt man einen Grenzkostenwert fest, wird der obengenannte Kompromiss formalisiert: nur Massnahmen, deren Grenzkosten unter dem Grenzwert liegen, sind effizient genug um realisiert zu werden. Liegen die Grenzkosten über dem Grenzwert, sind sie nicht effizient und sollten nicht realisiert werden, wenn nicht andere Gründe eine Umsetzung rechtfertigen.

Wie hoch der Grenzkostenwert sein sollte und wie dieser hergeleitet werden sollte, ist diskutierbar. Aber eins ist klar: der Grenzkostenwert ist die Formalisierung des Kompromisses zwischen Wunsch nach mehr Sicherheit und den vorhandenen Ressourcen. Jede Herleitung sollte diese beiden Elemente berücksichtigen.

Eine Differenzierung der Grenzkosten nach Anwendungsbereich oder Ereignisgrösse ist nur zu rechtfertigen, wenn die Sicherheitsmassnahmen nicht durch gesellschaftliche Ressourcen finanziert sind. Von einer Differenzierung in Funktion der Freiwilligkeit oder anderen Grössen ist abzusehen.

Somit lautet das Fazit aus Kapitel 7.2 wie folgt:

- Eine Unterscheidung der Grenzkosten, egal aus welchem Grund, führt zu einer suboptimaler Ressourcenallozierung in der Gesellschaft und sollte vermieden werden.
- Normative Entscheidungsfindung sollte nicht auf deskriptiver Entscheidungsfindung basieren.
- Will man die zwei vorhergehenden Punkte berücksichtigen, ist es sinnvoll, den Grenzkostenwert von sozioökonomischen Indikatoren abzuleiten.

7.3 Einordnung und Begründbarkeit der verwendeten Grenzkostenwerte

Aus den vorhergehenden Kapiteln geht hervor, dass aus Sicht der technischen Risikobewertung das Diagramm in Abbildung 4.3 nicht mehr als Grundlage verwendet werden sollte. An dessen Stelle wird empfohlen die Grenzkostenwerte von sozioökonomischen Indikatoren abzuleiten. Dazu kann z.B. die LQI-Methode [46] verwendet werden. Sie erlaubt es, die Grenzkostenwerte als Funktion von pro Kopf BIP, Lebenserwartung und der Anteil der Lebenszeit die auf der Arbeit verbracht wird, zu bestimmen. Zur weiteren Einordnung der verwendete Grenzkostenwert wird nachfolgend der Grenzkostenwert mit der LQI-Methode für die Schweiz hergeleitet.

Der Grenzkostenwert nach der LQI-Methode wird gemäss [70] berechnet. Die Parameter, die zur Berechnung verwendet werden, sind für das Jahr 2014 bestimmt und in Tabelle 7.1 gegeben.

Tabelle 7.1: Die Parameterwerte zur Berechnung des Grenzkostenwertes nach der LQI-Methode.

| Parameter | Beschreibung | Wert | Daten Quelle |
|-------------|---|--------|--|
| g [CHF] | Pro Kopf BIP | 78'432 | Bundesamt für Statistik [72] |
| W [-] | Der Anteil der Lebenszeit die an der Arbeit verbracht werden | 0.1199 | Bundesamt für Statistik [73], [74], [75] |
| β [-] | Cobb-Douglas Arbeitselastizität | 0.6768 | Bundesamt für Statistik [76] |
| J [a] | Demographische Konstante, die aus den Sterbetafeln, der Altersstruktur der Bevölkerung und einen gesellschaftlichen Diskontierungszins, der zu 4% ^a angenommen wird, berechnet wird (siehe [70] und [71] für die genaue Herleitung). | 15.33 | Bundesamt für Statistik [77], [78] |

Daraus wird zuerst der Parameter q berechnet, der den mittleren gesellschaftlichen Kompromiss zwischen Vermögen und Freizeit berücksichtigt:

^a Der Diskontierungszinssatz setzt sich aus dem Wirtschaftswachstum (Annahme: 1%) und die Zeitpräferenz einer Person (Annahme: 3%) zusammen.

$$q = \frac{w}{\beta(1-w)} \quad (7.1)$$

Die Grenzkostenwerte werden dann nach Gleichung (7.2) berechnet:

$$GW_{LQI} = \frac{g}{q} J = \frac{78'432}{0.2} 15.31 = 5'968'040 \text{ CHF} \quad (7.2)$$

Zum Vergleich und Einordnung wird der Grenzkostenwert auch für 1993 (das Jahr in dem das Grenzkosten-Diagramm entstanden ist) und mit unterschiedlichen Diskontierungszinssätze, die zur Bestimmung von J benötigt werden, berechnet^a.

Tabelle 7.2: Grenzkostenwert nach der LQI-Methode für verschiedene Jahre und Diskontierungssätze.

| Diskontierungssatz | 1993 | | 2014 | |
|--------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| | J [a] | GW_{LQI} [Mio CHF] | J [a] | GW_{LQI} [Mio CHF] |
| | Demografische Konstante | Grenzkostenwert | Demografische Konstante | Grenzkostenwert |
| 3% | 16.88 | 4.76 | 17.04 | 6.64 |
| 4% | 15.2 | 4.29 | 15.33 | 5.97 |
| 5% | 13.73 | 3.88 | 13.84 | 5.40 |

Somit hat gemäss dieser Methodik, der Grenzkostenwert (für Diskontsatz 4%, der sich aus Wirtschaftswachstum und einer Zeitpräferenz zusammensetzt) in den letzten 21 Jahren um 39% zugenommen.

Die berechneten Grenzwerte sind in Abbildung 7.1 mit den Grenzwerten der Bundesämter und der PLANAT verglichen.

^a Die weiteren Variablenwerten für das Jahr 1993 können direkt den Dokumenten des Bundesamtes für Statistik entnommen werden.

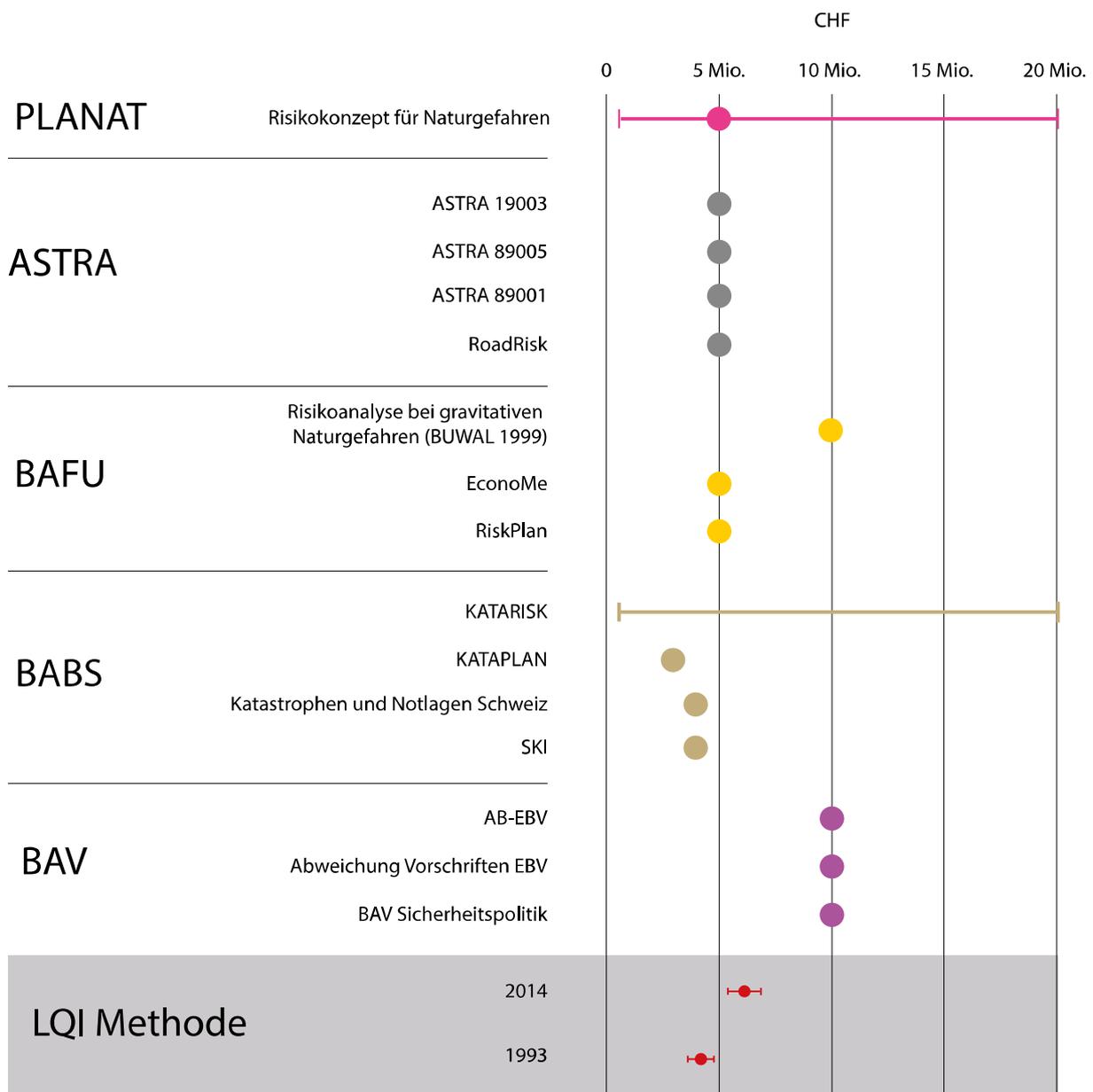


Abbildung 7.1: Vergleich zwischen den in den Bundesämtern verwendeten Grenzwerten der Grenzkosten und den durch die LQI-Methode berechnete Grenzwerte.

Gemäss der LQI-Methode sollte der Grenzkostenwert für die Schweiz im Jahr 2014 im Bereich 5.5-6.5 Mio. CHF liegen. Aus Abbildung 7.1 geht hervor, dass die meisten verwendeten Grenzwerte unter diesem Bereich liegen. Beim BAFU, ASTRA und Planat ist die Unterschreitung nur gering (10%-20%), bei den Grenzwerten des BABS ist die Unterschreitung grösser (etwa 50%). Einzig die Grenzwerte des BAVs liegen klar über dem LQI-Bereich (rund 50%).

8 Relevanz der Unterschiede

8.1 Relevanz der Unterschiede in Bezug auf die Entscheidungen

In diesem Kapitel wird der Einfluss der Grenzkostenwert auf die Entscheidungsfindung untersucht. Das heisst, es wird der Frage nachgegangen, ob und wie stark die Wahl des Grenzkostenwerts die Entscheidungsfindung beeinflussen kann. Dazu wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Im nächsten Abschnitt wird zuerst eine allgemeine Zielfunktion definiert, die als Grundlage für eine Sensitivitätsanalyse dient. In Kapitel 8.1.2 wird die Sensitivitätsanalyse und deren Resultate beschrieben.

8.1.1 Zielfunktion

Zunächst wird eine Zielfunktion definiert, die eine möglichst allgemein Form hat und somit möglichst viele konkrete Fälle abdecken kann. In der Zielfunktion werden Kosten und Nutzen aufgeführt, die direkt mit einer Sicherheitsmassnahme im Zusammenhang stehen. Der Nutzen der Sicherheitsmassnahme ist die Risikoreduktion Δn (in Anzahl reduzierte Todesfälle pro Jahr), die mit dem Grenzkostenwert GK monetarisiert werden. Die Kosten der Sicherheitsmassnahme entstehen durch die Initialinvestition I sowie die jährlichen Unterhaltskosten U . Die Rückbaukosten werden vernachlässigt. Es wird angenommen, dass die Unterhaltskosten U und die Risikoreduktion Δn jedes Jahr anfallen und über die Zeit konstant sind. Die Zielfunktion betrachtet die ganze Lebensdauer der Sicherheitsmassnahme und diskontiert zukünftige Kosten und Nutzen auf deren Kapitalwert (Gegenwartswert).

In der Zielfunktion sind folgende Variablen berücksichtigt:

| | |
|------------|---|
| T | Lebensdauer der Massnahme |
| r | Jährlicher Diskontierungszinssatz |
| I | Initialinvestitionskosten |
| U | Betriebs- und Unterhaltskosten (pro Jahr) |
| GK | Grenzkostenwert |
| Δn | Risikoreduktion (in Anzahl verhinderte Todesfälle pro Jahr) |
| N/K | Verhältnis der Nutzen und Kosten |

Die Zielfunktion ist als Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten definiert:

$$\frac{N}{K} = \frac{GK \cdot \Delta n \cdot k_{KW}}{I + U \cdot k_{KW}}, \quad (8.1)$$

wobei $k_{KW} = \frac{1}{r} \left(1 - \frac{1}{(1+r)^T} \right)$ die Diskontierung von zukünftigen Nutzen und Kosten berücksichtigt.

Aufgrund von Gleichung (8.1) kann das Nutzen-Kosten Verhältnis für Sicherheitsmassnahmen ermittelt werden. Verwendet man die Zielfunktion aus Gleichung (8.1), ist es sinnvoll Entscheidungsalternativen mit $\frac{N}{K} \geq 1$ zu realisieren.

8.1.2 Sensitivitätsanalyse

Es wird untersucht wie sich die Variation im Wert einer Variablen in Gleichung (8.1) auf das Nutzen-Kosten Verhältnis auswirkt. Für die Untersuchung wird für jede Variable ein Wert postuliert und daraus das Nutzen-Kosten Verhältnis berechnet. Die Sensitivität einer Variable wird bestimmt, indem der postulierte Variablenwert variiert wird (die Werte von allen anderen Variablen bleiben konstant) und die daraus folgende N/K -Veränderung ermittelt wird.

Die Sensitivität wird für drei Szenarien separat berechnet, die in der Tabelle 8.1 definiert sind.

Aus Tabelle 8.1 ist ersichtlich, dass sich die Szenarien in der Kostenzusammensetzung unterscheiden:

- in Szenario 1 dominieren die Investitionskosten (das Verhältnis I/U ist sehr gross),
- in Szenario 2 sind die Investitionskosten und Unterhaltskosten in derselben Grössenordnung (über die Lebensdauer der Massnahme, das Verhältnis $I/(U \cdot T)$ hat Grössenordnung 1),
- in Szenario 3 dominieren die Unterhaltskosten (das Verhältnis I/U ist sehr klein).

Die Lebensdauer der Massnahme T , der Diskontierungszinssatz r und die Grenzkostenwerte GK sind in allen Szenarien gleich. Die Risikoreduktion Δn wird in jedem Szenario so gewählt, dass gemäss Gleichung (8.1) das Nutzen-Kosten Verhältnis $N/K = 1$ ist. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen Abbildung 8.1 bis Abbildung 8.3 dargestellt.

Tabelle 8.1: Postulierte Variablenwerte für die drei untersuchten Szenarien.

| | | | Szenario 1 | Szenario 2 | Szenario 3 |
|------------|------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|
| I | Investitionskosten | CHF | 50'000'000 | 500'000 | 10'000 |
| U | Unterhaltskosten | CHF/Jahr | 100'000 | 20'000 | 500'000 |
| T | Lebensdauer | Jahre | 20 | 20 | 20 |
| r | Diskontierungszinssatz | % | 2 | 2 | 2 |
| GK | Grenzkostenwert | CHF | 5'000'000 | 5'000'000 | 5'000'000 |
| Δn | Risikoreduktion | n Todesfälle / Jahr | 0.63 | 0.01 | 0.10 |

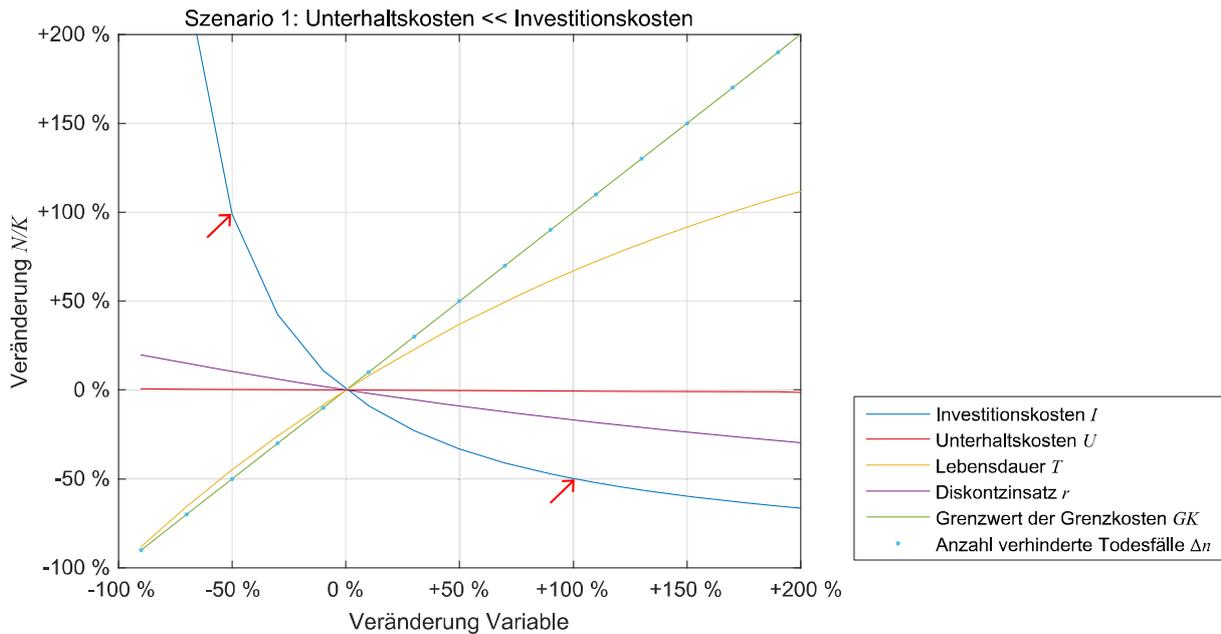


Abbildung 8.1: Sensitivitäten für Szenario 1 (Investitionskosten sind viel grösser als die Unterhaltskosten). Die Pfeile beziehen sich auf das untenstehende Lesebeispiel.

In der Folge wird ein Lesebeispiel für Abbildung 8.1 gegeben. Die Sensitivität der Investitionskosten I auf das Nutzen-Kosten Verhältnis N/K wird von der blauen Linie dargestellt. Weichen die Investitionskosten I vom postulierten Variablenwerte in Tabelle 8.1 ab, so hat diese Abweichung eine Änderung des Nutzen-Kosten Verhältnis N/K zur Folge. Zum Beispiel, ist ersichtlich (siehe Pfeile in Abbildung 8.1), dass wenn im Szenario 1 I um 100% zunimmt, N/K um 50% abnimmt. Oder umgekehrt, dass wenn I um 50% abnimmt, N/K um 100% zunimmt.

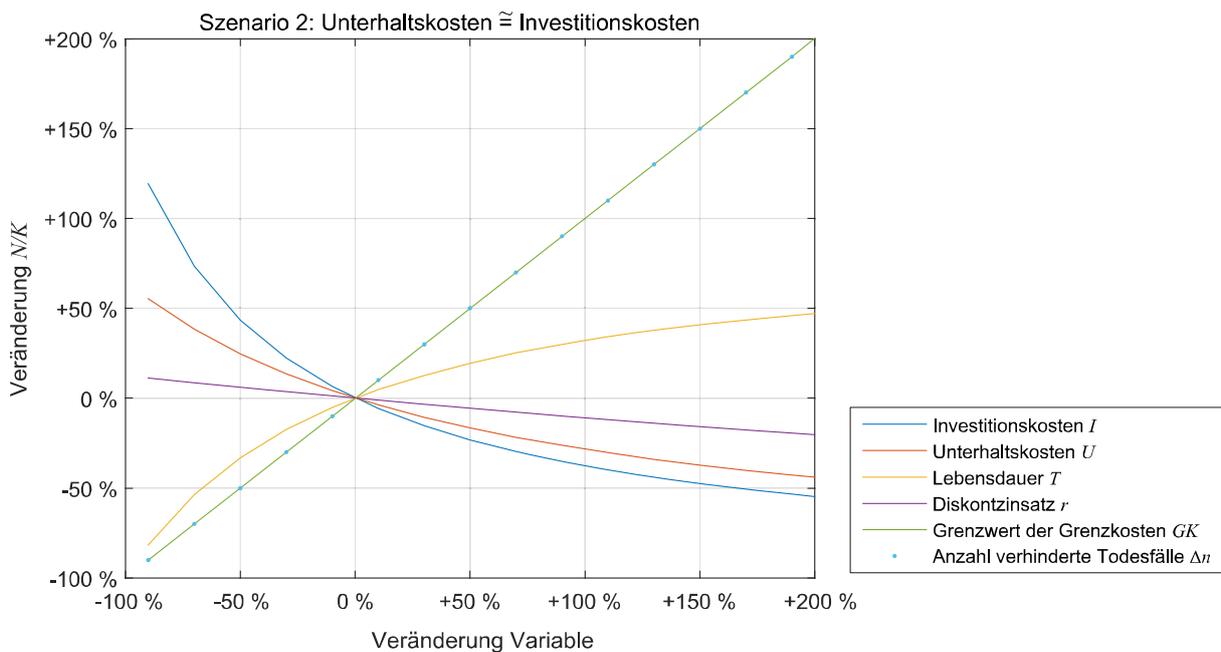


Abbildung 8.2: Sensitivitäten für Szenario 2 (Investitionskosten und Unterhaltskosten sind etwa gleich gross).

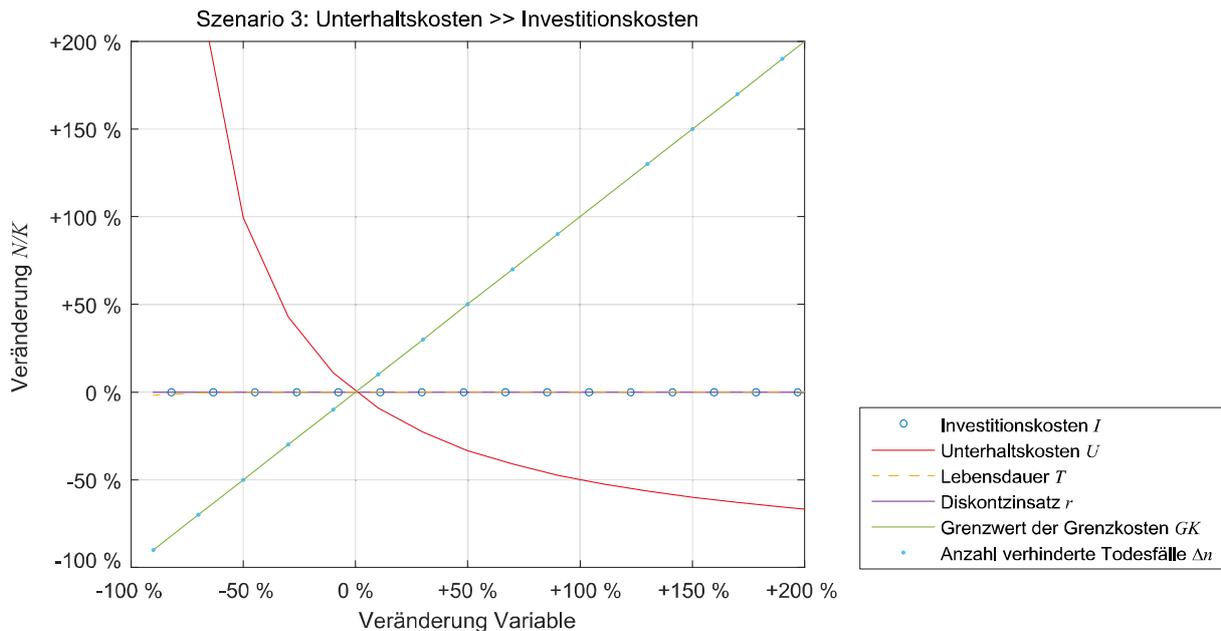


Abbildung 8.3: Sensitivitäten für Szenario 3 (Investitionskosten sind viel kleiner als die Unterhaltskosten).

Folgende Erkenntnisse können aus den Abbildungen gewonnen werden:

- Das Nutzen-Kosten Verhältnis N/K ist in allen Szenarien proportional zum Grenzkostenwert GK und zur Risikoreduktion Δn . Daraus ergibt sich ein lineares Verhältnis zwischen N/K und GK respektive zwischen N/K und Δn . Die Steigung ist jeweils Eins (eine Verdopplung von GK (respektive Δn) führt zu einer Verdoppelung von N/K).
- Das Nutzen-Kosten Verhältnis N/K ist umgekehrt proportional zu den Kosten. Dies ist besonders gut zu beobachten, wenn $I \gg U$ oder $I \ll U$: eine Verdopplung der Kosten führt zu einer Halbierung von N/K und vice versa.
- Die Lebensdauer T hat einen positiven Einfluss auf das Nutzen-Kosten Verhältnis N/K : nimmt T zu, so nimmt auch N/K zu. Wie gross der Einfluss von T ist, hängt vom Verhältnis I/U ab: der Einfluss ist am grössten, wenn I/U gross ist (Abbildung 8.1), und nimmt ab wenn I/U abnimmt (Abbildung 8.3).
- Der Diskontierungszinssatz r hat einen negativen Einfluss auf das Nutzen-Kosten Verhältnis N/K : nimmt r zu, so nimmt N/K ab. Wie viel Einfluss r hat, hängt vom Verhältnis I/U ab: der Einfluss ist am grössten, wenn I/U gross ist (Abbildung 8.1), und nimmt ab wenn I/U kleiner wird (Abbildung 8.3).
- Die grösste Sensitivität haben GK und Δn , gefolgt von den Gesamtkosten (die je nach Szenario von I und/oder U dominiert sind). Die Variablen T und r haben in der Regel einen bedeutend kleineren Einfluss auf N/K .

Diese Aussagen beziehen sich auf die Zielfunktion in Gleichung (8.1) und die drei Szenarien in Tabelle 8.1. Die Zielfunktion ist allgemein definiert und die Szenarien decken ein breites Spektrum ab, es kann

deshalb davon ausgegangen werden, dass die Aussagen eine weitere Gültigkeit haben, dies wurde aber nicht weiter untersucht.

8.1.3 Einfluss der Variablen in der Praxis

Die Sensitivität einer Variable bezüglich dem Nutzen-Kosten Verhältnis reicht alleine nicht, um den Einfluss der Variablen in der Praxis zu erörtern. Zusätzlich ist die Information erforderlich, wie stark die Variablen in der Praxis effektiv variieren. Die Bundesämter haben diesbezüglich für zwei unterschiedliche Fälle Angaben gemacht, die in Tabelle 8.2 zusammengefasst sind.

Tabelle 8.2: Angaben der Bundesämter zur Variation der Variablen in der Praxis.

| Variable | Störfallereignis | Normales Ereignis |
|--|--|-------------------|
| Investitionskosten I | +/-20% (mit Ausreissern nach oben mit über 100%, typischerweise nur teurer, nie billiger...) | +/-20% |
| Betrieb- und Unterhaltskosten U (pro Jahr) | +/-20% (mit Ausreissern von über +100%) | +/-20% |
| Lebensdauer T der Massnahme | +/-20% | +/-30% |
| Diskontzinssatz r | Die Diskontrate variiert zwischen 0% und 4% und ist typischerweise bei 2% | Keine Variation |
| Risikoreduktion Δn (oder konkreter: «Anzahl der verhinderten Todesfälle pro Jahr») | Kleine Ereignisse die häufig vorkommen: grundsätzlich je seltener desto seltener grösser der Fehler: +/- 50%. Bei grossen Ereignissen die selten vorkommen: +/- 1000% | +/-10% |

Auf Grund der Angaben in Tabelle 8.2 wird für jede Variable eine Wahrscheinlichkeitsverteilung postuliert (siehe Anhang) die die angegebene Variabilität abbilden soll. Variablen und Zielfunktion werden mit dem FORM Verfahren (siehe z.B. [79]) ausgewertet und die Elastizitäten der einzelnen Variablen bestimmt. Die Elastizität ist ein Mass für den Einfluss der Variable auf das Nutzen-Kosten Verhältnis: der Betrag der Elastizität zeigt die Stärke des Einflusses an, das Vorzeichen zeigt an, ob eine direkte (positives Vorzeichen) oder reziproke (negatives Vorzeichen) Proportionalität zwischen der Variable und Nutzen-Kosten Verhältnis besteht. In der nachfolgenden Tabelle 8.3 sind die Resultate zusammengefasst. In der Tabelle wurden die Elastizitäten so normiert, dass für jedes Szenario die grösste Elastizität den Wert 1 annimmt. Weiter ist die Rangierung (nach Absolutbetrages der Elastizität) jeder Variablen angegeben.

Tabelle 8.3: Einfluss des Mittelwerts der Variablen in der Praxis.

| | Störfallereignis | | Normales Ereignis | |
|--|------------------------|------|------------------------|------|
| | Elastizität (normiert) | Rang | Elastizität (normiert) | Rang |
| SZENARIO 1 | | | | |
| Investitionskosten I | -0.65 | 3 | -0.70 | 2 |
| Betrieb- und Unterhaltskosten U (pro Jahr) | -0.00 | 6 | -0.02 | 5 |
| Lebensdauer T der Massnahme | 0.50 | 4 | 0.49 | 4 |
| Diskontzinssatz r | -0.17 | 5 | - | - |
| Risikoreduktion Δn (oder konkreter: «Anzahl der verhinderten Todesfälle pro Jahr») | 1.00 | 1 | 0.66 | 3 |
| Grenzkostenwert GK | 0.91 | 2 | 1.00 | 1 |
| SZENARIO 2 | | | | |
| Investitionskosten I | -0.40 | 3 | -0.37 | 4 |
| Betrieb- und Unterhaltskosten U (pro Jahr) | -0.27 | 5 | -0.26 | 5 |
| Lebensdauer T der Massnahme | 0.30 | 4 | 0.48 | 3 |
| Diskontzinssatz r | -0.06 | 6 | - | - |
| Risikoreduktion Δn (oder konkreter: «Anzahl der verhinderten Todesfälle pro Jahr») | 1.00 | 1 | 0.59 | 2 |
| Grenzkostenwert GK | 0.86 | 2 | 1.00 | 1 |
| SZENARIO 3 | | | | |
| Investitionskosten I | 0 | 4 | - | 4 |
| Betrieb- und Unterhaltskosten U (pro Jahr) | -0.70 | 3 | -0.73 | 2 |
| Lebensdauer T der Massnahme | 0 | 4 | - | 4 |
| Diskontzinssatz r | 0 | 4 | - | 4 |
| Risikoreduktion Δn (oder konkreter: «Anzahl der verhinderten Todesfälle pro Jahr») | 1.00 | 1 | 0.65 | 3 |
| Grenzkostenwert GK | 0.83 | 2 | 1.00 | 1 |

Es ist erkennbar, dass bei Störfallereignisse die Anzahl der verhinderten Todesfälle (die in der Praxis dem Resultat der Risikoanalyse entspricht) in jeder Analyse den grössten Einfluss auf das Nutzen-Kosten Verhältnis hat. Dies ist auf die hohe Sensitivität (Abbildung 8.1 bis Abbildung 8.3) wie auch auf die grossen Abweichungen, die in der Praxis (Tabelle 8.2) beobachtet werden, zurückzuführen. Den zweitgrössten Einfluss hat jeweils der Grenzkostenwert. Bei normalen Ereignisse, bei denen oft standardisierte Risikoanalyse-Tools zur Verfügung stehen (z.B. EconoMe [2]), weisen die Grenzkostenwerte den grössten Einfluss auf das Nutzen-Kosten Verhältnis auf.

Es wurden auch die Sensitivitäten in Bezug auf die Streuung der Variablen berechnet. Dort ergibt sich das gleiche Bild. Der Grenzkostenwert ist die wichtigste bzw. zweitwichtigste Variable in Bezug auf das definierte Kosten-Nutzen Verhältnis.

8.1.4 Fazit

Die Festlegung der Grenzkostenwert kann das Nutzen-Kosten Verhältnis stark beeinflussen, insbesondere aus zwei Gründen. Erstens zeigt der Grenzkostenwert, zusammen mit der Anzahl reduzierter Todesfällen, die grösste Sensitivität aller Variablen auf. Zweitens schlägt sich diese Sensitivität auch auf das Nutzen-Kosten Verhältnis nieder, weil die Grenzkostenwerte, die in dieser Studie beobachtet wurden, stark variieren (zwischen 2-10 Mio. CHF, vgl. Abbildung 4.1). Für die beiden angegeben Fälle in Tabelle 8.2 zeigt sich, dass wenn eine Risikoanalysemethodik vorgegeben ist (der Fall «Normales Ereignis»), die Grenzkostenwerte den grössten Einfluss auf das Nutzen-Kosten Verhältnis haben. Wird hingegen keine Risikoanalysemethodik vorgeschrieben (der Fall «Störfallereignis»), haben die Grenzkostenwert den zweitgrössten Einfluss auf das Nutzen-Kosten Verhältnis.

Die konsistente Ermittlung und Festlegung der Grenzkostenwerte ist demnach entscheidend.

8.2 Relevanz der Unterschiede in Bezug auf die Rechtsprechung

8.2.1 Rechtliche Vorbemerkungen

Der Entscheid einer UVEK-Behörde, ob eine bestimmte Sicherheitsmassnahme vom Staat finanziert wird oder nicht, muss nach Art. 5 Abs. 2 der Bundesverfassung (nachfolgend BV) im **öffentlichen Interesse** liegen und **verhältnismässig** sein.

Staatliches Handeln muss stets am Allgemeinwohl ausgerichtet sein und darf nicht der Verwirklichung rein privater Interessen oder von Sonderinteressen bestimmter Gruppen dienen. Die Bundesverfassung definiert die öffentlichen Interessen nicht, erlaubt aber durch seine zahlreichen Zielbestimmungen und Aufgabennormen Rückschlüsse bei der Ermittlung öffentlicher Interessen.^a Von der Frage, ob ein öffentliches Interesse als solches anerkannt wird, ist die Frage zu unterscheiden, ob die Verfolgung des Interesses im konkreten Anwendungsfall zulässig ist. In der Praxis stellt sich die Frage nach dem zulässigen öffentlichen Interesse meist im Zusammenhang mit einer konkreten Verhältnismässigkeitsprüfung.^b Im Rahmen der Verhältnismässigkeitsprüfung ist danach zu fragen, ob (1) die Massnahme geeignet ist, das angestrebte öffentliche Interessen zu erfüllen, (2) die Massnahme erforderlich ist, um das verfolgte öffentliche Interessen zu verwirklichen und (3) die Massnahme angemessen ist, d.h. das verfolgte öffentliche Interesse und die Massnahme nicht in einem Missverhältnis stehen.^c

^a GIOVANNI BIAGGINI, BV Kommentar, Zürich 2007, Art. 5 N 15 f.

^b BGE 140 II 194 E. 5.8.2 S. 200.

^c GIOVANNI BIAGGINI, a.a.O., Art. 5 N 21.

Um im konkreten Fall die Verhältnismässigkeit einer Sicherheitsmassnahme bewerten zu können, werden von den Behörden zunehmend Kosten-Nutzen-Analysen herangezogen oder die Verhältnismässigkeit wird im Lichte von Grenzkostenwerten betrachtet: Übersteigen die Investitionen für eine bestimmte Sicherheitsmassnahme den festgelegten Grenzwert, so wird die entsprechende Sicherheitsmassnahme als unverhältnismässig eingestuft.

Zusätzlich zu den Vorgaben des rechtsstaatlichen Handelns von Art. 5 BV sind die Behörden bei der Wahrnehmung ihrer staatlichen Aufgaben an die Grundrechte gebunden (Art. 35 Abs. 2 BV). Die Behörde ist verpflichtet, in ihrem Zuständigkeitsbereich alle Massnahmen zu treffen, die zur Verwirklichung, zum Schutz und zur Durchsetzung der Grundrechte erforderlich sind.^a In vorliegender Diskussion um die Festlegung eines Grenzkostenwerts ist hauptsächlich dem **Rechtsgleichheitsgebot**, verankert in Art. 8 BV, Rechnung zu tragen.

Die Grenzkosten bilden ab, wieviel die Gesellschaft maximal für die Rettung eines Menschenlebens ausgeben kann und will. Wird für die Grenzkosten ein Grenzwert festgelegt und wird dieser im Rahmen der Verhältnismässigkeitsprüfung von Sicherheitsmassnahmen herangezogen, führt dies unweigerlich dazu, dass die Behörde die Einführung gewisser Sicherheitsmassnahmen ablehnt, andere dagegen veranlasst, was mithin als Reflexwirkung auf die Betroffenen eine Ungleichbehandlung bzw. eine Verletzung des Rechtsgleichheitsgebots zur Folge haben kann.

Nach Rechtsprechung des Bundesgerichts ist **in der Rechtssetzung** eine Ungleichbehandlung vergleichbarer Sachverhalte - bzw. eine Gleichbehandlung ungleicher Sachverhalte - nur zulässig, wenn die Differenzierung angesichts der tatsächlichen Verhältnisse **mit sachlichen Gründen** gerechtfertigt werden kann.^b Die Rechtsgleichheit ist von den staatlichen Behörden aber auch **in der Rechtsanwendung** umzusetzen: Unterscheidungen dürfen nur getroffen werden, wenn dafür ein **vernünftiger Grund in den tatsächlichen Verhältnissen**, über die zu entscheiden ist, gefunden werden kann.^c Die Entscheide der jeweiligen Behörden betreffend Sicherheitsmassnahmen fallen vorwiegend in diesen letztgenannten Bereich der Rechtsanwendung.

Die Behörde hat sich folglich bei ihrer Entscheidung, weshalb gestützt auf die jeweiligen konkreten Rechtsgrundlagen gewisse, die Sicherheit erhöhende Massnahmen verwirklicht werden, andere dagegen nicht, auf einen vernünftigen, sachgerechten Grund zu stützen. Ob ein derartiger Grund vorliegt oder nicht, ist eine Wertungsfrage und kann je nach Ort und Zeit der Beurteilung unterschiedlich ausfallen.^d

8.2.2 Anknüpfung an die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit

Aus rechtlicher Sicht ist eine Abhängigkeit des Grenzkostenwerts von den gesellschaftlich zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht zu beanstanden. Dies bedeutet nichts anderes, als dass sich die Finanzierung von Sicherheitsmassnahmen nach der Verfügbarkeit staatlicher Mittel richtet.

^a GIOVANNI BIAGGINI, a.a.O., Art. 35 N 9 ff.

^b Vgl. BGE 114 Ia 1 E.3 S. 2f.

^c Vgl. BGE 117 Ia 257 E. 3b S. 259.

^d BERNHARD WALDMANN, in: Waldmann/Belser/Epiney [Hrsg.], Basler Kommentar, Bundesverfassung, Basel 2015, Art. 8 N 31.

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) widerspiegelt die wirtschaftliche Leistung einer Volkswirtschaft in einem bestimmten Zeitraum. Je höher das BIP, desto höher also die Wertschöpfung. Aus diesem Grund wird das gesamte BIP als Messgrösse für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit eines Landes oder Region verwendet.

Das BIP stellt aus rechtlicher Sicht einen sachlichen Anknüpfungspunkt für eine allfällige Ungleichbehandlung dar. Eine Gesellschaft kann die Interessen ihrer Bevölkerung, mithin auch ihr Bedürfnis nach Sicherheit, nur in dem Masse verfolgen, als sie dafür genügend Ressourcen aufweist. Hat sie reichlich Mittel zur Verfügung, kann sie davon auch mehr für die Sicherheit ausgeben.

Gleiche Überlegungen hat auch das Bundesgericht im oben (siehe Kapitel 6.2) dargelegten Myozyme-Entscheid gemacht. Das Bundesgericht hat in E. 7.7 und 7.8 im Rahmen der (an sich gar nicht mehr gebotenen) Wirtschaftlichkeitsprüfung die Frage nach der Verteilungsgerechtigkeit aufgeworfen. Das Bundesgericht erwog, dass in rechtsgleicher Anwendung des Verhältnismässigkeitsprinzips für einzelne Versicherte nur so hohe Leistungen erbracht werden dürfen, wie sie in verallgemeinerungsfähiger Weise für alle anderen Personen in vergleichbarer Situation auch erbracht werden können. Das Bundesgericht hat in der Folge die in Frage stehende Leistung für die Myozyme-Patientin einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung unterzogen und die Gesamtkosten ins Verhältnis zu den gesamten Kosten des Gesundheitswesens und dem gesamten BIP der Schweiz gesetzt. Das Bundesgericht hat damit letztlich zur generellen Frage, welche Kosten die Volkswirtschaft zu tragen vermag, übergeleitet.

Um den sich verändernden, tatsächlichen Verhältnissen Rechnung zu tragen und letztlich dem Rechtsgleichheitsgebot gerecht zu werden, ist eine periodische Anpassung der Grenzkostenwerte geboten. Ändert sich die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft, ist dies entsprechend bei der Festlegung des Grenzkostenwerts zu berücksichtigen. Dabei gilt zu bedenken, dass sowohl die Gesetzgebung wie auch die Rechtsprechung in der Schweiz nur sehr „träge“ auf neue Entwicklungen reagieren. Gesetzgeberische Anpassungen benötigen reichlich Vorlaufzeit und werden kaum je automatisch vorgenommen.

8.2.3 Freiwilligkeit

Mit SEILER^a ist davon auszugehen, dass die meisten menschlichen Handlungen – zumindest aus rechtlicher Sicht – freiwillig erfolgen. Eine Differenzierung der Grenzkostenwerte nach der Freiwilligkeit der Risikoexposition erscheint daher auch nach rechtlichen Gesichtspunkten der falsche Ansatz zu sein.

Massgebendes Kriterium ist vielmehr die Zurechenbarkeit: Risiken sind dann unbeachtlich, wenn Identität zwischen Risikoverursacher und Risikopfer besteht oder mit anderen Worten, wenn ein Selbstverschulden des Geschädigten gegeben ist. Rechtlich unbeachtlich ist also etwa das Risiko, dass sich der Autofahrer bei einem Selbstunfall einen Eigenschaden zufügt. Es ist nicht Aufgabe der Rechtsordnung, Private vor Selbstschädigung zu schützen. Demgegenüber ist dem Risiko, dass der

^a HANSJÖRG SEILER, Recht und technische Risiken, Grundzüge des technischen Sicherheitsrechts, Zürich 1997, S. 210 und 229. HANSJÖRG SEILER, Risikobasiertes Recht, Wie viel Sicherheit wollen wir? Abschlussbericht des Gesamtprojekts NGP 1113-52163.97, im Auftrag von Schweizerischer Nationalfonds, Bern 2000, S. 149 f.

korrekt fahrende Autofahrer von einem Autofahrer mit übersetzter Geschwindigkeit geschädigt wird, sehr wohl Beachtung zu schenken. Dieses Risiko darf nicht mit dem Argument vernachlässigt werden, dass sich der korrekt Fahrende freiwillig dem Risiko exponiert hat. Es ist eben gerade Aufgabe des Rechts, Rechtsgüter vor Beeinträchtigung durch Dritte zu schützen.^a

Aus diesen Gründen ist es unter rechtlicher Betrachtung zulässig bzw. sogar geboten, bei der Festlegung der Grenzkosten zur Vermeidung von Todesfällen danach zu differenzieren, ob jemand durch Selbsttötung oder durch Dritteinwirkung ums Leben kommt. Unter rechtlichen Gesichtspunkten sind ausschliesslich selbstverursachte Risiken unbeachtlich. Gleichwohl kann es etwa aus sozialpolitischen Gründen geboten sein, in den Schutz vor Selbstschädigung bzw. -tötung zu investieren.^b

Gleiche Überlegungen ergeben sich in der zivilrechtlichen Werkeigentümerhaftung (siehe Kapitel 6.1.3) mit Blick auf den nicht bestimmungsgemässen Gebrauch von Werken: So kann bspw. bei Sicherheitsmassnahmen für Autobahnen nicht mehr in die Normalspur als in die Überholspur investiert werden, mit der Begründung, die Benutzung der Überholspur erfolge freiwillig und auf eigenes Risiko. Die Rechtsordnung erlaubt auch die Benutzung der Überholspur, weshalb bei Risikoanalysen das Risiko, das sich aus der bestimmungsgemässen und rechtskonformen Benutzung der Überholspur ergibt, gleich zu berücksichtigen ist wie das Risiko, das sich aus der Benutzung der Normalspur ergibt. Der Bund als Infrastruktureigentümer und -betreiber hat mithin sicherzustellen, dass die zur Verfügung gestellte Infrastruktur bei bestimmungsgemässen und rechtskonformem Gebrauch ausreichend sicher ist. Ob der Benutzer die Infrastruktur freiwillig benutzt oder nicht, ist aus rechtlicher Sicht nicht massgebend. Vielmehr hat der Bund den Fokus seiner Risikoanalyse darauf zu legen, ob ein Risiko selbst- oder fremdverursacht ist, d.h. ob es dem Benutzer der Infrastruktur zurechenbar ist oder nicht.

Die Beispiele veranschaulichen, dass die Differenzierung der Grenzkostenwerte nach Freiwilligkeit zu unsachgerechten Ergebnissen führt, da nahezu jedes Risiko als freiwillig eingegangenes Risiko ausgelegt werden kann. Sollen Grenzkostenwerte für die Verhältnismässigkeitsprüfung einer Sicherheitsmassnahme herangezogen werden, so müssen diese unabhängig von selbst geschaffenen, freiwillig eingegangenen Risiken festgelegt werden, andernfalls findet von der Rechtsordnung erlaubtes, risikobehaftetes Verhalten fälschlicherweise keine Berücksichtigung.

8.2.4 Ereignisgrösse

Der Grenzkostenwert legt fest, welche Kosten pro vermeidbarer Todesfall aufgewendet werden sollen. Bei der Verhältnismässigkeitsprüfung von Sicherheitsmassnahmen zur Prävention drohender Grossereignisse werden die Grenzkostenwerte zusätzlich mit einem Risikoaversionsfaktor multipliziert.

Werden Risikoaversionsfaktoren angewendet, kommen bei Grossereignisse defakto grössere Grenzkostenwerte zum Einsatz. Das Risiko von Grossereignissen wird dadurch überproportional berücksichtigt. Es ist mit dem Rechtsgleichheitsgedanken nicht zu vereinbaren, dass ein Menschenleben anlässlich eines Grossereignisses mehr Schutz verdient, als ein Menschenleben

^a HANSJÖRG SEILER, *Recht und technische Risiken*, S. 229; HANSJÖRG SEILER, *Risikobasiertes Recht*, S. 147 ff.

^b HANSJÖRG SEILER, *Risikobasiertes Recht*, S. 148, 150.

anlässlich eines kleinen Unfalles. Ob jemand als Einziger bei einem Ereignis stirbt oder ob andere gleichzeitig ums Leben kommen, darf aus rechtlicher Sicht keinen Einfluss auf die Beantwortung der Frage haben, wie viel für die Vermeidung *eines* Todesfalls ausgegeben werden sollte. Für eine derartige Differenzierung besteht kein sachlicher Grund, sie stellt eine verfassungswidrige Ungleichbehandlung dar. Eine Differenzierung nach Ereignisgrösse ist daher aus rechtlicher Sicht abzulehnen.

8.2.5 Anwendungsbereich

Eine Differenzierung der Grenzkosten nach betroffenem Sachbereich (etwa nach Strassen-, Schienen- oder Flugverkehr) ist aus rechtlicher Sicht vor dem Hintergrund des Rechtsgleichheitsgebots problematisch und deshalb abzulehnen. Es ist kein sachlicher Grund ersichtlich, der es rechtfertigen würde, dass in einem Sachbereich höhere Grenzkostenwerte festgelegt werden als in anderen. Die bisherige Praxis der Bundesämter BAV, BAFU und ASTRA ist mit dem Rechtsgleichheitsgebot folglich nicht vereinbar. Die Berechnung der Grenzkostenwerte hat für jeden Sachbereich und damit in jedem der betroffenen Bundesämter nach den gleichen Grundsätzen zu erfolgen.

Davon zu unterscheiden ist die politische Budgetzuteilung. Es ist letztlich ein politischer Entscheid, in welchem Bereich, wie viele Mittel für die Sicherheit zur Verfügung gestellt werden sollen. Der Politik steht es offen, gewisse Bereiche mehr zu fördern als andere. Dieser politische Entscheid darüber, welches Budget dem jeweiligen Anwendungsbereich zugeteilt wird, darf aber bei der Festlegung der Grenzkostenwerte nicht Einfluss finden.

9 Schlussfolgerungen

Aus den Ausführungen in den Kapiteln 7 (Begründbarkeit) und 8 (Relevanz) werden folgende Schlussfolgerungen abgeleitet. Diese beinhalten auch die Handlungsempfehlungen in Kapitel 2.

Die Handlungsempfehlungen gelten für technische Risikoanalyse und Bewertung, die in der Verwaltung als Grundlage für risikoinformierte Entscheidungsfindung verwendet werden:

1. Es konnte im Rahmen dieses Projektes keine sachliche, technische, wirtschaftliche oder rechtliche Grundlage gefunden werden, um den Grenzkostenwert nach
 - Freiwilligkeit (siehe Kapitel 7.1 und 7.2.1),
 - Ereignisgrösse (siehe Kapitel 7.2.3) oder
 - Anwendungsbereich (siehe Kapitel 7.2.2).
 zu differenzieren.

Je nach Herleitung und Annahmen können Grenzkostenwerte innerhalb einer gewissen Bandbreite liegen. Ziel sollte es sein, diese mittels einer einheitlichen Herleitung zu verringern. (Grosse) Unterschiede bei den Grenzkostenwerte sollten kritisch hinterfragt und verringert werden.

2. Da der Grenzkostenwert einen signifikanten Einfluss auf die Entscheidungsfindung hat (siehe Kapitel 8.1), wird empfohlen, den Wert auf einer konsistenten, begründbaren Basis abzustützen. Dieser sollte unter Verwendung von Methoden erfolgen, die auf der besten verfügbaren Technik basieren (siehe Kapitel 7.2.4).
3. Es wird empfohlen, den Grenzkostenwert als eine Funktion der zur Verfügung stehenden gesellschaftlichen Ressourcen zu formulieren, z.B. als Funktion des BIPs, und den Grenzkostenwert von sozioökonomischen Indikatoren abzuleiten (siehe Kapitel 7.2.4).
4. Da sich die Ressourcen über die Zeit ändern und der Einfluss dieses Wertes auf die Entscheidungen gross ist, wird empfohlen, den Grenzkostenwert periodisch an Inflation und BIP-Veränderung anzupassen (siehe Kapitel 7.2.5).

Grenzkostenwerte, die von sozioökonomischen Indikatoren abgeleitet sind, erfüllen die obengenannten Anforderungen am besten (siehe Kapitel 7.2.4). Aus diesen Handlungsempfehlungen folgt, dass die bisherige Praxis angepasst werden sollte, da:

- eine Differenzierung der Grenzkosten zu einer ungleichen Allokation von gesellschaftlichen Ressourcen führt und deshalb nicht empfohlen wird (siehe Kapitel 7.2).
- Risikoaversionsfaktoren/-funktionen ebenfalls zu einer ungleichen Allokation von gesellschaftlichen Ressourcen führen und einen extremen Einfluss auf die Entscheidungsfindung haben. Daher können diese nicht empfohlen werden (siehe Kapitel 7.2.3).
- Grenzkostenwerte, die auf Experteneinschätzungen und Befragungen basieren, intransparent sind, die gesellschaftlichen Ressourcen nicht systematisch berücksichtigen, und ebenfalls zu einer ungleichen Allokation von gesellschaftlichen Ressourcen führen (siehe Kapitel 7.2.4).

10 Literatur

- [1] ASTRA. (2012). ASTRA 89001 - Naturgefahren auf den Nationalstrassen: Risikokzept.
- [2] BAFU. (2015). EconoMe - Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren. Formelsammlung. 56 S.
- [3] BAV. (2015). Konzept zur Beurteilung von Abweichungen von den Vorschriften gem Art. 5 Abs. 2 Bst. b EBV "Abweichungen von den Vorschriften" (Empfehlungen der AG).
- [4] Maslow, A. H. (1970). Motivation and personality. New York: Harper & Row.
- [5] Seiler, H. (1997). Recht und technische Risiken. Zurich: vdf Hochschulverlag, ETH Zurich.
- [6] EMD (1991), Technische Vorschriften für die Lagerung von Munition (TLM 75) Eidgenössisches Militär Departement.
- [7] BFU (1988), Beurteilung des Unfallgeschehens aus der Sicht des individuellen und kollektiven Risikos - Grundlagen für ein Sicherheitskonzept im Strassenverkehr. Beratungsstelle für Unfallverhütung
- [8] Stiefel, U., & Schneider, J. (1985). Was kostet Sicherheit? Schweizer Ingenieur Und Architekt, 103(47).
- [9] Schneider, T. (1980). Grundgedanken und Methodik moderner Sicherheitsplanung. Intraprävent, Band I, 49-69.
- [10] Viscusi, W. K. (1978). Labor Market Valuations of Life and Limb: Empirical Evidence and Policy Implications. Public Policy, 26, 359-386.
- [11] ASTRA. (2009). ASTRA 89002 - Risikomanagement ASTRA - Basiskonzept.
- [12] ASTRA. (2014). ASTRA 19003 - Management von Naturgefahren auf den Nationalstrassen.
- [13] ASTRA (2012). RoadRisk 1.0
- [14] PLANAT. (2009). Risikokzept für Naturgefahren - Leitfaden. Strategie Naturgefahren Schweiz.
- [15] ASTRA. (2014). ASTRA 89005 - Risikokzept für Tunnel der Nationalstrassen.
- [16] ASTRA. (2014). ASTRA 19004 - Risikoanalyse für Tunnel der Nationalstrassen.
- [17] BABS. (2003). KATARISK - Katastrophen und Notlagen in der Schweiz Erläuterung der Methode.
- [18] BABS. (2013). Methode zur Risikoanalyse von Katastrophen und Notlagen für die Schweiz.
- [19] Merz, H., Schneider, T., & Bohnenblust, H. (1995). Bewertung von technischen Risiken. Zurich: vdf Hochschulverlag, ETH Zurich.
- [20] BABS. (2015). Leitfaden Schutz Kritischer Infrastrukturen.
- [21] BABS. (2014). Handbuch KATAPLAN-Risk.
- [22] BUWAL. (1999). Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren.
- [23] BAFU/BABS. (2011). RiskPlan - Risiken erfassen, bewerten und Massnahmen planen.
- [24] BAV. (2015). Konzept zur Beurteilung von Abweichungen von den Vorschriften gem Art. 5 Abs. 2 Bst. b EBV "Abweichungen von den Vorschriften" (Empfehlungen der AG).
- [25] BAV. (2016). Sicherheitspolitik BAV.
- [26] UVEK. (2010). Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV).
- [27] UIC. (2002). UIC-KODEX 777-2. Überbauung von Bahnanlagen – Bautechnische Massnahmen im Gleisbereich.
- [28] Giacomelli, G. (2016): Email Kommunikation, Giancarlo Giacomelli, Head of Safety Division – Aircraft, Bundesamt für Zivilluftfahrt.

- [29] Darbre, G. (2016). Email Kommunikation, Georges Darbre, Leiter Sektion Talsperren, Bundesamt Amt für Energie.
- [30] Baraktarli, Y. (2016). Persönliche Mitteilung, Yahya Bayraktarli, Chef Risikoabteilung, BKW.
- [31] Bohnenblust, H., Fermaud, C. (1993). Die Bewertung von Risiken im Bahnbetrieb. In Verkehrsingenieur - Planer und Gestalter der Bahn (pp. 157-173). Dresden, Germany.
- [32] Ernst Basler + Partner. (1996a). Risikoorientierte Sicherheitsnachweise im Eisenbahnbetrieb. Bonn, Deutschland.
- [33] Ernst Basler + Partner. (1996b). Sicherheitsbeurteilung für anprallgefährdete Bauteile.
- [34] Ernst Basler + Partner. (2000). Sicherheitsbeurteilung anprallgefährdeter Bauteile - Ergänzende Empfehlungen für die Überarbeitung des UIC-Merkblattes 777-2E. Union International des Chemins de Fer (UIC).
- [35] Merz, H., Bohnenblust, H. (1993). Cost/Effectiveness Analyses and Evolution of Risk Reduction Measures. In 2nd World Congress on Safety Science (p. 5). Budapest.
- [36] Schlatter, H., Einer, S., & Spörndli, V. (2008). SBB, I-SA - Das Risikokzept zur Beurteilung von technischen Risiken zum Schutz von Reisenden und Angestellten.
- [37] Rowe, W. D. (1975). An "Anatomy" of Risk. Washington DC, USA: U.S. Environmental Protection Agency.
- [38] Meuli, H. (2016). Email Kommunikation Hannes Meuli, Chef Sektion Sicherheit, BAV.
- [39] Starr, C. (1969). Social benefit versus technological risk. Science (New York, N.Y.). <http://doi.org/10.1126/science.165.3899.1232>
- [40] BABS/PLANAT. (2008). Risikoaversion - Ein Beitrag zur systematischen Risikobeurteilung.
- [41] OECD. (2012). Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies (Vol. 4).
- [42] Schubert, M. (2009). Konzepte zur informierten Entscheidungsfindung im Bauwesen. ETH Zürich, Zürich, Switzerland.
- [43] Fischer, K., Kohler, J., Fontana, M. und Faber, M.H. (2012). Wirtschaftliche Optimierung im vorbeugenden Brandschutz. IBK Bericht Nr. 338, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich
- [44] Hess, J. T. (2008). Schutzziele Im Umgang mit Naturrisiken in der Schweiz. Dissertation an der ETH Zürich.
- [45] VSS. (2015). Monetarisierung des statistischen Lebens im Strassenverkehr.
- [46] Nathwani, J. S., Lind, N. C., Pandey, M. D. (1997). Affordable Safety by Choice: The Life Quality Method. Institute for Risk Research, University of Waterloo.
- [47] Thomas, P. J., Stupples, D. W., & Alghaffar, M. A. (2016). The Extent of Regulatory Consensus on Health and Safety Expenditure. Process Safety and Environmental Protection, 84(5), 329-336.
- [48] Faber, M. H., & Lind, N. C. (2012). A Common Rationale for Health and Life Safety Management.
- [49] Kübler, O. (2006). Applied Decision-Making in Civil Engineering. PhD-Thesis, ETH Zürich.
- [50] Kahneman, D. and Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica, 47(2):263-292.
- [51] Weinstein N.D. (1980). Unrealistic optimism bias about future life events. Journal of Personality and Social Psychology, 39, 806-82.
- [52] Lovallo Dan, Kahneman Daniel (2003). Delusions of Success: How Optimism Undermines Executives' Decisions. In: Harvard Business Review. July 2003, S. 56-63.

- [53] Hausman, J. (2012). Contingent Valuation: From Dubious to Hopeless. In: The Journal of Economic Perspectives. 26, Nr. 4, S. 43-56(14)
- [54] Diamond, P., Hausman, J. (1994). Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number?. In: The Journal of Economic Perspectives. 8, Nr. 4, 1994, S. 45-64.
- [55] Cohen, M. A. & Miller, T. R. (2003) Willingness to award nonmonetary damages and the implied value of life from jury awards International Review of Law and Economics, 23, 165-181.
- [56] Miller, T. R. (1990). The Plausible Range for the Value of Life - Red Herrings Among the Mackerel. Journal of Forensic Economics, 3, 17-39
- [57] ISO 2394 (2015). General principles on reliability for structures
- [58] SIA. (2011). SIA 269: Erhaltung von Tragwerken. Schweizer Ingenieur- und Architektenverband.
- [59] SIA. (2004). SIA D2018 Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben.
- [60] SIA. (2016). SIA 269/8: Erhaltung von Tragwerken - Erdbeben. Schweizer Ingenieur- und Architekturverband.
- [61] Költz, E. (2016). Persönliche Mitteilung, Erfrid Költz, Mitglied des Normierungskomitees SIA D2018 und SIA 269/8.
- [62] JCSS. (2001). Probabilistic Model Code.
- [63] Nash, C. (2003). UNITE - Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency (Final report for publication).
- [64] Jones-Lee M.W. et al. (1998), On the Contingent Valuation of Safety and the Safety of Contingent Valuation: Part 2 - The CV/SG „Chained“ Approach; Beattie J. et al. (2000), Valuation of benefits of health and safety control: Summary and technical report.
- [65] ARE. (2002). Unfallkosten im Strassen- und Schienenverkehr der Schweiz 1998.
- [66] ARE. (2008). Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten (Schlussbericht).
- [67] ARE. (2014). Externe Effekte des Verkehrs 2010.
- [68] Kahneman, D. (2011). Thinking, fast and slow. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- [69] Feldman, A. and Serrano, R., (2006) Welfare economics and social choice theory, Springer Science + Business Media, New York.
- [70] Fischer, K. (2014). *Societal Decision-Making for Optimal Fire Safety*.
- [71] Lentz, A. (2006). Acceptability of Civil Engineering Decisions Involving Human Consequences. *Fakultät Für Bauingenieur- Und Vermessungswesen, PhD*, 157.
- [72] Bundesamt für Statistik (2016), Bruttoinlandprodukt pro Einwohner
- [73] Bundesamt für Statistik (2016), Erwerbstätige (Inlandkonzept) insgesamt und in Vollzeitäquivalenten nach Geschlecht und Nationalität
- [74] Bundesamt für Statistik (2016), Tatsächliches jährliches Arbeitsvolumen nach Geschlecht, Nationalität, Beschäftigungsgrad, Wirtschaftsabschnitten, Wirtschaftssektoren, Erwerbsstatus und Grossregionen.
- [75] Bundesamt für Statistik (2016), Brutto- und standardisierte Erwerbsquoten nach Geschlecht und Nationalität.
- [76] Bundesamt für Statistik (2016), Multifaktorproduktivität.
- [77] Bundesamt für Statistik (2016), Vollständige jährliche Sterbetafel.
- [78] Bundesamt für Statistik (2016), Ständige Wohnbevölkerung nach Alter, Geschlecht und Staatsangehörigkeit.

- [79] Faber, Michael H., Statistics and Probability Theory. Topics in Safety, Risk, Reliability and Quality, Springer, 2012.

Anhang

In Tabelle 8.2 sind die Angaben der Bundesämter bezüglich der Unsicherheit der Variablen in einer Nutzen-Kosten Untersuchung, die in der Praxis beobachtet werden. Bei den Grenzwerten der Grenzkosten werden Annahmen getroffen, die den Beobachtungen aus Kapitel 4 folgen: der Grenzkostenwert beträgt 5 Mio. CHF und kann zwischen 2 Mio. und 15 Mio. CHF variieren. Zur Ermittlung der Elastizität der Variablen wurden aufgrund der Angaben Wahrscheinlichkeitsverteilungen postuliert.

Szenario 1

| Variable | Verteilungs-funktion | Verteilungsparameter/ -momente | | |
|---|----------------------|--------------------------------|------------|------------|
| | | | BAV | BAFU |
| Investitionskosten I [CHF] | Lognormal | Erwartungswert | 50'000'000 | 50'000'000 |
| | | Standardabw. | 10'000'000 | 10'000'000 |
| Betrieb- und Unterhaltskosten U (pro Jahr) [CHF] | Lognormal | Erwartungswert | 100'000 | 100'000 |
| | | Standardabw. | 20'000 | 20'000 |
| Lebensdauer T der Massnahme [Jahre] | Normal | Erwartungswert | 20 | 20 |
| | | Standardabw. | 4 | 6 |
| Diskontzinssatz r [-] | Skalierte Beta | Erwartungswert | 0.02 | 0.02 |
| | | Standardabw. | 0.01 | - |
| | | Minimalwert | 0.0 | - |
| | | Maximalwert | 0.04 | - |
| Resultat der Risikoanalyse Δ_N [Anzahl der verhinderten Todesfälle pro Jahr] | Lognormal | Erwartungswert | 0.63 | 0.63 |
| | | Standardabw. | 6.3 | 0.063 |
| Grenzkosten [CHF] | Skalierte Beta | Erwartungswert | 5'000'000 | 5'000'000 |
| | | Standardabw. | 2'500'000 | 2'500'000 |
| | | Minimalwert | 2'000'000 | 2'000'000 |
| | | Maximalwert | 10'000'000 | 10'000'000 |

Szenario 2

| Variable | Verteilungs-funktion | Verteilungsparameter/ -momente | | |
|---|----------------------|--------------------------------|------------|------------|
| | | | BAV | BAFU |
| Investitionskosten I [CHF] | Lognormal | Erwartungswert | 500'000 | 500'000 |
| | | Standardabw. | 100'000 | 100'000 |
| Betrieb- und Unterhaltskosten U (pro Jahr) [CHF] | Lognormal | Erwartungswert | 20'000 | 20'000 |
| | | Standardabw. | 4'000 | 4'000 |
| Lebensdauer T der Massnahme [Jahre] | Normal | Erwartungswert | 20 | 20 |
| | | Standardabw. | 4 | 6 |
| Diskontzinssatz r [-] | Skalierte Beta | Erwartungswert | 0.02 | 0.02 |
| | | Standardabw. | 0.01 | - |
| | | Minimalwert | 0.0 | - |
| | | Maximalwert | 0.04 | - |
| Resultat der Risikoanalyse Δ_N [Anzahl der verhinderten Todesfälle pro Jahr] | Lognormal | Erwartungswert | 0.01 | 0.01 |
| | | Standardabw. | 0.1 | 0.001 |
| Grenzkosten [CHF] | Skalierte Beta | Erwartungswert | 5'000'000 | 5'000'000 |
| | | Standardabw. | 2'500'000 | 2'500'000 |
| | | Minimalwert | 2'000'000 | 2'000'000 |
| | | Maximalwert | 10'000'000 | 10'000'000 |

Szenario 3

| Variable | Verteilungs- funktion | Verteilungsparameter/ -momente | | |
|---|--------------------------|--------------------------------|------------|------------|
| | | | BAV | BAFU |
| Investitionskosten I [CHF] | Lognormal | Erwartungswert | 10'000 | 10'000 |
| | | Standardabw. | 2'000 | 2'000 |
| Betrieb- und Unterhaltskosten U (pro Jahr) [CHF] | Lognormal | Erwartungswert | 500'000 | 500'000 |
| | | Standardabw. | 100'000 | 100'000 |
| Lebensdauer T der Massnahme [Jahre] | Normal | Erwartungswert | 20 | 20 |
| | | Standardabw. | 4 | 6 |
| Diskontzinssatz r [-] | Skalierte Beta | Erwartungswert | 0.02 | 0.02 |
| | | Standardabw. | 0.01 | - |
| | | Minimalwert | 0.0 | - |
| | | Maximalwert | 0.04 | - |
| Resultat der Risikoanalyse Δn [Anzahl der verhinderten Todesfälle pro Jahr] | Lognormal | Erwartungswert | 0.1 | 0.1 |
| | | Standardabw. | 1 | 0.01 |
| Grenzkosten [CHF] | Skalierte Beta | Erwartungswert | 5'000'000 | 5'000'000 |
| | | Standardabw. | 2'500'000 | 2'500'000 |
| | | Minimalwert | 2'000'000 | 2'000'000 |
| | | Maximalwert | 10'000'000 | 10'000'000 |