



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten

Synthesebericht

Rapport de synthèse

Synthesis report

Emch+Berger AG Bern

**Forschungsauftrag AGB 2005/100 auf Antrag der Arbeitsgruppe
Brückenforschung (AGB)**

Mai 2010

617

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en).

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) appointed by the Swiss federal roads authority.

Supply: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten

Synthesebericht

Rapport de synthèse

Synthesis report

Emch+Berger AG Bern

**Forschungsauftrag AGB 2005/100 auf Antrag der Arbeitsgruppe
Brückenforschung (AGB)**

Mai 2010

617

Impressum

Forschungsauftrag

Forschungspaket AGB1: Sicherheit des Verkehrssystems Strasse u. dessen Kunstbauten
Teilprojekte AGB 2005/101 – 110, AGB 2008/201
Antragsteller: Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB)

Auftraggeber

Bundesamt für Strassen, ASTRA

Gesamtprojektleitung

Emch+Berger AG Bern
Gartenstrasse 1, 3001 Bern
Beat Schneeberger
Mathias Kost (Stv.)

Auftragnehmer

Emch+Berger AG Bern
Gartenstrasse 1, 3001 Bern
Beat Schneeberger
Mathias Kost

Begleitkommission

Präsident

Michel Donzel

Mitglieder

Walter Ammann, Reto Baumann, Jachen Cajos, Heinrich Figi, Armand Fürst, Joseph Jacquemoud, Alain Jeanneret, Marc Florian Laube, Hans Peter Lindenmann, Thierry Pucci, Jean-Christophe Putallaz, Willi Schuler, Dario Somaini, Jörg Thoma

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch herunter geladen werden

Vorwort

Dieser Synthesebericht stellt in geraffter Form die wichtigsten Ergebnisse des Forschungspakets AGB1 ‚Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten‘ dar, die in den Teilprojekten des Forschungspakets erarbeitet wurden. Die ausführliche und massgebende Darstellung der einzelnen Forschungsergebnisse ist in den Berichten VSS 618 bis 626 und VSS 632 enthalten. Diese gehen der hier zusammengefassten Darstellung vor. Das Urheberrecht der Ergebnisse der Teilprojekte steht den Autoren der Teilprojekte zu (s. Abschnitt 2.3 dieses Berichts).

Die Empfehlungen in Kapitel 8 wurden von der Begleitkommission BK E des Forschungspakets AGB1 genehmigt und werden in ihrem Namen abgegeben.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	9
Résumé	11
Summary	13
1 Einleitung	15
1.1 Anlass	15
1.2 Kontext.....	15
2 Das Forschungspaket AGB1	18
2.1 Forschungsziele.....	18
2.1.1 Rahmenziel.....	18
2.1.2 Teilziele Verkehrssystem Strasse.....	18
2.1.3 Teilziele Kunstbauten.....	19
2.1.4 Projektziele	19
2.2 Systemabgrenzung.....	20
2.3 Übersicht über die Teilprojekte	20
2.4 Ziele der Teilprojekte	22
2.5 Methodik der Forschungsarbeit	24
2.6 Ablauf des Forschungspakets	25
3 Wissensstand und Systematik	26
4 Methodik der Risikobeurteilung	28
4.1 Vergleichende Risikobeurteilung	28
4.2 Ermittlung der optimalen Massnahmenstrategie	32
4.3 Ermittlung des Netzrisikos	36
4.4 Methodik für Kunstbauten.....	41
4.4.1 Risikobeurteilung für Kunstbautenbestände.....	41
4.4.2 Ermittlung der optimalen Massnahmenstrategie bei Kunstbauten	43
4.5 Szenarien der Gefahrenentwicklung.....	45
4.6 Spezielle Aspekte zur Methodik.....	48
4.6.1 Grenzkosten.....	48
4.6.2 Monetarisierung von Personenschäden	50
4.6.3 Individuelles und kollektives Todesfallrisiko	51
4.6.4 Risikoaversion.....	52
4.7 Überprüfung der Methodik - Teilprojekt Testregion	54
5 Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	58
6 Sicherheit von Kunstbauten	60
6.1 Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten.....	60
6.2 Baustellensicherheit bei Kunstbauten.....	62
7 Fazit	65
7.1 Erkenntnisse für die Umsetzung.....	65
7.1.1 Praktische Anwendung im Risikomanagement ASTRA	65
7.1.2 Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung.....	67
7.1.3 Allgemeine Feststellungen.....	67
7.2 Datengrundlagen	68
7.3 Zielerreichung	68
7.4 Schlussfolgerungen	69
8 Empfehlungen	71
8.1 Offene Punkte aus Teilprojekten	71
8.2 Prioritäten.....	75
8.3 Umsetzung.....	75

9	Anhang	77
9.1	Anhänge aus Voranalyse	77
9.1.1	Risikomatrix	77
9.1.2	Liste der Methoden	78
9.2	Literaturverzeichnis	80
9.3	Glossar	82
	Projektabschluss	86

Zusammenfassung

Das Forschungspaket AGB1 ‚Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten‘, wurde im Rahmen der Forschung im Strassenwesen von der Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB) initiiert und vom ASTRA finanziert. Es liefert einen relevanten Beitrag zum Forschungsschwerpunkt *Strassen- und Verkehrssicherheit* der Forschungsstrategie im Strassenwesen 2004 - 2007. Zu dieser Strategie gehört, nebst den Schwerpunkten, die Absicht den Programmcharakter der Forschung zu verstärken, unter anderem durch die Bildung von Forschungspaketen, um ein Thema mit abgestimmten Projekten umfassend zu behandeln.

Das Ziel des Forschungspakets AGB1 ist es, zuhanden der Strassenverwaltungen Entscheidungsgrundlagen und Methoden bereitzustellen, die es ihnen ermöglichen, begrenzte, finanzielle Mittel zielgerichtet und zweckmässig einzusetzen, um den erforderlichen Sicherheitsstandard über das gesamte Verkehrssystem Strasse zu erreichen und zu erhalten. Dies erfordert Methoden, um Risiken der unterschiedlichen Sicherheitsbereiche, wie Verkehrsgeschehen, Naturgefahren, Störfälle usw. zu beurteilen und untereinander vergleichbar zu machen und ausgewogene und effiziente Massnahmen zur Risikobegrenzung zu bestimmen.

Das Forschungspaket AGB1 befasst sich mit der Methodik zur Risikobeurteilung und Massnahmenoptimierung für das Gesamtsystem Strasse auf der übergeordneten Ebene und validiert diese Ansätze für den Teilbereich Kunstbauten. Zudem behandelt es die rechtlichen Fragen als Voraussetzung für die Anwendung des risikobasierten Ansatzes. Im Bereich der Kunstbauten ist eine Bestandesaufnahme der Behandlung der Tragsicherheit bestehender Kunstbauten erarbeitet worden. Ein Spezialgebiet bildet die Analyse und Systematik zur Sicherheit von Baustellen von Kunstbauten.

Dieser Synthesebericht stellt in geraffter Form die wichtigsten Ergebnisse des Forschungspakets AGB1 ‚Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten‘ dar, die in den Teilprojekten des Forschungspakets erarbeitet wurden. Er behandelt die Ergebnisse der Teilprojekte innerhalb einer thematischen Gliederung - Wissensstand und Systematik, Methodik der Risikobeurteilung, Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Ansatzes, Sicherheit von Kunstbauten.

Zusammenfassend ergeben sich aus dem Forschungspaket AGB1 die folgenden, wichtigsten Erkenntnisse:

- Die in AGB1 vorgeschlagene Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung baut auf bisher angewendeter Praxis auf und ist für die Anwendung in den verschiedenen Sicherheitsbereichen geeignet. Sie schafft die Voraussetzungen für eine einheitliche Behandlung und für die Vergleichbarkeit verschiedenartiger Risiken.
- Die Methodik erweist sich als praxistauglich, kann jedoch in der Anwendung je nach Umfang, Beschaffenheit und Datenlage des betrachteten Systems zu einem beträchtlichen Aufwand führen.
- In gewissen Sicherheitsbereichen, wie beispielhaft Verkehrsgeschehen, bestehen zwar gute Voraussetzungen für den risikobasierten Ansatz (Unfalldaten, Statistiken usw.). Seine Umsetzung und Anwendung stehen jedoch noch am Anfang. Entsprechende Instrumente müssten erst noch geschaffen werden.
- In einer weiteren Gruppe von Sicherheitsbereichen zeigt AGB1 neue Möglichkeiten für den risikobasierten Ansatz auf, dies insbesondere für die Beurteilung des Netzrisikos und der Risiken von Kunstbautenbeständen.
- Bei der Bemessung und Erhaltung von Kunstbauten besteht eine tief verankerte und bewährte Normentradition, die auf einem sicherheitsorientierten Ansatz basiert. Dieser wird sich in absehbarer Zeit für die Bemessung nicht durch den risikoorientierten Ansatz ersetzen lassen. Letzterer kann jedoch die traditionellen Sicherheitsanalysen in speziellen Fällen und Problemstellungen ergänzen, insbesondere für die Überprüfung bestehender Tragwerke.
- Der risikobasierte Ansatz kann nur in die Anwendung umgesetzt werden, wenn die rechtlichen Voraussetzungen dafür bestehen und die Gerichtspraxis den Ansatz akzeptiert.

Teilweise müssen diese Voraussetzungen noch geschaffen werden.

Schliesslich empfiehlt die Begleitkommission mit der Gesamtprojektleitung unter den in den Teilprojekten vorgeschlagenen Massnahmen 12 mit Priorität zu behandelnde Punkte (s. Abschnitt 8.2), unter welchen die Schaffung einer Richtlinie zur Anwendung des risikobasierten Ansatzes und der Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung für die rechtliche und methodische Sicherheit als vordringlich beurteilt wird.

Résumé

Le paquet de recherche AGB1 „Sécurité du système routier et de ses ouvrages d'art,, a été initié par le Groupe de travail recherche en matière de ponts dans le cadre de la recherche routière financée par l'Office fédéral des routes (OFROU). Il fournit une contribution pertinente dans le cadre du thème prioritaire *sécurité routière et du trafic* de la stratégie en matière de recherche routière pour la période 2004 – 2007. Selon cette stratégie, il s'agit, en plus des priorités, de renforcer le caractère de programme de la recherche, entre autres par la formation des paquets de recherche, afin de traiter un thème de manière exhaustive avec des projets harmonisés.

L'objectif du paquet de recherche AGB1 est de fournir des aides à la décision et méthodes à l'attention des administrations routières. Ces aides et méthodes doivent leur permettre de mobiliser avec un but précis et adéquat des ressources financières limitées pour atteindre le niveau de sécurité requis concernant l'ensemble du système routier et pour l'entretenir. Cela exige des méthodes qui permettent d'apprécier les risques des domaines de sécurité différents comme trafic routier, dangers naturels etc. et de les rendre comparables l'une à l'autre ainsi que de déterminer des mesures équilibrées et efficaces de la limitation de risque.

Le paquet de recherche AGB1 se penche sur la méthodologie d'appréciation du risque et d'optimisation des mesures pour l'ensemble du système routier à un échelon supérieur et valide ces approches pour le domaine partiel ouvrages d'art. Il traite en outre les aspects juridiques comme condition pour l'application de l'approche basée sur le risque. Dans le domaine des ouvrages d'art, un inventaire du traitement de la sécurité structurale des ouvrages d'art existants a été élaboré. Un domaine spécialisé traite de l'analyse et de la systématique pour la sécurité sur les chantiers d'ouvrages d'art.

Ce rapport de synthèse représente de façon succincte les résultats les plus importants du paquet de recherche AGB1 „Sécurité du système routier et de ses ouvrages d'art,, lesquels ont été élaborés dans les projets partiels du paquet de recherche. Il traite les résultats des projets partiels dans une structure thématique – état des connaissances et systématique, méthodologie de l'appréciation du risque, aspects juridiques d'une approche basée sur le risque et sur l'efficacité, sécurité des ouvrages d'art.

En résumé, les connaissances suivantes les plus importantes résultent du paquet de recherche AGB1:

- La méthodologie proposée dans AGB1 concernant l'appréciation du risque comparative se base sur la pratique appliquée jusqu'alors. Elle est appropriée pour l'application aux domaines de sécurité divers. Elle crée les conditions pour un traitement unitaire et pour la comparabilité des risques divers.
- La méthodologie s'avère apte à l'application, il semble toutefois qu'elle peut nécessiter un volume de travail considérable selon l'étendue, la qualité et les données du système considéré.
- Il est vrai que certains domaines de sécurité, comme le trafic routier particulièrement, présentent de bonnes conditions préalables pour l'approche basée du risque (données sur les accidents, statistiques etc.). Cependant sa mise en œuvre et son application sont encore à l'état de commencement. Les instruments correspondants doivent tout d'abord être élaborés.
- Dans un autre groupe de domaines de sécurité, des nouvelles possibilités pour l'approche basée du risque sont démontrées, cela en particulier pour l'évaluation du risque pour le réseau et des risques de l'ensemble des ouvrages d'art existants.
- Pour le dimensionnement et l'entretien des ouvrages d'art, il y a une tradition de normes solidement ancrée et éprouvée, qui se base sur une approche orientée sur la sécurité. Celle-ci ne se fera pas remplacer pour le dimensionnement par l'approche orientée sur le risque à court terme. Cette dernière peut cependant compléter les analyses de la sécurité dans des cas et des problèmes particuliers, notamment pour la vérification des structures porteuses existantes.
- L'application de l'approche basée du risque peut être mise en œuvre seulement si les

bases légales sont réunies et si la pratique judiciaire accepte l'approche. Ces conditions devront encore être partiellement créées.

Finalement, parmi les mesures proposées dans les projets partiels, la commission d'accompagnement avec la direction du projet global recommande 12 points prioritaires à traiter (cf. partie 8.2). Parmi ceux-ci, la création d'une directive comme base juridique et méthodique pour l'application de l'approche basée du risque et de la méthodologie pour une appréciation comparative du risque, est jugée prioritaire.

Summary

The research package AGB1, *Safety of the road traffic systems and its civil engineering structures*, was initiated by the Working Group for Bridge Research (WGB) in the range of the research in the roads sector and financed by the Federal Roads Office (FEDRO). It provides a relevant contribution to the main research topic *Safety of roads and traffic* of the research strategy in the roads sector 2004 – 2007. This strategy comprises along with the focuses, the intention to boost the nature of the programme of the research amongst others by the creation of research packages to deal comprehensively with a topic with coordinated projects.

The aim of the research package AGB1 is to provide the basis for decision-making and methods for the attention of the road management administrations, which allow them to apply precisely and functionally restricted financial resources to accomplish the required safety standard across the entire road traffic system and to maintain it. This requires methods to evaluate risks of the different safety areas like traffic situation, natural hazards, hazardous incidents etc. and to make them comparable among each other and to determine efficient measures for risk mitigation.

The research package AGB1 deals with the methodology for risk evaluation and for optimisation of measures on the overall road system at the superordinate level and validates these approaches for the subarea of civil engineering structures. Furthermore it deals with the legal issues as a requirement for the application of the risk based approach. In the area of civil engineering structures a survey has been elaborated regarding the treatment of structural safety of existing civil engineering structures. A special field of research forms the analysis and classification for the safety of construction sites of civil engineering structures.

This summary report presents in a condensed form the most important results of the research package AGB1, *Safety of the road traffic systems and its civil engineering structures* which were elaborated in the sub-projects of the research package. It deals with the results of the sub-projects within a thematic structuring – state of knowledge and classification, methodology of the risk evaluation, legal aspects of a risk and efficiency based approach, safety of civil engineering structures.

In summary the following most important insights derive from the research package AGB1:

- The methodology for the comparative risk assessment proposed in AGB1 is based on the practice employed so far and is suitable for the application in the different safety areas. It allows for a consistent treatment and for the comparability of miscellaneous risks.
- The methodology emerges as applicable, however when applied may lead to a considerable expenditure depending on there complexity, quality and database of the examined system.
- In certain safety areas like traffic situation used as an example good prerequisites exist indeed for the risk based approach (accident data, statistics etc.). Its implementation and application however is still at the beginning. Corresponding tools would have to be established yet.
- In a further group of safety areas AGB1 provides new options for the risk based approach, this particularly for the evaluation of the net risk and the risks of the asset of civil engineering structures.
- In design and conservation of civil engineering structures there is a profoundly fixed and established tradition of standards based on a safety oriented approach. In the foreseeable future today's dimensioning procedures will not be replaced by a risk based approach. The latter however may add to the traditional safety analyses in special cases and challenges, particularly for the examination of existing structures.
- The risk based approach may only be implemented into practice, if the legal prerequisites exist and the legal practice accepts the approach. Partly these prerequisites have to be created yet.

Among the proposed measures in the sub-projects (see chapter 8.2) the steering committee

and the project management recommend 12 points to cover with priority among which the establishment of a directive for the application of the risk based approach and the methodology of the comparative risk assessment for the legal and methodical safety is judged as high-priority.

1 Einleitung

1.1 Anlass

Die Strassenverwaltungen haben für sichere Strassen zu sorgen. Dafür müssen sie laufend Entscheide fällen, um die richtigen Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit zu ergreifen. Häufig sind es spezielle Ereignisse, wie eine Brandkatastrophe in einem Tunnel, der Durchschlag einer Steinschlaggalerie durch einen Felsbrocken usw., welche den Anlass für zusätzliche Sicherheitsmassnahmen bilden. Durch die Grösse und Ausdehnung des Strassennetzes führen solche Massnahmen meist zu beträchtlichen Investitionen. Dabei ist nicht auszuschliessen, dass weniger aufwändige Massnahmen zur Schliessung anderer Sicherheitslücken mehr Menschenleben retten und Schaden vermeiden könnten. Bei Sicherheitslücken bestehen Risiken, welche das tolerierbare Mass übersteigen. Eine objektive Entscheidungsgrundlage zum Ergreifen der richtigen Massnahmen könnte somit die Kenntnis der bestehenden Risiken und der risikomindernden Wirkung von verschiedenen Massnahmenoptionen bilden.

Dieser risikobasierte Ansatz führt zu einem bewussteren und transparenteren Umgang mit der Sicherheit. Er findet deshalb in vielen Bereichen mit ausgeprägten Sicherheitsanforderungen zunehmend Anwendung. Teilweise ergänzt er den traditionellen sicherheitsbasierten Ansatz oder ergänzt ihn, teilweise befindet er sich im Aufbau.

Gewisse methodische Grundsätze der Risikobeurteilung sind bereits heute allgemein anerkannt, werden in Normen (z.B. ISO 31000) festgeschrieben und finden breite Anwendung in der Praxis. Dies verhindert jedoch nicht, dass Risiken je nach Fach- und Anwendungsbezug, Art der Gefahren, Eigenschaften des gefährdeten Systems usw. unterschiedliche Ausprägungen in Bezug auf Bewertungsart, Risikomass, Schadenkategorien, Schutzziele, Akzeptanzkriterien, Unschärfen usw. aufweisen. Der Vergleich des Risikoniveaus von unterschiedlichen Bereichen wird dadurch erschwert oder sogar unmöglich.

Die Sicherheit des Verkehrssystems Strasse wird durch sehr unterschiedliche Einflüsse und Komponenten bestimmt. Entsprechend vielfältig und unterschiedlich sind die Risiken: Verkehrsunfälle, Lawinnenniedergänge, Steinschläge, Hochwasser, Brückeneinstürze, Sabotageakte usw. Diese verschiedenartigen Risiken sollten untereinander verglichen werden können, um anschliessend mit Massnahmen dort anzusetzen, wo es am notwendigsten und wirksamsten ist. Die Erreichung dieser Vergleichbarkeit ist das Hauptziel des Forschungspakets AGB1.

Das Forschungspaket AGB1 wurde von der Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB) initiiert. Bei Brücken und Kunstbauten besteht eine lange Tradition und gut eingeführte Praxis in der Behandlung der Sicherheit. Sie beruht auf einem sicherheitsbasierten Ansatz, in welchem Risikobetrachtungen bei der Festsetzung der Grenzzustände eine gewisse Rolle spielen aber nicht direkt in die Sicherheitsnachweise einfließen. Der risikobasierte Ansatz wurde erst für einzelne Anwendungsbereiche in neuen Fachnormen eingeführt und erweist sich bisher als schwierig in der Anwendung. Die AGB erkannte jedoch hier die Chance, Transparenz und Vergleichbarkeit über den risikobasierten Ansatz zu erreichen.

Die Strategie für die Forschung im Strassenwesen vom Mai 2004 legt die Strassen- und Verkehrssicherheit als Forschungsschwerpunkt mit hohem Stellenwert fest. Die Forschung soll sich vermehrt operativ ausrichten und dazu beitragen, die Sicherheit im umfassenden Sinn zu erhöhen. Diese Strategie bildet Basis und Vorgabe für das Forschungspaket AGB1 ‚Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten‘, das von der Arbeitsgruppe Brückenforschung initiiert wurde und unter ihrer Federführung umgesetzt wird.

1.2 Kontext

Das Forschungspaket AGB1 steht in einem breiten Kontext, insbesondere durch die vielen Aktivitäten zum Thema Risikomanagement, die in Verwaltungen und Organisationen gleichzeitig laufen, bereits gelaufen sind oder vorbereitet werden. Die Berücksichtigung dieser Bemühungen und möglichst weitgehende gegenseitige Abstimmung wurde als erfolgswichtig erachtet und durch Vertretungen in der Begleitkommission und organisierten In-

formationsaustausch gefördert. Folgende Aktivitäten des Umfelds wurden besonders berücksichtigt:

Risikomanagement beim Bund

2004 wurden vom Eidgenössischen Finanzdepartement Grundlagen für das Risikomanagement beim Bund erarbeitet. Ziel der neuen Risikopolitik des Bundes ist insbesondere die Erhöhung der Effizienz in der Aufgabenerfüllung der Departemente und Verwaltungseinheiten. Die Risiken des Verkehrssystems Nationalstrassen können einen nicht vernachlässigbaren Anteil an den Risiken des Bundes beitragen. Der Kontakt zu den massgebenden Stellen wurde über das Departement UVEK sichergestellt.

Risikomanagement im Bundesamt für Strassen ASTRA

Im ASTRA wurde Anfang 2008 das Projekt ERMA (Einführung Risikomanagement im ASTRA) gestartet. Es geht dabei um das Management der Risiken in der Organisation des ASTRA. Die Risiken des Verkehrssystems Nationalstrassen bilden eine Teilmenge dieser Risiken. Um für deren Behandlung anwendbar zu sein, müssen die Methoden von AGB1 die Anforderungen der Praxis tauglichkeit erfüllen. Die Abstimmung der beiden Projekte wurde durch gegenseitige Vertretungen in den Projektorganisationen ermöglicht.

Naturgefahren - PLANAT

Im Bereich der Naturgefahren ist der risikobasierte Ansatz seit langem etabliert, wobei sich in den verschiedenen Kantonen und Bundesämtern unterschiedliche Methoden einspielen und eine Gesamtübersicht erschweren.

1997 wurde deshalb vom Bundesrat die Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT) ins Leben gerufen. PLANAT setzt sich auf der strategischen Ebene dafür ein, dass die Vorbeugung gegen Naturgefahren in der ganzen Schweiz verbessert wird. Ziel der ausserparlamentarischen Kommission ist ein Paradigmenwechsel von der reinen Gefahrenabwehr zu einer Risikokultur. Die PLANAT besteht aus zwanzig Fachleuten aus allen Landesteilen, die vom Bundesrat für die Dauer von vier Jahren ernannt werden. Fachstellen des Bundes und der Kantone sind in der PLANAT ebenso vertreten wie die Forschung, Berufsverbände, die Wirtschaft und die Versicherungen.

Unter der Ägide von PLANAT läuft ein umfangreiches Forschungsprogramm. Nach einer Bestandaufnahme und der Formulierung einer Risikostrategie für Naturgefahren wurde in einer zweiten Etappe ein detailliertes Risikokonzept erarbeitet. Die Bemühungen von PLANAT gehen in eine ähnliche Richtung wie AGB1. Insbesondere geht es auch hier u.a. um die Vergleichbarkeit von verschiedenartigen Risiken und um geeignete Methoden zur Risikobeurteilung. Eine Koordination und Abstimmung zwischen den beiden Organisationen drängte sich deshalb auf und wurde frühzeitig durch organisatorische Massnahmen sichergestellt.

Naturgefahren Nationalstrassen

2007 wurde im ASTRA das Projekt ‚Naturgefahren Nationalstrassen‘ mit zahlreichen Teilprojekten initiiert. In einem dieser Teilprojekte werden die in PLANAT entwickelten Methoden zur Risikobeurteilung von Naturgefahren (RIKO) auf den Bereich Strassen, insbesondere Nationalstrassen konkretisiert. Auch mit diesem Projekt wurde die Koordination durch gegenseitige Vertretungen und Absprachen sichergestellt. Konkret wurde das Zusammenspiel auch im Teilprojekt ‚Testregion‘ von AGB1 getestet.

Bevölkerungsschutz / Katarisk

Der Bevölkerungsschutz wird vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) koordiniert. Er ist ein Verbundsystem für Führung, Schutz, Rettung und Hilfe. Er stellt die Zusammenarbeit der fünf Partnerorganisationen Polizei, Feuerwehr, Gesundheitswesen, technische Betriebe und Zivilschutz sicher. Zuständig sind grundsätzlich die Kantone, die den Bevölkerungsschutz in Zusammenarbeit mit den Gemeinden und Regionen nach den jeweiligen Bedürfnissen gestalten. Zusätzlich hat auch der Bund gemäss Bevölkerungs- und Zivilschutzgesetz (BZG) bestimmte Aufgaben zu erfüllen.

Im Rahmen des Bevölkerungsschutzes wurde das Projekt ‚Katarisk‘ durchgeführt. Darin werden verschiedene Gefährdungen (Naturgefahren, technische Gefahren und gesellschaftliche Entwicklungen, die das Potential für Katastrophen und Notlagen aufweisen) nach einer einheitlichen Methode analysiert, bewertet und einander gegenübergestellt. Das untersuchte

Gefahrenspektrum umfasst Naturgefahren, technische Gefahren und gesellschaftliche Entwicklungen, die das Potential für Katastrophen und Notlagen aufweisen. Nicht betrachtet wurden machtpolitische (Terrorismus, Krieg), wirtschaftliche und ökologische Gefahren. Der Kontakt zu Katarisk wurde über das BABS sichergestellt.

Association mondiale de la route (AIPCR)

Der Weltstrassenverband (AIPCR / PIARC) ist eine hundertjährige apolitische und nicht gewinnorientierte Vereinigung mit folgendem Auftrag:

- Organisation von internationalen Foren
- Verbreitung der bewährten Methoden (best practice)
- Entwicklung und Förderung von Instrumenten der Entscheidungshilfe für den Strassen-sektor
- Berücksichtigung der Bedürfnisse den Entwicklungs- und Schwellenländer

Für die jeweilige 4-Jahresperiode zwischen 2 Weltkongressen legt der AIPCR einen strategischen Plan fest. Die Themen für die Periode 2008-2011 sind:

- Dauerhaftigkeit der Strassentransportnetze
- Verbesserung der Dienstleistungen
- Sicherheit der Strassennetze
 - o Sicherere Infrastrukturen
 - o Sicherer Betrieb des Strassennetzes
 - o Risikomanagement
 - o Betrieb der Strassentunnel
- Qualität der Strasseninfrastruktur

Der PIARC befasst sich seit 1991 mit den Naturgefahren und seit 2001 mit den dem Management der Risiken des Verkehrssystems Strasse. Die liste der publizierten Berichte kann unter www.piarc.org konsultiert werden.

2 Das Forschungspaket AGB1

2.1 Forschungsziele

2.1.1 Rahmenziel

Bereitstellen von Entscheidungsgrundlagen und Methoden für den zielgerichteten und zweckmässigen Einsatz begrenzter finanzieller Mittel zur Erreichung und Erhaltung des erforderlichen Sicherheitsstandards über das gesamte Verkehrssystem Strasse.

Die gesuchte Methode soll es ermöglichen, die unterschiedlichen Risiken einheitlich und quantitativ vergleichbar zu bewerten, und mit Risikogrenzen (Schutzzielen) zu vergleichen. Um den richtigen Investitionsentscheid zu fällen, muss die Wirksamkeit möglicher Massnahmen zur Risikosenkung und deren Kosten bestimmt werden können.

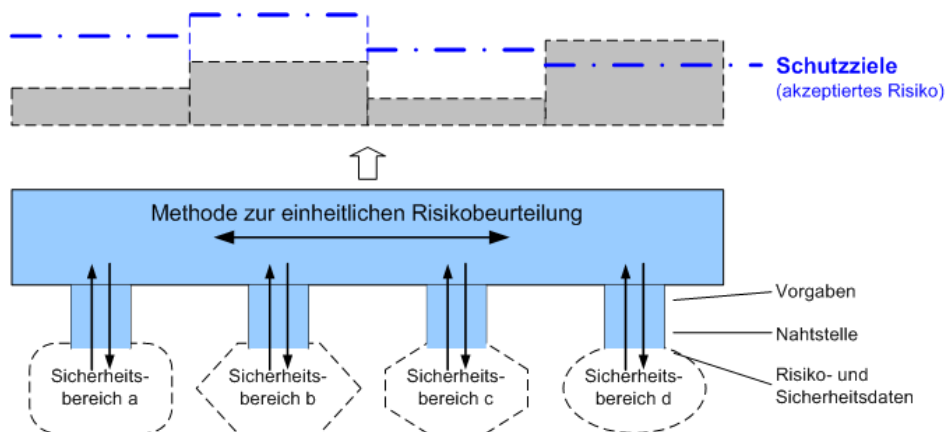


Abbildung 1: Vergleichende Risikobeurteilung

2.1.2 Teilziele Verkehrssystem Strasse

Um das Rahmenziel zu erreichen, müssen für das Gesamtsystem die folgenden Grundlagen und Voraussetzungen aufbereitet sein, die als Teilziele für das Gesamtsystem Strasse festgelegt werden:

a) Sicherheitsbeurteilung

Entwicklung einer Methode zur einheitlichen Sicherheitsbeurteilung des Verkehrssystems Strasse

Die Sicherheit wird heute für verschiedene Risiken unterschiedlich definiert und bewertet. Dadurch sind die verschiedenen Sicherheiten nicht vergleichbar und die Gesamtsicherheit des Systems oder eines Netzteils kann nicht bestimmt und beurteilt werden. Die zu entwickelnde Methode sollte die verschiedenen Sicherheiten, wie Standsicherheit von Kunstbauten gegen verschiedene Einwirkungen, die Sicherheit gegen Steinschlag auf offener Strecke, die Sicherheit des Verkehrsgeschehens usw. vergleichbar machen.

b) Netzsicherheit

Entwicklung einer Methode zur Bestimmung der Netzsicherheit

Bei Hindernissen auf einzelnen Verkehrsachsen oder deren Ausfall ergeben sich Netzstörungen mit entsprechenden Auswirkungen auf Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit und Betriebssicherheit des Gesamtsystems, je nach Netzgestaltung, bestehenden Redundanzen usw. Diese Netzeigenschaften bilden einen wichtigen Aspekt der Sicherheit des Verkehrssystems Strasse. Massnahmen in diesem Bereich können die Systemsicherheit stark beeinflussen.

c) Sicherheitsstandards

Festlegen des zu erreichenden Sicherheitsstandards

Für gewisse Bereiche (z.B. Tragsicherheit von Neubauten) bestehen eindeutige Normvorschriften bezüglich verlangtem Sicherheitsstandard. In anderen Bereichen bestehen diese Vorgaben nicht (bestehende Bauwerke, Unfall, Steinschlag, Brand, usw.). Einzelne Ereignisse führen zu Überreaktionen und flächendeckenden, teuren Aktionen zur Erhöhung der Standards anstelle von gezielten Massnahmen aufgrund ausgewogener Schutzziele. Es sind Kriterien zur Festlegung des verlangten Sicherheitsstandards zu entwickeln, wie akzeptierte Risiken usw. und diese zu kalibrieren.

d) Prognose der zukünftige Entwicklung

Prognose der zukünftige Entwicklung der Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und Ableiten von Massnahmen

Die Prognose beinhaltet die vorausschauende Analyse der Entwicklung der Gefahren, der Entstehung neuer Gefahren, der Entwicklung des Widerstandes durch Alterung und ausbleibende Erhaltungsmassnahmen, der Entwicklung des Verkehrsgeschehens usw. sowie die Entwicklung von Szenarien mit möglichen Handlungsvarianten.

2.1.3 Teilziele Kunstbauten

Die Forschung im Teilsystem der Kunstbauten soll die Sicherheitsfragen, welche für das Rahmenziel relevant sind, in fachlicher und technischer Hinsicht vertieft untersuchen. Die Teilziele für das Teilsystem Kunstbauten werden deshalb wie folgt festgelegt.

a) Schliessen von Wissenslücken

Schliessen von Wissenslücken in speziellen Sicherheitsfragen

Es sollen Wissenslücken geschlossen werden, welche das Erreichen des Hauptziels von AGB1 einschränken. Die Themen, die im Rahmen des Forschungspaketes behandelt werden sollen, sind die Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten und die Sicherheit bei Baustellen.

b) Umsetzung

Umsetzung / Vertiefung der Methodik Gesamtsystem auf Kunstbauten

Die für das Gesamtsystem Strasse entwickelten Methoden zur vergleichenden Risikobeurteilung und Festlegung von Sicherheitsstandards sollen für das Teilsystem Kunstbauten überprüft, vertieft und konkretisiert werden.

2.1.4 Projektziele

Die Rahmen- und Teilziele bilden die Vorgabe für die Formulierung der detaillierten Projektziele der einzelnen Teilprojekte des Forschungspaketes (s. Abschnitt 2.3).

2.2 Systemabgrenzung

Betrachtungsgegenstand des Forschungspakets AGB1 sind die übergeordneten Sicherheitsanforderungen für das Gesamtsystem, die Sicherheitsaspekte des Verkehrs und der Verkehrsteilnehmer. Die Teilsysteme Trassen, Tunnel usw. werden als Bestandteile des Gesamtsystems in die Betrachtung einbezogen. Vertiefende Arbeiten werden für das Teilsystem Kunstbauten durchgeführt.

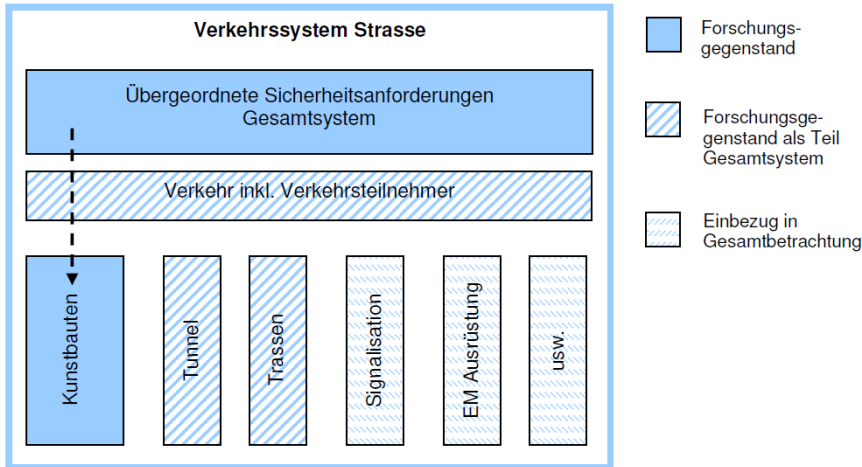


Abbildung 2: Abgrenzung AGB1

Das Betrachtungsfeld wird auch definiert und abgegrenzt durch die Prozesse (Abbildung 3). In die Betrachtung einbezogen wird die ganze Prozesskette auf der horizontalen Achse des Infrastrukturmanagements. Auf der vertikalen Achse der Prozesskette Risikomanagement wird das Massnahmenmanagement höchstens am Rande behandelt.

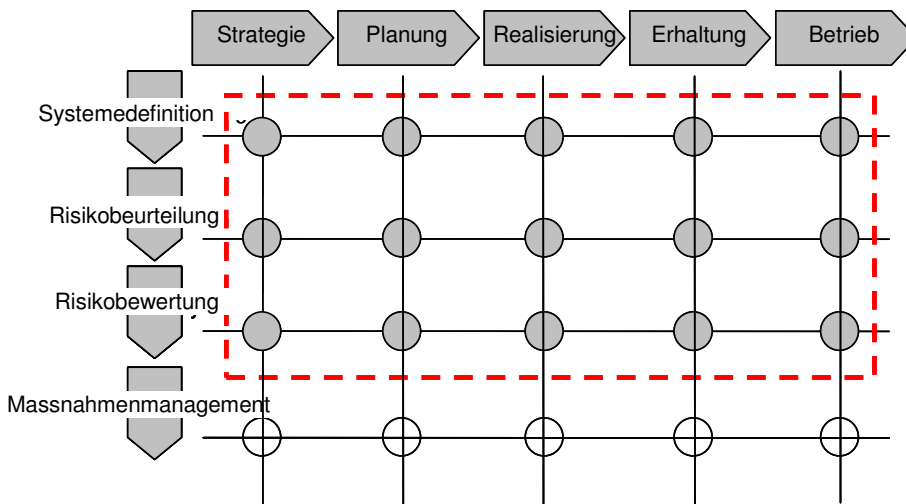


Abbildung 3: Abgrenzung Prozesse

2.3 Übersicht über die Teilprojekte

Das Forschungspaket wurde in 11 Teilprojekte gegliedert. Für jedes dieser Teilprojekte wurde ein eigenes Forschungsteam im Einladungsverfahren ausgewählt und beauftragt. Für jedes dieser Teilprojekte (ausser die Voranalyse) besteht ein eigener Forschungsbericht. In Tabelle 1 sind die charakteristischen Angaben der Teilprojekte aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht über die Teilprojekte AGB1

Projekt Nr.	Kurz-bez.	Projekttitel	Forschungsstelle	Bericht Nr.
Voranalyse				
AGB 2005/101	-	Voranalyse	Emch+Berger AG Bern	(intern)
Gesamtsystem				
AGB 2005/102	TP 102	Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	ETH Zürich (IBK), Ernst Basler + Partner AG, Risk & Safety AG	618
AGB 2005/103	TP 103	Ermittlung des Netzrisikos	Ernst Basler + Partner AG, ETH Zürich (IBK)	619
AGB 2005/104	TP 104	Effektivität und Effizienz von Massnahmen	Amstein + Walthert AG, Infrastructure Management Consultants IMC	620
AGB 2005/105	TP 105	Szenarien der Gefahrenentwicklung	Basler & Hofmann AG, ETH Zürich (IBK), Hoj Consulting	621
AGB 2005/106	TP 106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	Kellerhals Anwälte	622
Teilsystem Kunstbauten				
AGB 2005/107	TP 107	Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	Diggelmann + Partner AG, Synaxis, Jauslin Stebler Ing. AG, ETH Zürich (IBK), Hoj Consulting	623
AGB 2005/108	TP 108	Risikobeurteilung für Kunstbauten	Ernst Basler + Partner AG, EPF Lausanne (ICOM), TBA Kt. Zürich, Risk & Safety AG	624
AGB 2005/109	TP 109	Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	Amstein + Walthert AG, Infrastructure Management Consultants IMC	625
AGB 2005/110	TP 110	Baustellensicherheit bei Kunstbauten	Diggelmann + Partner AG, Synaxis, Jauslin Stebler Ing. AG, ETH Zürich (IBK), Hoj Consulting	626

Projekt Nr.	Kurz- bez.	Projekttitle	Forschungsstelle	Bericht Nr.
Validierung				
AGB 2007/201 AGB 2008/201	-	Testregion Risikomethoden	Emch+Berger AG Bern	632
Gesamtprojektleitung				
AGB 2005/100	-		Emch+Berger AG Bern	-

2.4 Ziele der Teilprojekte

In Tabelle 2 sind die auf die Rahmen- und Teilziele abgestimmten Projektziele der Teilprojekte aufgeführt.

Tabelle 2: *Ziele Teilprojekte*

Projekt-Nr.	Titel Teilprojekt	Projektziel Teilprojekt
Gesamtsystem		
AGB 2005/102	Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	Entwicklung einer Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung für das Verkehrssystem Strasse.
AGB 2005/103	Ermittlung des Netzrisikos	Vorschlagen einer Methode zur Bestimmung und Bewertung der Auswirkungen von Einflüssen, von Einschränkungen der Streckenverfügbarkeit und von Massnahmen am Strassennetz auf die Sicherheit des Verkehrssystems Strasse.
AGB 2005/104	Effektivität und Effizienz von Massnahmen	Erarbeiten der Grundlagen und einer einheitlichen Methodik zur Festlegung und Bewertung von Massnahmen und Massnahmenpaketen zur Behebung von Sicherheitsdefiziten in Bezug auf ihre Effektivität und Effizienz.
AGB 2005/105	Szenarien der Gefahrenentwicklung	Darstellen möglicher Szenarien der Gefahrenentwicklung und ihrer Auswirkungen auf das System Strasse sowie Aufzeigen der Handlungsoptionen und der zukünftigen Sicherheitsprioritäten.
AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	Erarbeiten von Grundlagen und konkreten Vorschlägen für die rechtliche Verankerung eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts im Bereich des Verkehrssystems Strasse.

Projekt-Nr.	Titel Teilprojekt	Projektziel Teilprojekt
Teilsystem Kunstbauten		
AGB 2005/107	Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	<p>Review der heutigen Praxis zur Gewährleistung der Sicherheit der Kunstbauten und der übrigen Tragwerke bei deren Planung, Ausführung und Erhaltung. Von Bedeutung ist insbesondere die Handhabung neuer Randbedingungen bei bestehenden Tragwerken.</p> <p>Hinweise zur Gewährleistung eines ausreichenden Tragwiderstands aller sicherheitsrelevanten bestehenden Tragwerke und Tragwerksteile aufgrund einer fundierten Analyse. Neben den Kunstbauten sind auch z.B. Signalportale, Steinschlagnetze (insbesondere Überwachung und Unterhalt) und die Befestigung von Ausrüstungen einzubeziehen.</p> <p>Feststellen von Mängeln und Lücken; Identifikation von Tragwerksarten und Generationen von Bauwerken, die aus heutiger Sicht Sicherheitsdefizite aufweisen.</p>
AGB 2005/108	Risikobeurteilung für Kunstbauten	Konkretisierung und Validierung der Methode zur vergleichenden Risikobeurteilung für das Verkehrssystem Strasse im Teilsystem Kunstbauten.
AGB 2005/109	Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	Konkretisierung und Validierung der Methodik zur Festlegung und Bewertung von Massnahmen und Massnahmenpaketen in Bezug auf ihre Effektivität und Effizienz für das Teilsystem Kunstbauten.
AGB 2005/110	Baustellensicherheit bei Kunstbauten	Systematische Erfassung, Überprüfung und Darstellung der geeigneten Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer, des Baustellenpersonals, der Baustelleneinrichtungen und des Umfeldes bei Kunstbautenbaustellen für die relevanten Gefahrenszenarien.
Validierung		
AGB 2007/201 AGB 2008/201	Testregion Risikomethoden	Testen der verschiedenen Methoden der Risikobeurteilung und ihr Zusammenwirken in der praktischen Anwendung. Insbesondere soll eine vergleichende Beurteilung der Risiken aus verschiedenen Sicherheitsbereichen praktisch durchgeführt werden.

2.5 Methodik der Forschungsarbeit

Für das Forschungspaket wurde von der Projektleitung ein PQM (Projektbezogenes Qualitätsmanagement) in vereinfachter Form angewendet. Der Q-Lenkungsplan legte u.a. die folgenden Q-Schwerpunkte fest:

- Erfüllen des Forschungsziels gemäss Pflichtenheft
- Klare Systemabgrenzung
- Berücksichtigung gesetzlicher Vorschriften und bestehender Normenwerke
- Grundlage für die Praxisanwendung
- Gesamtschau und Vollständigkeit der Analyse
- Einhalten der Projektmeilensteine
- Geprüfte Ergebnisse

Zur Steuerung des Forschungspakets wurde mit einem Phasenkonzept gearbeitet (Abbildung 4). Jedes Teilprojekt hatte die 6 Standardphasen zu durchlaufen. Nach jeder Phase wurde das Ergebnis zusammen mit dem Begleitausschuss und der Projektleitung revidiert. Dabei wurden neben der inhaltlichen Diskussion und Überprüfung die Erfüllung der im Pflichtenheft gesetzten Projektziele und der Q-Schwerpunkte gecheckt. Anschliessend erfolgte die Bereinigung der Phaseergebnisse, bevor die nächste Phase freigegeben wurde.

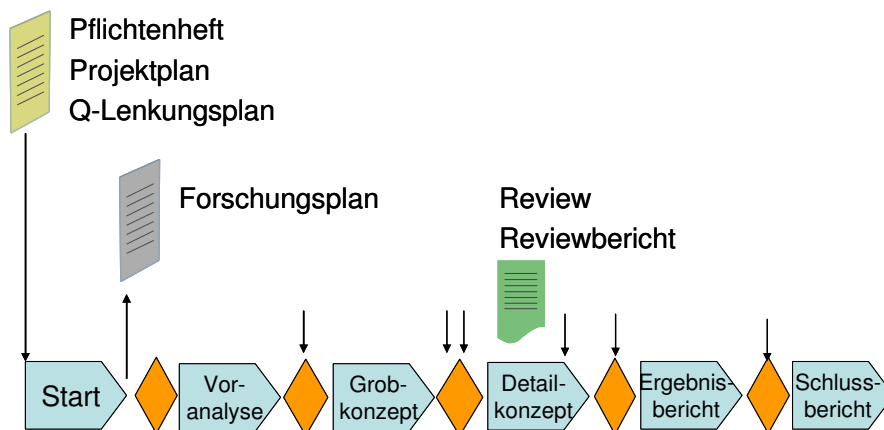


Abbildung 4: Phasenstruktur

2.6 Ablauf des Forschungspakets

Für die Abwicklung wurde das Forschungspaket in zwei zeitlich gestaffelte Teilpakete gegliedert. Der Grobterminplan ist in Abbildung 5 dargestellt.

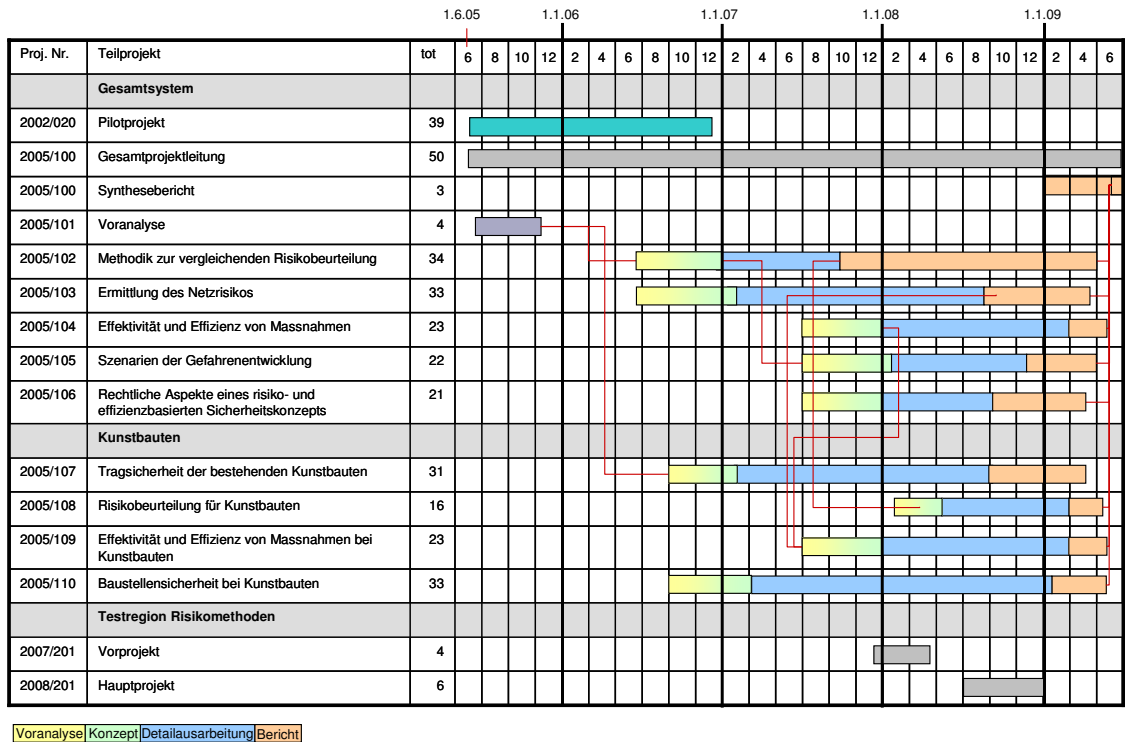


Abbildung 5: Grobterminplan AGB1

3 Wissensstand und Systematik

Wissensstand und Systematik für die Analysen im Rahmen des Forschungspakets wurden in der Voranalyse erfasst und behandelt. Sie enthält das Ergebnis einer ausgedehnten Recherche vorhandener Literatur, bestehender Methoden für die Sicherheits- und Risikonachweise, durchgeführter und laufender Forschungsarbeiten und laufender Projekte zum Thema des Forschungspakets AGB1.

Für die Erfassung der Rechercheergebnisse und die Positionierung der mannigfaltigen Themen und Probleme wurde eine Risikomatrix verwendet. Die Matrix weist die Dimensionen Gefährdungsfeld und Objektgruppe auf. Die detaillierte Risikomatrix mit der Aufgliederung der Gefährdungsfelder und der Objektgruppen befindet sich im Anhang (9.1.1).

		Objektgruppe			
		1	2	3	4
Gefährdungsfeld		Verkehrssystem Strasse	Betroffene	Umwelt	Gesellschaft
A	Klima	Umwelt	Verkehrsunfälle		
B	Naturgefahren	Naturgefahren			
C	Störfälle	Störfälle			
D	Lasteinwirkungen	Lasteinwirkungen und sekundäre Einwirkungen			
E	Zustand Bauwerk				
F	Bau- und Erhaltungsmängel	Betrieb und Unterhalt Strassen und Infrastruktur		Umfeld	Sicherheitskosten
G	Betrieb Infrastruktur		Folgeeinflüsse		
H	Verkehrsgeschehen	Verkehrsgeschehen	Verkehrsunfälle		
I	Human Factors				
J	Fahrzeuge				
K	Beschaffenheit Infrastruktur		Beschaffenheit Infrastruktur		

Jeder Kreuzungspunkt einer Gefährdung mit einem Objekt bildet ein Risikofeld. Dieses stellt eine theoretisch mögliche Gefährdungssituation dar. Nach logischen Gesichtspunkten zusammengefasste Risikofelder werden als Sicherheitsbereiche (z.B. Naturgefahren, Störfälle usw.) bezeichnet.

Abbildung 6: Risikomatrix (Grobansicht) mit Sicherheitsbereichen

Sämtliche Rechercheergebnisse wurden in einer, gemäss der Risikomatrix strukturierten Datenbank erfasst. In dieser Datenbank sind auch die ergänzenden Recherchen aus den Teilprojekten von AGB1 abgelegt.

Es konnten über 40 verschiedene Methoden identifiziert werden, welche zur Behandlung von Sicherheitsproblemen eingesetzt werden. Risikoorientierte Methoden sind in der Minderzahl. Die Methoden unterscheiden sich auch in Bezug auf die Verbindlichkeit. Es gibt Sicherheitsbereiche mit genau definierten und etablierten Methoden zur Risikobewertung oder Sicherheitsbeurteilung, so für den Tragwiderstand von Kunstbauten gegen Lasteinwirkungen. Diese Verfahren sind in Normen, Richtlinien und Merkblättern verbindlich dokumentiert und entsprechen den anerkannten Regeln der Baukunde („best practice“). Für Störfallanalysen ist die Methode sogar gesetzlich vorgeschrieben.

Am gegenüberliegenden Rand der Verbindlichkeitspalette liegen Methoden, die von einzelnen Stellen zur Beurteilung und Behandlung von Gefährdungen eingesetzt und den eigenen, spezifischen Bedürfnissen angepasst werden. Beispiele dafür sind die Gefahrenkarten oder die Korridorplanung, für welche sich in verschiedenen Kantonen eine Methodik zur Risikobestimmung einer Strecke herausgebildet hat.

Die Forschungstätigkeit zum Thema Risiken ist intensiv. Meist sind es spezifische Fragestellungen, die erforscht werden, so Bestandesaufnahmen von Naturkatastrophen (Katanos), Untersuchungen zur Verkehrssicherheit mittels Unfallstatistiken, Auswirkungen von ‚in-vehicle‘ Informationssystemen, Risiken aus Naturgefahren u.a.m. Gerade bei diesen verfolgt PLANAT einen ähnlichen Ansatz wie AGB1 (s. auch Abschnitt 1.2). Zum Thema Kostenwirksamkeit existieren verschiedene Arbeiten, die als Grundlage für diesem Punkt in AGB1 dienen können.

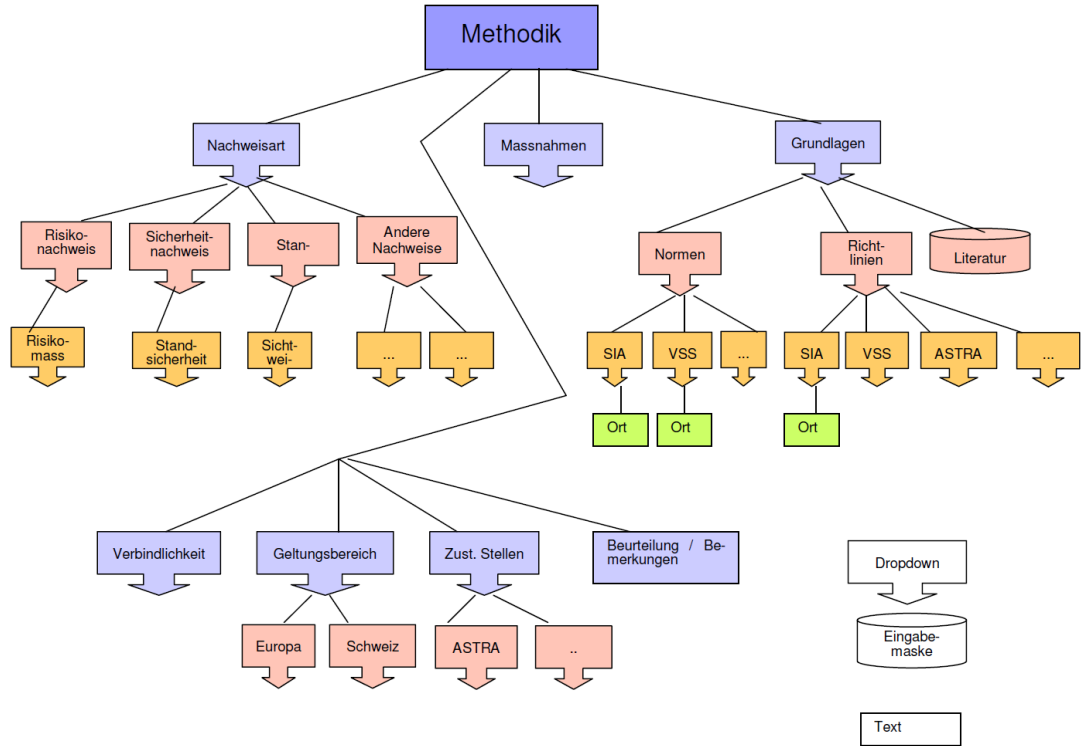


Abbildung 7: Datenmodell Methodik

4 Methodik der Risikobeurteilung

4.1 Vergleichende Risikobeurteilung

Die Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung wurden im Teilprojekt 102 behandelt (s. Bericht [2]).

Methodischer Aufbau

Zentrales Element der zur vergleichenden Risikobeurteilung ist der vorgeschlagene methodische Aufbau (s. Abbildung 8).

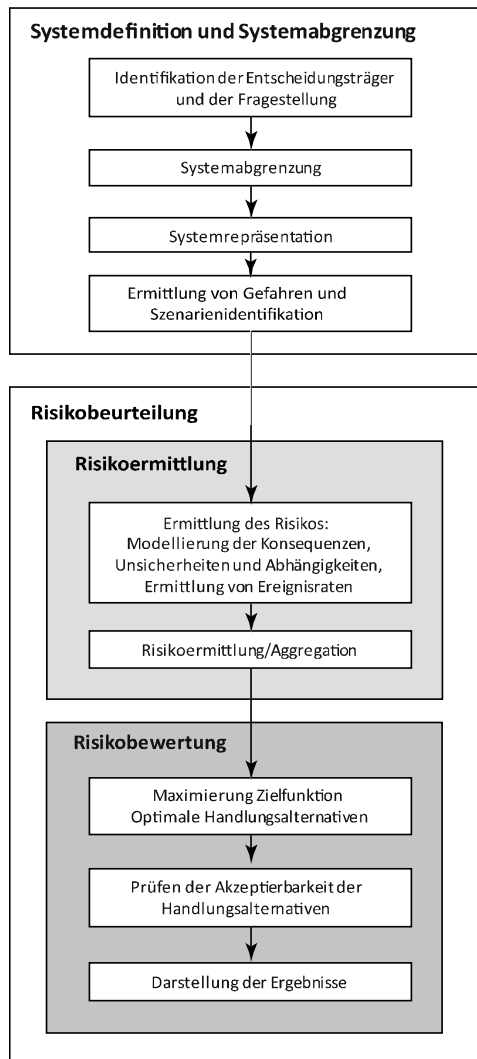


Abbildung 8: *Methodischer Aufbau*

Systemdefinition und Risikoermittlung

Mit der Systemdefinition wird die Fragestellung mit allen Abgrenzungen und relevanten Rahmenbedingungen präzisiert und damit die wesentlichen Leitplanken der Risikobeurteilung, wie beispielsweise die Betrachtungsebene (Objektebene, strategische Ebene) und die Betrachtungstiefe definiert. Dieser Schritt muss daher in Abstimmung mit dem Entscheidungsträger erfolgen. Die Kenntnis der Systemstruktur und der Funktionsweise des Systems bildet eine Basis für die Analyse und Bewertung der Risiken sowie für die Bewertung der Effizienz der Massnahmen. Die Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen Teilnetz, Strassenabschnitt, Objekt und Objektkomponenten einerseits und zwischen den Gefahren, Systemelementen und Konsequenzen andererseits müssen möglichst vollständig abgebildet

Die Methodik besteht aus den drei Hauptbestandteilen

- Systemdefinition und Systemabgrenzung
- Risikoermittlung
- Risikobewertung

Die Systemdefinition und -abgrenzung bildet das Fundament der Risikobeurteilung. Sie bildet auch die Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von verschiedenartigen Risiken. Ihr wird in der Methodik grosses Gewicht beigemessen.

In der Risikoermittlung werden die Gefahren identifiziert, die Konsequenzen modelliert und die Risiken mit ihren Unsicherheiten (Unschärfen) qualitativ oder quantitativ ermittelt und aggregiert.

Die Risikobewertung beinhaltet die Evaluation und Optimierung von Handlungsoptionen zur Erreichung eines akzeptierbaren Risikomasses unter Einhaltung der vorgegebenen Rahmenbedingungen. Diese Optimierung erfolgt anhand der sogenannte Zielfunktion.

werden. Dies ist notwendig, um Abhängigkeiten in den Ausfallszenarien, wie verstärkende oder verminderte Wirkungen von gemeinsamen Einflussfaktoren, beurteilen zu können.

Es werden direkte und indirekte Konsequenzen unterschieden. Direkte Konsequenzen folgen in der Ursachenkette direkt auf die verursachende Einwirkung. Indirekte Konsequenzen ergeben sich in der in der Ursachenkette erst nachfolgend.

Der Erwartungswert der direkten Konsequenzen in einem System wird als Verletzbarkeit bezeichnet. Die Robustheit des Systems bestimmt sich aus dem Verhältnis der direkten zu den gesamten (direkten und indirekten) Konsequenzen (Robustheitsindex). Sie entspricht der Fähigkeit eines betrachteten Systems, einen durch ein Gefährdungsbild hervorgerufenen Schadenszustand zu ertragen und die Auswirkungen auf direkte Konsequenzen zu begrenzen.

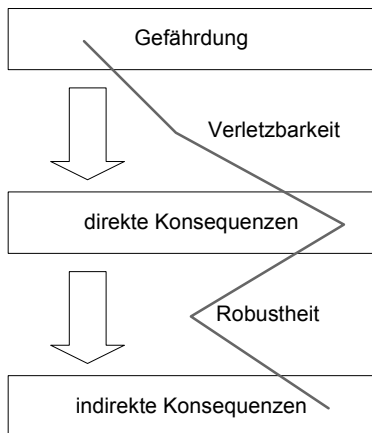


Abbildung 9: Systemzusammenhänge von Gefährdungen und direkten und indirekten Konsequenzen (Szenario).

Es sind verschiedene Typen von Konsequenzen zu unterscheiden und im konkreten Fall zu definieren, d.h. Konsequenzen auf das menschliche Leben, auf die Umwelt oder die Wirtschaft usw. Im Regelfall wird die Analyse auf die sog. ereignisinduzierten Konsequenzen begrenzt, d.h. auf Konsequenzen, die direkt mit dem Ereignis im Zusammenhang stehen. Darunter fallen sowohl direkte wie auch indirekte Konsequenzen.

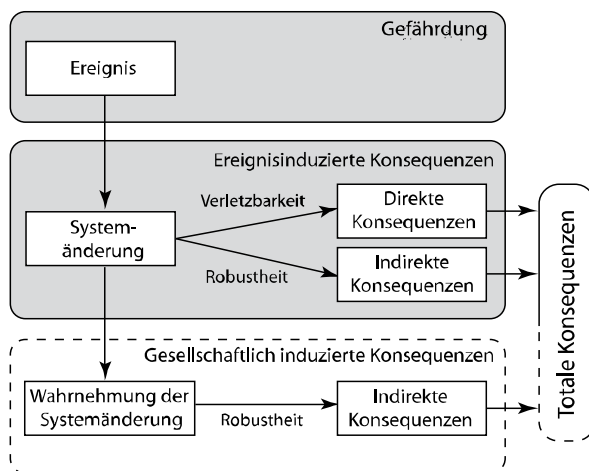


Abbildung 10: Ermittlung der totalen Konsequenzen.

Zur Erfassung der Gesamtheit aller Konsequenzen gehören zusätzlich die gesellschaftlich induzierten Konsequenzen, beispielsweise die Wirkung eines Grossereignisses auf die Wahrnehmung und das Verhalten der Gesellschaft. Im Weiteren sind Konsequenzen nach ihrem Träger zu unterscheiden, z.B. Eigentümer der Strasse, Benützer oder Gesellschaft.

In der Systemdefinition ist zudem festlegen, wie mit Unsicherheiten (Unschärfen) umzugehen ist. Dies ganz besonders wenn verschiedenartige Risiken aggregiert und verglichen werden sollen. Jede Einschätzung von Eintretensraten und Konsequenzen ist mit Unsicherheit verbunden, sei es aufgrund der begrenzten Datenlage und dem unvollständigen Wissen oder aufgrund der natürlichen Variabilität von Einflussgrössen. Unsicherheiten (Unschärfen) enthalten auch die ermittelten Erwartungswerte der Konsequenzen. Mit Sensitivitätsanalysen kann der Einfluss der Variation von Eingangsgrössen auf die Variation der Ergebnisse abgeschätzt werden. Grundsätzlich können Unschärfen auch direkt, basierend auf den Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie erfolgen.

Monetarisierung von Konsequenzen

Für die Vergleichbarkeit der verschiedenartigen Risiken ist eine einheitliche Messeinheit erforderlich. Diese ergibt sich durch das Messen der Konsequenzen in Geldeinheit.

Tabelle 3 (Tabelle 3.6 aus [2]) gibt einige Hinweise zur Monetarisierung der im ASTRA anfallenden Konsequenzen.

Tabelle 3: Konsequenzen, welche beim ASTRA anfallen

Konsequenz	Bewertungseinheiten	Bemerkungen
Todesfälle Verletzte	CHF pro Todesfall / pro Verletzter	Es handelt sich um Kompensationsleistungen. Diese entspricht dem Kostenansatz pro Todesfall oder pro verletzte Person (VSS SN 640 009)
Administrative Kosten, Räumungskosten, In- standstellungsaufwand	CHF	Potentielle Kosten für die Wiederherstellung des Funktionszustands des geschädigten Objektes (Strasseninfrastruktur, Boden, etc.).
Reduzierte Einnahmen aus Steuern und Abgaben	CHF	Die veränderte Summe der Fahrleistung (Fz-Km) kann als Indikator für die Veränderung der Einnahmen dienen. Veränderungen sind nicht relevant, wenn sie sich innerhalb der Schweiz abspielen (siehe VSS SN 641820 sowie NISTRA Indikator W127).
Finanzierungskosten	CHF	Über das bereitgestellte Budget hinausgehende Aufwendungen erzeugen Finanzierungskosten. Dabei ist der nominale Zinssatz des Kredites um die erwartete Inflation zu reduzieren (VSS SN 641820, NISTRA Indikator W116).

Die Monetarisierung von Konsequenzen ist zu unterscheiden von der Festlegung der Grenzkosten. Bei der Monetarisierung der Konsequenzen werden die verursachten Kosten gemessen (s. dazu auch 4.6.2).

Risikoaggregation

Zur Aggregation von verschiedenartigen Risiken (Verkehrsunfälle, Lawinnenniedergänge, Erdbeben usw.) und verschiedenen Typen von Konsequenzen (Tote, Schwerverletzte, Sachschäden, Betriebsverlusten, Umweltschäden usw.) werden alle Konsequenzen monetarisiert. Problemlos ist dies bei Sachschäden u.ä. Für die Monetarisierung von Personenschäden werden heute allgemein für einen Todesfall die verursachten Kosten bei tödlichen Unfällen berücksichtigt (s. dazu Abschnitt 4.6.2).

Bei bestehender Unabhängigkeit entspricht der Erwartungswert des Gesamtrisikos der Summe der Erwartungswerte der Konsequenzen der einzelnen Ereignisse. Wenn nichtlinearen Effekte durch das gleichzeitige Eintreten von Ereignissen auftreten oder andere gegenseitige Abhängigkeiten bestehen, können diese Effekte für die Risikoaggregation nicht vernachlässigt werden.

Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten und Abhängigkeiten werden Analysen mit Bayes'schen Netzen vorgeschlagen.

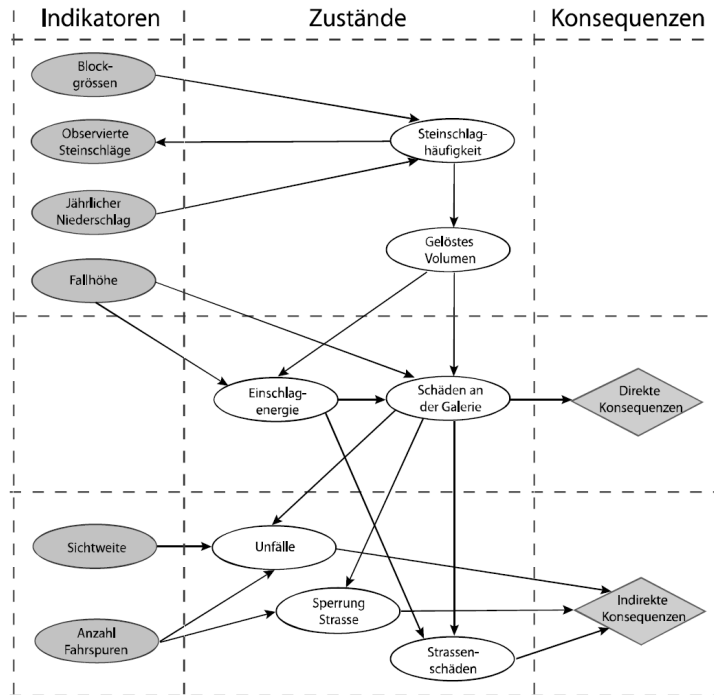


Abbildung 11: Beispiel eines Bayes'schen Netzes zur quantitativen Ermittlung eines Risikos unter Berücksichtigung von Unsicherheiten

Risikobewertung

Die Risikobewertung besteht in der Bestimmung der optimalen Handlungsalternativen und in der Prüfung ihrer Akzeptierbarkeit. Zur Bestimmung möglicher Handlungsoptionen und zur Ermittlung ihrer Effektivität und Effizienz s. Abschnitt 4.2.

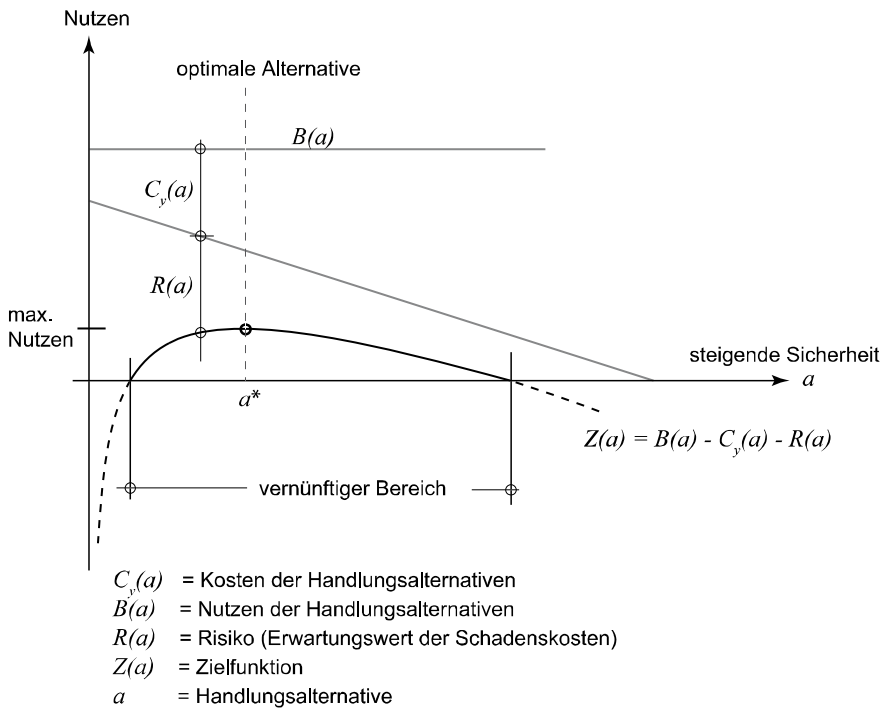


Abbildung 12: Zielfunktion

Die Optimierung der Handlungsalternativen erfolgt durch die Maximierung der Zielfunktion.

Diese stellt den monetarisierten Nutzen als Funktion der Handlungsalternativen dar. In Abbildung 12 ist die Zielfunktion für den Fall einer kontinuierlichen Sicherheitszunahme der Handlungsalternativen modellhaft dargestellt. Die Optimierung mittels Zielfunktion für diskrete Handlungsalternativen ist in 4.2 behandelt.

Der in der Zielfunktion ermittelte (Gesamt-)Nutzen Z entspricht der Summe aus Kundennutzen B (in Abbildung 12 als unabhängig von der Handlungsalternative angenommen) Risikoreduktion R (Nutzen der Handlungsalternativen) abzüglich den Kosten C der Handlungsalternative.

Der ‚vernünftige Bereich‘, in welchem die Maximierung der Zielfunktion stattfinden kann, wird durch die bestehenden oder vorgegebenen Rahmenbedingungen begrenzt. Rahmenbedingungen können sich durch einzuhaltende Normvorschriften, vorgegebene Risikogrenzen oder Schutzziele, Bedingungen für das zulässige Individualrisiko u.v.m. ergeben (s. auch Abschnitt 4.6).

Als wichtige Rahmenbedingung zur Wahl der optimalen Handlungsalternativen ist das Grenzkostenkriterium zu verwenden, sofern Todesfälle als Konsequenzen zur Diskussion stehen. Die Grenzkosten sind diejenigen Kosten, welche die Gesellschaft bereit ist, in eine Massnahme zur Vermeidung eines zusätzlichen Todesopfers zu investieren. Die Anwendung des Grenzkostenkriteriums wird in 4.2 behandelt.

Ein akzeptierbares Risiko hängt nicht nur vom absoluten Risikoniveau, sondern auch von den möglichen Massnahmen und den Mitteln ab, welche eingesetzt werden müssen, um das Risiko zu reduzieren. Dies impliziert, dass es Sicherheitsbereiche gibt, die auch nach der Durchführung aller möglichen und vernünftigen Massnahmen ein höheres Risiko aufweisen als andere. Ein gleiches Risiko für alle Sicherheitsbereiche ist nicht anzustreben, weil sonst die optimale Wirkung mit den begrenzten zur Verfügung stehenden Mitteln nicht erreicht werden kann (z.B. maximale Reduktion der Anzahl Todesopfer in einem System).

4.2 Ermittlung der optimalen Massnahmenstrategie

Die Ermittlung der optimalen Massnahmen anhand deren Effektivität ist Thema des Teilprojekts 104 (s. Bericht [4]). Diese Aktivitäten sind Teil des Vorgehensschritts Risikobewertung im Ablauf der Risikobeurteilung. Berücksichtigt wird dabei nicht nur eine einzige Massnahmen, sondern eine Abfolge von Massnahmen, welche eine Massnahmenstrategie bilden. Die Kosten zur Durchführung einer Massnahmenstrategie fallen somit zu unterschiedlichen Zeitpunkten an, und werden durch Diskontieren zusammengefasst. Das Gleiche gilt für den Nutzen, welcher im Rahmen des Teilprojektes 104 der durch eine Massnahmenstrategie erzielten monetarisierten Risikoreduktion entspricht. Die Effektivität einer Massnahmenstrategie ist definiert als Differenz von deren Kosten und Nutzen. Die optimale Massnahmenstrategie maximiert die Effektivität. Als Effizienz wird der Quotient der beiden Grössen bezeichnet. Die Massnahmenstrategien, welche eine Effizienz unter 1.0 aufweisen werden bei der Beurteilung nicht weiter berücksichtigt.

Das Vorgehensmodell der Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung gemäss 4.1 wird wie folgt ergänzt und erweitert.

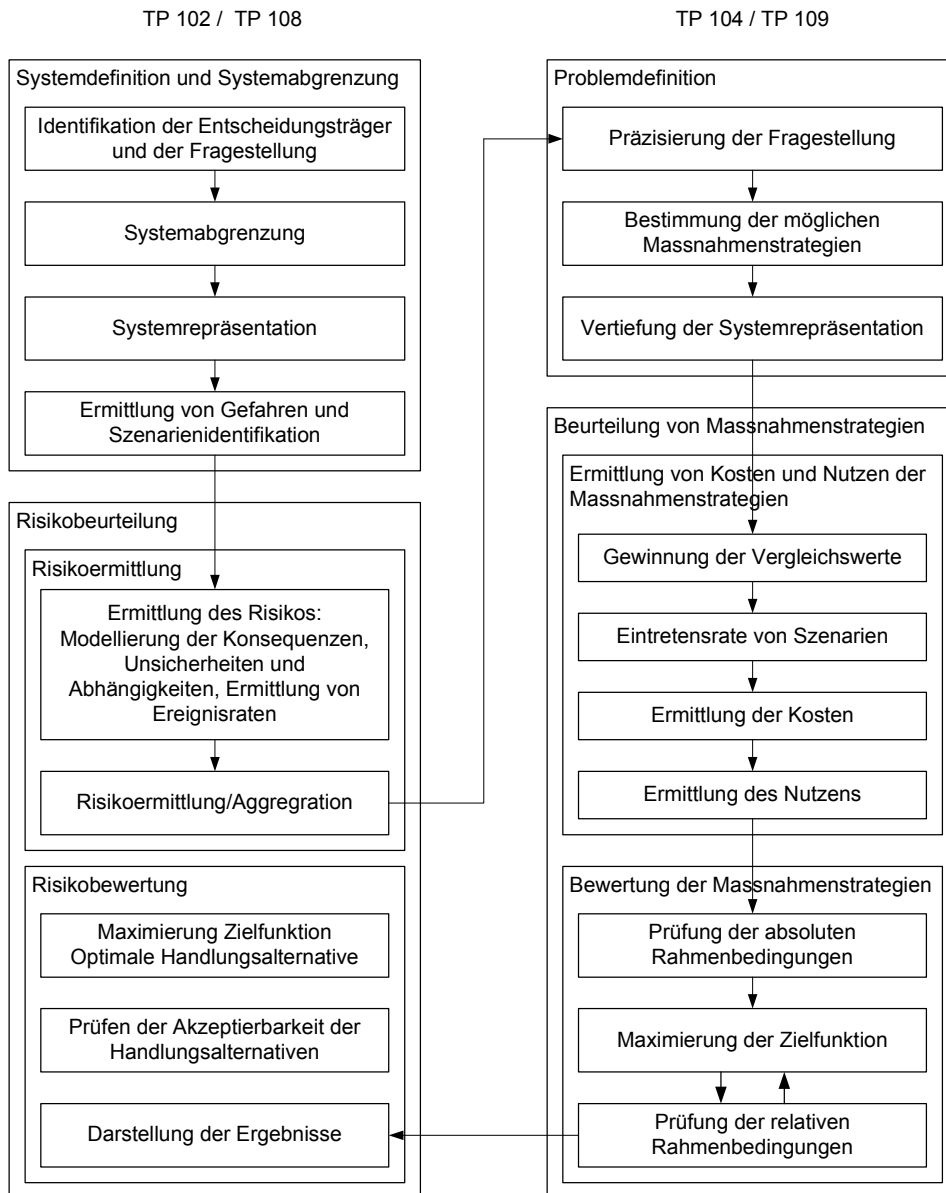


Abbildung 13: Zusammenfassung der Methoden TP 102 / TP 108 und TP 104 / TP 109

Nachfolgend wird auf die wesentlichen Punkte des Vorgehensmodells kurz eingegangen. Die detaillierten Angaben finden sich in [4].

Bestimmen der möglichen Massnahmenstrategien

Die Festlegung geeigneter Massnahmenstrategien erfolgt aufgrund praktischer Überlegungen, Analyse der gegebenen Umstände und von Erfahrung. Zu berücksichtigen sind der geeignete Zeitpunkt über die betrachtete Zeitperiode, der geeignete Ort und die Wirkung.

Je nach Ansatzpunkt und Wirkung der Massnahmen werden verschiedene Typen unterschieden.

Tabelle 4: *Massnahmentypen*

Typ	Beschreibung
1	Verringern die Eintretenswahrscheinlichkeit einer Einwirkung
	a Verminderung der Eintrittswahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis überhaupt ausgelöst wird.
	b Abschwächung oder Verhinderung der direkten Einwirkung, für den Fall, dass ein Ereignis bereits ausgelöst wurde.
2	Mindern der Konsequenzen
	a Erhöhung des Widerstandes.
	b Schadensbegrenzung nach einem Ereignis.

Berücksichtigung der Zeitdauer

Die Massnahmen und somit auch deren Kosten und Konsequenzen sind auf der Zeitachse verteilt. Bei der Monetarisierung sind deshalb die Konsequenzen über die Zeitachse, entsprechend ihrem Anfall, mit einem einheitlichen Diskontsatz zu diskontieren. Die zu betrachtende Zeitperiode und der zu verwendende Diskontsatz werden bei der Systemdefinition festgelegt.

Konsequenzen

Bei der Ermittlung der Konsequenzen einer Massnahmenstrategie können Konsequenzarten und Konsequenzträger unterschieden werden (s. Tabelle 5). Zur Quantifizierung der Konsequenzen werden unterschiedliche natürliche Masseinheiten verwendet. In einem zweiten Schritt werden die Konsequenzen monetarisiert.

Tabelle 5: *Konsequenzträger, Konsequenzarten und Masseinheiten*

Konsequenzträger	Konsequenzart	Masseinheit
Betreiber	Aufwand und Material	Geld
Benutzer	Aufwand und Material	Geld
	Physische und mentale Auswirkungen	Anzahl Leichtverletzter
		Anzahl Schwerverletzter
		Anzahl Todesfälle
	Ökonomische Auswirkungen	Menge der verlorenen Zeit
Wert der verlorenen Geschäfte		
Allgemeinheit	Ökonomische Auswirkungen	Anzahl Leichtverletzter
		Anzahl Schwerverletzter
		Anzahl Todesfälle
	Umwelteinflüsse	Lärmintensität und -dauer
		Umfang der Emissionen

Bestimmung der Massnahmenkosten

Die Kosten der Massnahmenstrategie sind jene finanziellen Konsequenzen, welche vom Betreiber getragen werden. Sie fallen über den Zeitraum ihrer Wirksamkeit an. So kann z. B. eine bauliche Massnahme, welche die Erstellung von neuen Bauwerksteilen umfasst, nachträglich Betriebs- und Unterhaltskosten sowie eventuell Kosten für den Rückbau verursachen.

Ermittlung des Nutzens

Der Nutzen wird primär als Risikoreduktion erzielt, d.h. als Differenz zwischen dem Risiko der risikoreduzierenden Massnahmenstrategie und dem Risiko einer geeigneten Bezugsmassnahmenstrategie. Bei der Bestimmung des Risikos der risikoreduzierenden Massnahmenstrategie müssen allfällige nachteilige Konsequenzen der risikoreduzierenden Mass-

nahmenstrategie berücksichtigt werden. Dazu gehören u. a. erhöhte Reisezeit und Unfallrate infolge baustellenbedingter Verkehrsbeeinträchtigung.

Prüfen der absoluten Rahmenbedingungen

Absolute Rahmenbedingungen gelten für eine Massnahmenstrategie absolut, unabhängig von anderen Strategien. Es handelt sich dabei z.B. um Risiko- oder Kostengrenzen, Schutzziele usw. Massnahmenstrategien, welche diese Rahmenbedingungen nicht erfüllen, fallen als mögliche Strategien weg.

Maximierung der Effektivität

Die Grundsätze dieser Maximierung sind in 4.1 beschrieben. Speziell gestaltet sich diese Maximierung bei diskreten Massnahmenstrategien, was den Normalfall darstellt.

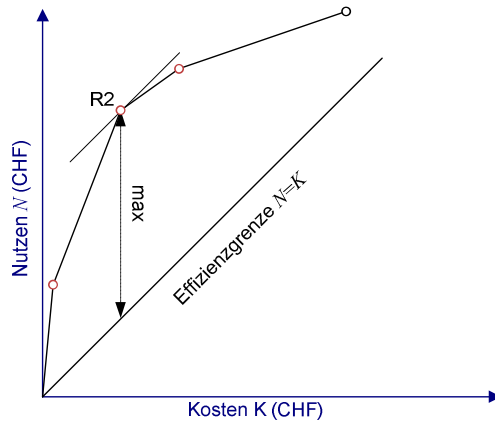


Abbildung 14: Bestimmung der optimalen Massnahmenstrategie

Im Nutzen-Kosten Diagramm (Abbildung 14) werden alle Massnahmenstrategien mit Punkten dargestellt. Punkte oberhalb der Effizienzgrenze (Kosten = Nutzen) bedeuten eine positive Effektivität und sind in die Optimierung einzubeziehen. Der Punkt mit der grössten Entfernung zur Effizienzgrenze (*R2*) entspricht der optimalen Massnahmenstrategie.

Prüfen der relativen Rahmenbedingungen - Grenzkostenkriterium

Bei relativen Rahmenbedingungen bestehen Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Massnahmenstrategien. Die wichtigste relative Rahmenbedingung ist das Grenzkostenkriterium. Beim Vorliegen von Todesfallrisiken ist nach der Maximierung der Zielfunktion das Einhalten dieses Kriteriums zu prüfen. Dieses besagt, dass die Zusatzkosten zur Rettung eines weiteren Menschenlebens die durch die Gesellschaft festgelegten Grenzkosten übersteigen müssen. Bei diskreten Massnahmenstrategien kann diese Bedingung am besten grafisch geprüft werden (Abbildung 15).

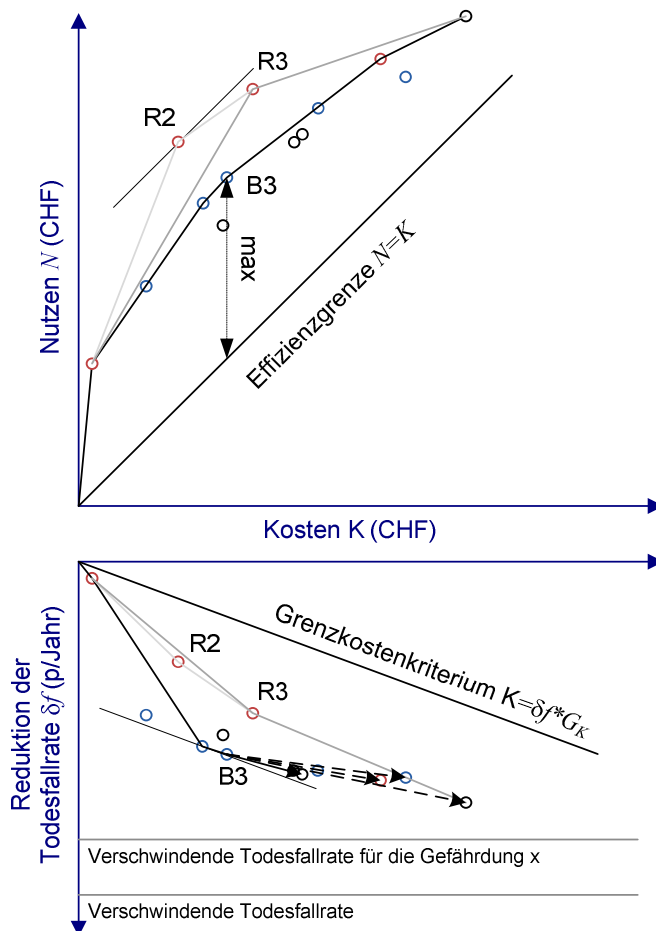


Abbildung 15: Erfüllung des Grenzkostenkriteriums mit diskreten Massnahmenstrategien

Im oberen (Kosten / Nutzen) Diagramm der Abbildung 15 ergibt die Maximierung der Zielfunktion die Massnahmenstrategie *R2* als optimal. Verbindet man die Punkte im unteren Diagramm (Kosten / Reduktion Todesfallraten), welche die konvexe Hülle im oberen Diagramm bilden wird das Grenzkostenkriterium dort erfüllt, wo die Tangente an diese stückweise gerade Linie zur Grenzkostengeraden parallel ist. Dies trifft für die Strategie *B3* zu. *B3* wird auch im oberen Diagramm optimal, wenn *R2* und *R3*, welche das Grenzkostenkriterium nicht erfüllen, weggefallen sind.

4.3 Ermittlung des Netzrisikos

Die Ermittlung des Netzrisikos ist Thema des Teilprojekts 103 (s. Bericht [3]).

Begriff des Netzrisikos

Der Ausfall einer Strecke im Strassennetz aufgrund eines Ereignisses (Ausfallereignis) bewirkt Konsequenzen auf der Strecke selbst sowie in einem Strassennetz im Umfeld der entsprechenden Strecke. Die Konsequenzen des Ausfallereignisses können Personen, die Umwelt oder wirtschaftliche Werte betreffen.

Beispielsweise führt ein schwerer Brand in einem Strassentunnel zu direkten Personen- (Todesopfer, Verletzte) und Sachschäden (Instandstellungskosten). Diese entsprechen direkten Konsequenzen des Ausfallereignisses. Die Sperrung der Strecke während Tagen oder Wochen für die Instandstellung führt zu Umfahrvverkehr im umliegenden Strassennetz. Auf den Umfahrrouten, die im Allgemeinen länger sind als die gesperrte Strecke, entstehen indirekte Konsequenzen des Ausfallereignisses (mehr Unfälle, zusätzliche Betriebskosten, Zeitverluste usw.). Beide – direkte Konsequenzen des Ausfallereignisses sowie zusätzliche indirekte Konsequenzen aufgrund der Sperrung – bilden zusammen das Netzrisiko der un-

tersuchten Strecke bzw. des Objektes.

Daraus lassen sich verschiedene Fragestellungen im Zusammenhang mit der Netzsicherheit formulieren. Diese können in vier Entscheidungssituationen unterteilt werden (Abbildung 16).

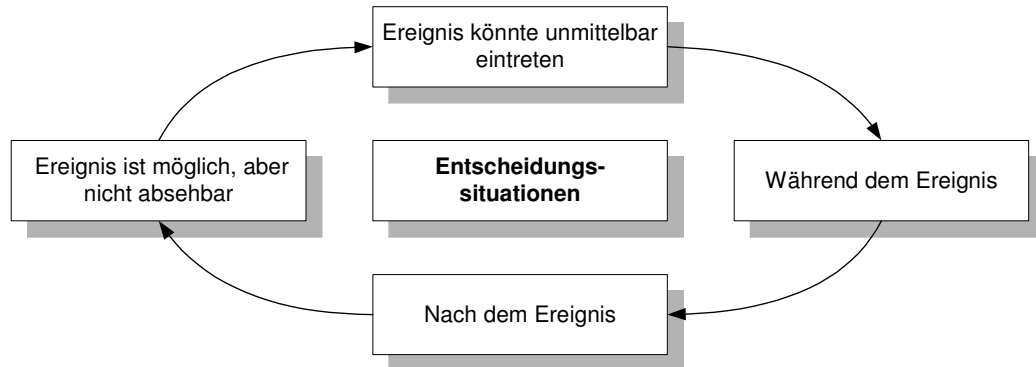


Abbildung 16: Entscheidungssituationen zur Netzsicherheit

Die Untersuchung des Netzrisikos geht von ereignisbedingten Ausfällen oder Einschränkungen der Kapazität aus. Es geht um Einwirkungen auf die betrachteten Objekte, um ein Versagen der Objekte oder um verkehrsbedingte Ereignisse, die zum Ausfall führen. Charakteristisch ist das plötzliche, ungeplante Eintreten.

Die Streckenausfälle und Risiken im Netz rühren von verschiedenartigen Sicherheitsbereichen her. Dieses Zusammenspiel von Sicherheitsbereichen, der vergleichenden Risikobeurteilung und der Netzsicherheit ist in Abbildung 17 skizziert.

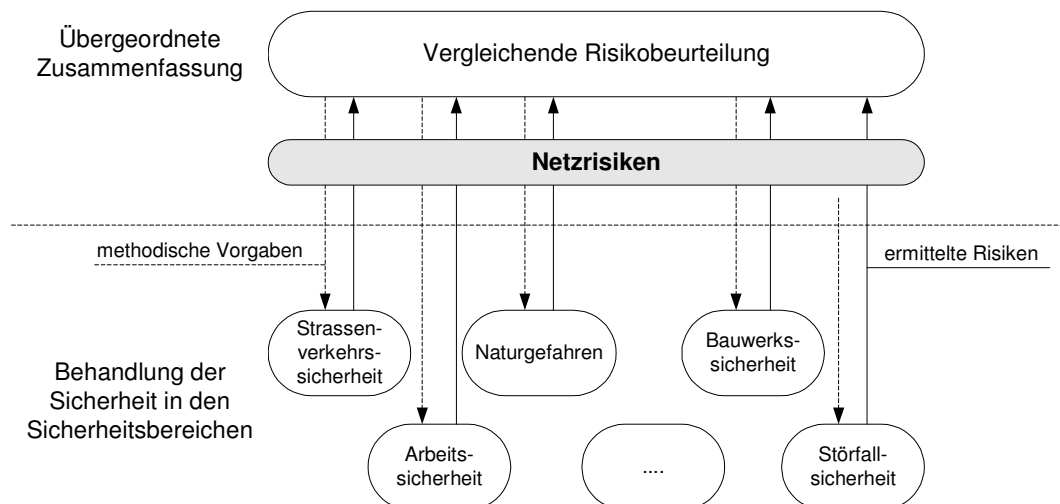


Abbildung 17: Beziehung zwischen der Behandlung der Sicherheit in den Sicherheitsbereichen, vergleichender Risikobeurteilung und Netzrisiko

Relevant für die Untersuchung sind Ereignisse, die eine gewisse Ausfalldauer zur Folge haben. Kurzzeitige Unterbrüche bis allenfalls wenige Stunden Dauer, beispielsweise infolge normaler Verkehrsunfälle, sind nicht Gegenstand der Betrachtung. Als Grenze für die minimale Ausfalldauer, die zu erheblichen Verkehrsumlagerungen führt, wird der Ausfall einer Strecke von mindestens einem Tag postuliert. Ausgehend von diesem Verständnis sind Einschränkungen aufgrund einer Verkehrsüberlastung oder mangelnden Kapazität der Strecke nicht Gegenstand der Untersuchung.

Systemdefinition

Die Methodik basiert grundsätzlich auf der Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung gemäss dem Teilprojekt 102 (s. 4.1). In der Systemdefinition werden die Abgrenzungen und die Rahmenbedingungen präzisiert sowie die wesentliche Funktionsweise des Systems festgehalten.

Dazu gehört insbesondere die Modellierung des Strassennetzes und des Verkehrs, die durch den Ausfall einer Strecke betroffen sind. Dieses Strassennetz wird im Folgenden als relevantes Teilnetz bezeichnet. Für die Bestimmung des relevanten Teilnetzes ist der Einsatz eines Verkehrsmodells erforderlich.

Das zu einer Strecke \underline{ab}_0 gehörende, relevante Teilnetz umschreibt die klein- und grossräumigen Umfahrungsrouten im Falle eines Unterbruchs der Strecke \underline{ab}_0 .

Für jede Strecke \underline{ab}_0 gibt es n Strecken, die in geeigneter Zusammensetzung eine Umfahrungsrouten bilden. Eine Umfahrungsrouten kann über mehrere Knoten (Strecken) führen und eine grössere Anzahl Strecken enthalten. Die Anzahl der Umfahrungsrouten, deren Länge und Komplexität hängt von der Netzcharakteristik ab.

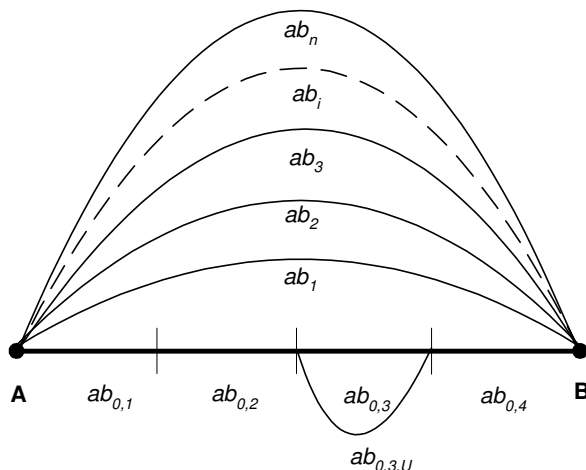


Abbildung 18: Relevantes Teilnetz mit n Umfahrungsrouten ab_n und einer untergeordneten Umfahrungsrouten $\underline{ab}_{0,3,U}$

Die Strecke \underline{ab}_0 bildet mit ihren Umfahrungsrouten ein Strassennetz. Dabei können neben Nationalstrassen auch andere (untergeordnete) Strassen wie beispielsweise Kantonsstrassen zum Strassennetz gehören.

Risikoermittlung

Die Ermittlung des Netzrisikos enthält folgende Elemente:

- Identifikation der Ereignisse, die einen Ausfall der Strecke \underline{ab} von ≥ 1 Tag bewirken.
- Ermittlung der Häufigkeit und Ausfalldauer aufgrund der Ereignisse. Es handelt sich um eine erwartete Anzahl Ausfalltage pro Jahr und wird als Ausfallrisiko bezeichnet. Das Ausfallrisiko wird zur Ermittlung des Risikos im relevanten Teilnetz benötigt.
- Ermittlung des Risikos der Ausfallereignisse: Es handelt sich um Risiken, die durch Ausfallereignisse in der betrachteten Strecke \underline{ab} entstehen (Personenschäden, wirtschaftliche Schäden (Sachwerte) und Umweltschäden. Diese Risiken können im Allgemeinen mit direkten Risiken bezeichnet werden.
- Ermittlung des Risikos im relevanten Teilnetz: Es handelt sich um Risiken im relevanten Teilnetz, – wozu auch die betrachtete Strecke \underline{ab} selbst zählt – die durch das Ausfallereignis verursacht werden. Sie werden der betrachteten Strecke \underline{ab} zugeordnet. Diese Risiken können im Allgemeinen als indirekte Risiken bezeichnet werden. Zu den Risiken des relevanten Teilnetzes, ausgelöst durch die Verkehrsumlagerung während des Ausfalls der Strecke \underline{ab} , gehören Risiken durch Verkehrsunfälle (Personen- und Sachschäden) sowie Konsequenzen wie Zeitaufwand, Betriebsaufwand und Umweltbeeinträchtigung.

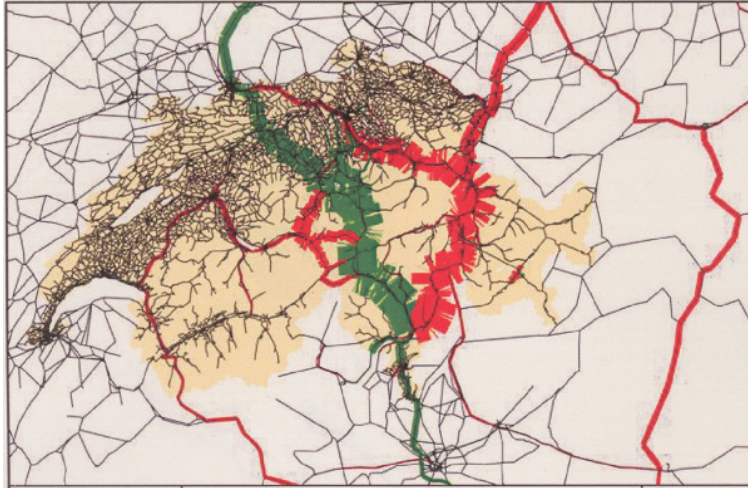


Abbildung 19: Umfahrung gesperrte Gotthardstrecke

Die Verkehrsanalyse anhand des Verkehrsmodells ergibt für eine Streckensperre (grün in Abbildung 19) die resultierenden Umfahrungen (rot). Aus dieser Umlagerung resultieren die indirekten Konsequenzen im relevanten Teilnetz durch das Ausfallereignis auf der Hauptstrecke.

Das Netzrisiko einer Strecke *ab* entspricht der Summe des Risikos durch Ausfallereignisse und des Risikos im relevanten Teilnetz.

Speziell zu beachten sind Abhängigkeiten von Ausfallereignissen. Als abhängig werden Ausfallszenarien bezeichnet, die gleichzeitig und an verschiedenen Strecken bzw. Stellen im Netz zu Sperrungen führen und einen kausalen Zusammenhang aufweisen. Mögliche Abhängigkeiten von Ausfallereignissen im Sinne von gemeinsamen Ursachen, sodass zwei Strecken gleichzeitig ausfallen, sind in Tabelle 6 dargestellt. Eine spezielle Form von Abhängigkeit bilden lange dauernde, gleichzeitige Ausfälle von Strecken, wie sie bei der Winterstuppe von Passstrassen vorkommt.

Tabelle 6: Beurteilung möglicher Abhängigkeiten von Ausfallereignissen

Ausfallszenarien	Mögliche Abhängigkeiten
Einwirkungen aus dem Verkehr (Schwere Unfälle, Brände/Explosionen, mit oder ohne Beteiligung von Gefahrgut, Freisetzung aggressiver Flüssigkeiten und Gase)	Keine Common Causes mit Ausfallereignissen an einer anderen Stelle im Strassennetz
Infrastrukturausfall, Ausfall technischer Einrichtungen	Keine Common Causes mit Ausfallereignissen an einer anderen Stelle im Strassennetz
Naturgefahren (Überschwemmung, Murgang, Steinschlag/Felssturz, Rutschung, Lawine)	Common Causes können auftreten als überregionale Unwettersituationen und Lawinenlagen. Steinschlag und Felssturz treten hingegen weitgehend unabhängig auf.
Erdbeben	Ein Erdbeben mit grosser Ausdehnung kann gleichzeitig zu mehreren Streckenausfällen führen.
Bauwerksversagen	Common Causes können grundsätzlich in systemati-

	schen Fehlern bestimmter Bauwerke liegen. Dass dies jedoch zu gleichzeitigen, abhängigen Streckenausfällen führt, ist vernachlässigbar.
--	---

Risikobewertung

Das Ergebnis der Risikoermittlung sind erwartete Konsequenzen, ausgedrückt in Todesopfer, Verletzte, CHF, Fahrzeugstunden, Fahrzeugkilometer etc. pro Jahr. In der Risikobewertung geht es darum, die Konsequenzen einheitlich in CHF auszudrücken und anhand der festgelegten Kriterien zu bewerten (Optimierung und Akzeptanz).

In der Abbildung 20 sind z.B. die Anteile der Teilbereiche am Netzrisiko der im Teilprojekt Testregion untersuchten Gotthardstrecke (vor Berücksichtigung von Massnahmen) dargestellt.

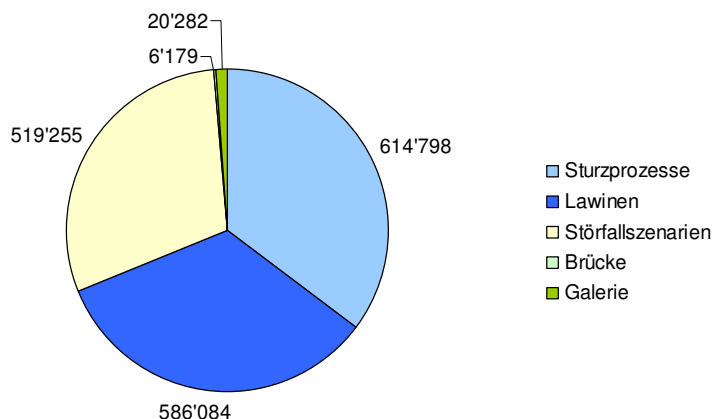


Abbildung 20: Anteile am Netzrisiko in CHF/a (Ausgangszustand ohne Massnahmen)

Die Risikobewertung erfolgt, wie in der Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung beschrieben, anhand folgender Elemente:

- Betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise (Optimierung): Es werden nur die intern in der Strassenverwaltung anfallenden Konsequenzen berücksichtigt.
- Gesellschaftliche Betrachtungsweise (Optimierung): Sie umfasst die Gesamtheit der Konsequenzen, unabhängig davon, bei wem sie anfallen. Dazu gehören beispielsweise die Bewertung von Umwelteinwirkungen sowie Zeit- und Betriebsaufwand von Verkehrsteilnehmern.
- Beurteilen der Akzeptanz von Personenrisiken anhand des Grenzkostenkriteriums.

Einflussgrössen

Die Höhe des Netzrisikos wird wesentlich durch folgende Eigenheiten einer Strecke beeinflusst:

- Ausfallrisiko aufgrund der Exposition der Strecke und der Verletzlichkeit gegenüber Einwirkungen.
- Durchschnittlicher werktäglicher Verkehr (DWV).
- Bedeutung der Strecke.
- Potentielle Umfahrungsrouten (Länge, freie Kapazität).

Hinweise für die Anwendung der Methode

Die Prüfung der vorgeschlagenen Methode anhand von praktischen Anwendungsbeispielen hat gezeigt, dass die Untersuchung eines grösseren Netzes aufwendig und nur mit zahlreichen Vereinfachungen durchführbar ist. Es wird deshalb empfohlen, vor einer detaillierten Analyse eine Grobbeurteilung des Netzrisikos (Triage) durchzuführen.

Zur Illustration der Grobbeurteilung sind nachfolgend einige Strecken eingestuft.

Legende

- ① Axenstrasse (A4)
- ② Gotthard Nordrampe (A2)
- ③ Brienz - Brienzwiler (A8)
- ④ Gubristtunnel
- ⑤ Baregg tunnel (A1)
- ⑥ Härkingen - Schönbühl (A1)
- ⑦ Murten - Yverdon (A1)

Ausfallrisiko			
gering		hoch	
DWV		DWV	
tief	hoch	tief	hoch



Abbildung 21: Beispiele für die Grobbeurteilung des Netzrisikos

Detailliertere Analysen können auf hoch eingestufte Strecken (rot) konzentriert werden.

Je nach Charakteristik einer Strecke unterscheiden sich auch die relevanten Ausfallszenarien, auf welche die Untersuchungen konzentriert werden können.

Schlussbemerkungen

Die vorgeschlagene Methodik zur Ermittlung des Netzrisikos ist theoretisch und methodisch konsistent. Aus den durchgeführten Fallbeispielen zeigt sich, dass die Problematik in der Anwendung liegt, und zwar in den zu treffenden Annahmen, den unterschiedlichen Qualitäten und Unsicherheiten der Beiträge der verschiedenen Sicherheitsbereiche (s. Abbildung 17) und den gegenseitigen Abhängigkeiten von Szenarien und Massnahmen.

4.4 Methodik für Kunstbauten

4.4.1 Risikobeurteilung für Kunstbautenbestände

Die Methodik der Risikobeurteilung für Kunstbauten, insbesondere von Kunstbautenbeständen wurde im Teilprojekt 108 behandelt (s. Bericht [8]).

Die Risikobeurteilung von Kunstbauten erstreckt sich von der detaillierten Analyse eines Einzelobjekts bis zur Beurteilung des Gesamtrisikos eines Kunstbautenbestandes. In Anbetracht der Zahl von über 6'000 Kunstbauten im Verantwortungsbereich des ASTRA mit äusserst unterschiedlicher Ausprägung, Exposition und Gefährdung bedeutet dies eine grosse Herausforderung.

Als methodische Basis dient die im Teilprojekt 102 entwickelte Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung (s. 4.1 und 4.2). Es wird unterschieden zwischen Grob- und Detailanalysen.

Die *Detailanalyse* eines Einzelobjekts unter Berücksichtigung aller Einflüsse, die relevant sein könnten, bietet methodisch keine grösseren Probleme, ist jedoch äusserst aufwendig. Besonders die notwendige Erfassung der Streuungen von Materialeigenschaften, Abmessungen, Einwirkungsintensitäten usw. erfordert breit angelegte Untersuchungen und Proben. Detailanalysen sind deshalb nur in Einzelfällen angebracht.

Für die Beurteilung der Risiken in einem ganzen Kunstbautenbestand (Population) einer Strassenverwaltung wird ein stufenweises Vorgehen vorgeschlagen (Abbildung 22).

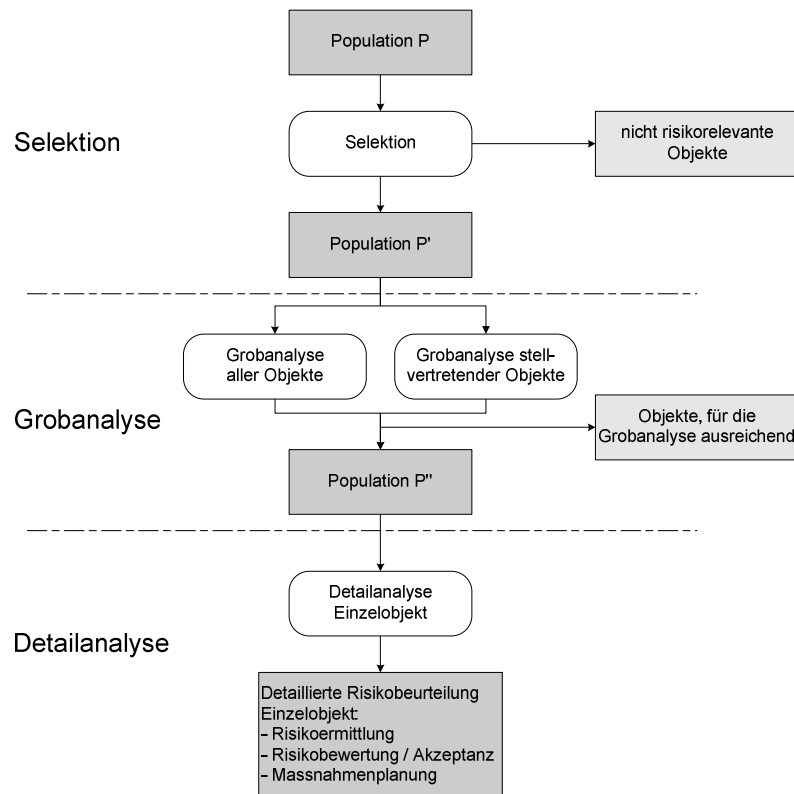


Abbildung 22: Vorgehensmodell Risikobeurteilung Kunstbautenbestand

Durch die *Selektion* werden die risikorelevanten Objekte aus der Population eines Strassenetzes herausgefiltert. Die Festlegung der dazu erforderlichen Selektionskriterien erfolgt auf der Basis von Erfahrung durch Fachleute. Resultat der Selektion sind Gruppen von Kunstbauten, die vertieft zu untersuchen sind.

Die *Grobanalyse* wird an stellvertretenden Objekten mit exemplarischer Gefährdungssituation durchgeführt mit anschliessender Extrapolation der Risikosituation und des Handlungsbedarfs auf den Gesamtbestand. Die Risiken werden qualitativ wenn möglich auch quantitativ abgeschätzt. Die Grobanalyse liefert einen Überblick über die Risiken der Population.

Für Objekte, die aufgrund der Grobanalyse als besonders problematisch hervorgehen, kann eine Detailanalyse angebracht sein.

In der *Detailanalyse* wird eine umfassende Risikoanalyse am einzelnen Objekt durchgeführt. Die Risiken werden unter Berücksichtigung detaillierter objektspezifischer Eigenheiten auf Einwirkungs- und Bauwerksseite differenziert beurteilt. Der Detaillierungsgrad einer solchen Risikobeurteilung führt zu einem entsprechend hohen Aufwand für die Risikoanalyse.

In der *Risikobewertung* werden die im Rahmen der Risikoermittlung bestimmten Risiken einheitlich in Geldwert ausgedrückt und anhand der festgelegten Kriterien bewertet (Optimierung und Akzeptanz). Die Risikobewertung für Kunstbauten folgt der Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung des Teilprojekts 102. Die Methodik des Teilprojekts 108 unterscheidet für die Risikobewertung von Kunstbauten eine betriebswirtschaftliche und eine volkswirtschaftliche Sicht.

Begriff des Risikos von Kunstbauten

Das Risiko R von Kunstbauten wird in Anlehnung an das Teilprojekt 102 in allgemeiner Form wie folgt berechnet:

$$R_j = \sum (h_j \cdot p_{fi} \cdot C_j)$$

mit der Ereignisrate h_j , der Versagenswahrscheinlichkeit p_{fi} im Eintretensfall eines Ereignisses, den Konsequenzen C_j und dem Index der Ereignisszenarien j . Das Summenzeichen steht für die Risiken über alle betrachteten Einwirkungen bzw. Einwirkungskombinationen und Konsequenzen.

Einordnung der Methodik

Die vorgeschlagene Methodik ist als Entwurf zu betrachten. Sie wurde an wenigen Fallbeispielen für Einzelobjekte praktisch geprüft. Die Eignung für die Beurteilung grösserer Bestände von Kunstbauten, die für die Strassenverwaltungen von besonderer Bedeutung ist, konnte nicht validiert werden.

Die Beschreibung der vorliegenden Methodik fokussiert auf die Stufe der Grobanalyse. Auf dieser Stufe besteht der grösste Bedarf, effizient zu Risikoergebnissen zu kommen. Die Stufe der Detailanalyse kann sich stärker auf bereits etablierte Ansätze der probabilistischen Modellierung und Bemessung abstützen.

Die entwickelte Methodik des Teilprojekts 108 lässt grossen Spielraum offen bezüglich Detaillierungsgrad der Analyse und dem damit verbundenen Analyseaufwand. Dieser Spielraum ist zwingend erforderlich, um je nach Fragestellung eine adäquate Aussage zu ermöglichen (ausreichende Aussagekraft mit vertretbarem Analyseaufwand). Sollen Risiken ganzer Populationen dargestellt werden, kann die Risikobeurteilung in vereinfachter Form durchgeführt werden. Soll hingegen eine detaillierte Analyse der Risiken und Beurteilung von Massnahmen an einem einzelnen Objekt erfolgen, kann ein höherer Detaillierungsgrad mit weniger Vereinfachungen und Annahmen angemessen sein. Es ist daher nicht sinnvoll, die Methodik für die Risikobeurteilung von Kunstbauten zu eng zu definieren.

4.4.2 Ermittlung der optimalen Massnahmenstrategie bei Kunstbauten

Zusammen mit Teilprojekt 108 vertieft das Teilprojekt 109 (s. Bericht [9]) für Kunstbauten die allgemeine Methodik für die Beurteilung des Risikos und der Massnahmenstrategien die in den Teilprojekten 102 und 104 beschrieben sind.

Bei Kunstbauten gehören die Unterhaltsmassnahmen zu den wirksamsten risikoreduzierenden Massnahmen, da sie die Folgen von Verfallsprozessen beseitigen oder Verfallsprozesse positiv beeinflussen. Optimale Unterhaltsmassnahmenstrategien können durch die Modellierung des Verfalls der Bauwerke, der Wirksamkeit und der Kosten aller möglichen Massnahmen bestimmt werden. Da die Massnahmen durchgeführt werden, bevor das Bauwerk einen zuvor festgelegten nicht erwünschten Zustand erreicht, kann ein ausreichendes Sicherheits- und Leistungsniveau eingehalten werden. Das Risiko, welches diesem Sicherheits- und Leistungsniveau entspricht, kann vernachlässigt werden. Diese Annahme trifft nur dann zu, wenn man die Verfallsprozesse verfolgen kann. Die optimale Unterhaltsstrategie wird durch die Minimierung der Lebenszykluskosten ermittelt. Auf diese Weise erfolgt beim ASTRA mit Hilfe von KUBA die Ermittlung optimaler Unterhaltsstrategien für Kunstbauten. Die Ermittlung der optimalen Unterhaltsstrategie für die verfolgbaren Verfallsprozesse ist nicht Gegenstand der hier behandelten Methodik.

Optimale Massnahmenstrategien, welche eine Reduktion des Risikos infolge nicht verfolgbarer Verfallsprozesse bzw. Gefährdungsprozesse bewirken sollen, können nicht wie die Unterhaltsmassnahmenstrategien bestimmt werden, weil die Annahme eines immer ausreichenden Leistungs- und Sicherheitsniveaus hier nicht gültig ist. Dies da die nicht verfolgbarer Gefährdungsprozesse entweder zu schnell oder verborgen sind, so dass sie mit einer Massnahme nicht vorzeitig aufgehalten werden können. Daher ist es notwendig, die Auswirkung der Massnahmenstrategien auf die Risiken zu bewerten, d.h. auf die Wahrscheinlichkeit eines inadäquaten Leistungsniveaus und dessen Konsequenzen. Grundsätzlich erfolgen Risikobeurteilung und Beurteilung der Massnahmenstrategie nach der Methodik der vergleichenden Risikobeurteilung.

Die Spezialität der Kunstbauten ist ihre Verschiedenartigkeit, ihre Komplexität und ihre grosse Zahl im Strassennetz. Innerhalb des Netzes können Massnahmen voneinander abhängig sein und verschiedene Objekte im Netz beeinflussen. Es werden deshalb 3 verschiedene Problemklassen unterschieden:

- Unabhängige *Einzelbauwerke* werden in ihrem direkten Umfeld analysiert. Zusammenhänge im Netz bleiben unberücksichtigt.
- *Bauwerkproblemtypen* werden stellvertretend für einen Bestand ähnlich gelagerter Objekte analysiert, um anschliessend auf ein ganzes Baustelleninventar zu schliessen.
- *Netzproblem*: Ein Strassenabschnitt oder das Gesamte Strassennetz mit allen Bauwerken und den Abhängigkeiten zwischen den Bauwerken bezüglich Gefährdungen und Konse-

quenzen wird analysiert.

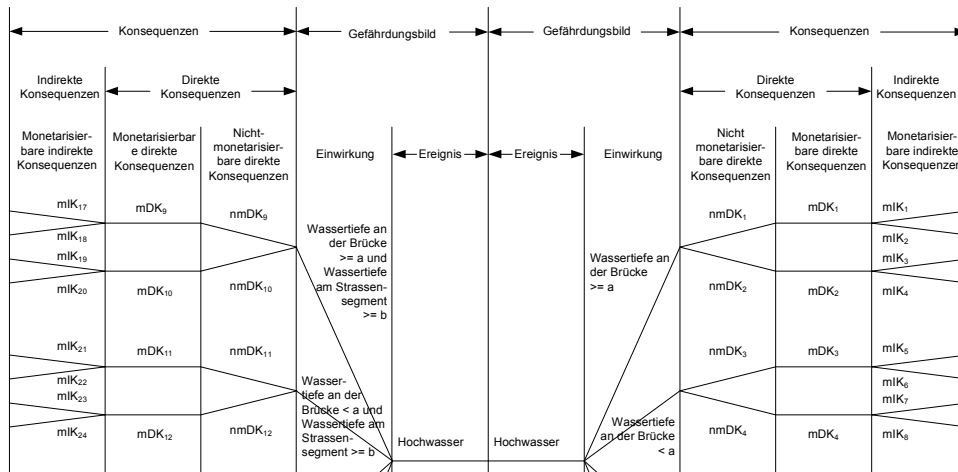


Abbildung 23: Ereignisbaum für Netzproblem (Ausschnitt)

Die Risikoermittlung erfolgt mittels Szenarien, die als Ereignisbäume (Abbildung 23) dargestellt werden. Für jedes Szenario werden geeignete Massnahmenstrategien evaluiert und ihre Abhängigkeiten analysiert.

Am nachfolgenden Beispiel einer durch eine Lawine gefährdeten Brücke (Abbildung 24) wird die Methodik zur Risikobewertung aufgezeigt.

Dargestellt werden zwei Massnahmenstrategien, die Bezugsmassnahmenstrategie *MS0* (Nichtstun) und eine Verbauung im Anrissgebiet *MS1*. Für die *MS0* bestehen die Kosten aus dem Unterhalt der Brücke und für den Wiederaufbau bei einer allfälligen Zerstörung. Für *MS1* kommen die Erstellungskosten der Verbauung hinzu.

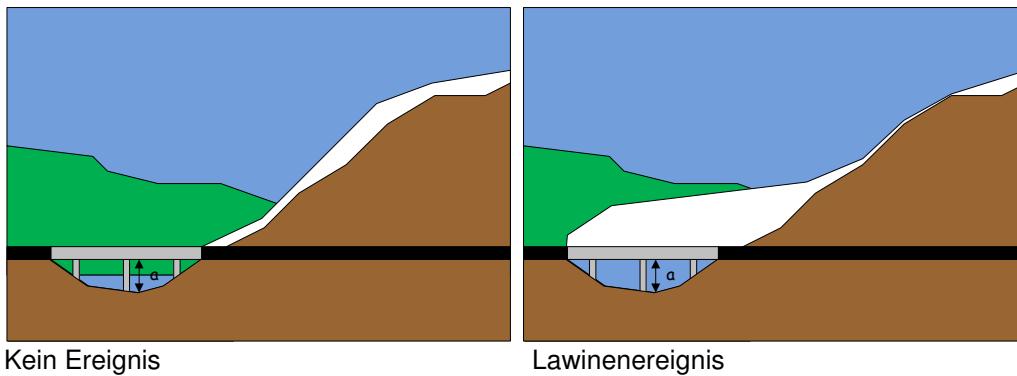


Abbildung 24: Gefährdete Brücke

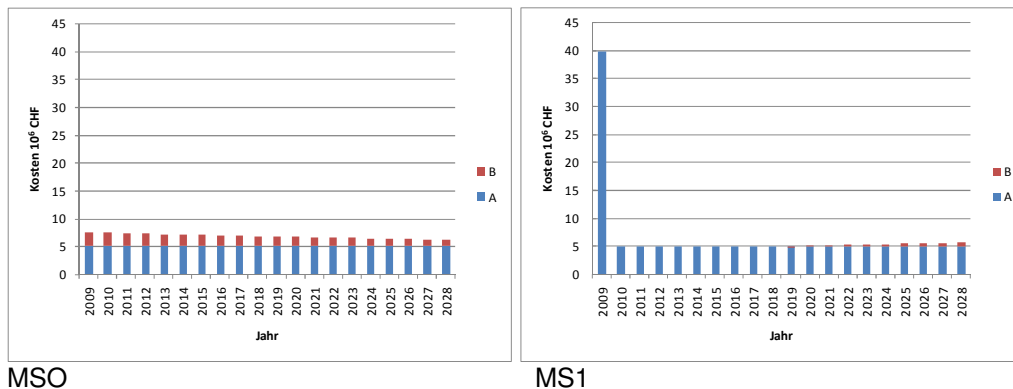


Abbildung 25: Kosten der Massnahmenstrategien

Abbildung 25 zeigt die zeitliche Entwicklung der Kosten von beiden Massnahmenstrategien. Diese setzen sich zusammen aus den Erststellungs- und Unterhaltskosten (im Diagramm mit A bezeichnet) und den Wiederherstellungskosten, welche nach einem Versagen anfallen (im Diagramm mit B bezeichnet).

Nach dieser Prüfung der relativen und absoluten Rahmenbedingungen erfolgt die Bestimmung der optimalen Massnahmenstrategie entsprechend der im Abschnitt 4.2 dargestellten Methodik.

4.5 Szenarien der Gefahrenentwicklung

Die Beurteilung von Risiken wird in der Regel aus der Sicht der aktuellen Situation durchgeführt. Durch Ausweitung des Blickfelds in die fernere Zukunft, d.h. auf einen Zeithorizont von ca. 20 Jahren, sollten Entscheide besser abgestützt werden können. Dieses Thema wird in Teilprojekt 105 behandelt (s. Bericht [5]).

Der Ansatz zur Identifikation und Beurteilung zukünftiger Risiken besteht in der Erkundung von feststellbaren oder sich abzeichnenden gesellschaftlichen, technologischen und ökologischen Megatrends. Als Megatrends werden allgemein tief greifende Entwicklungen bezeichnet, die sich über längere Zeiträume und grössere räumliche Distanzen hinweg auf verschiedenste gesellschaftliche Bereiche auswirken.

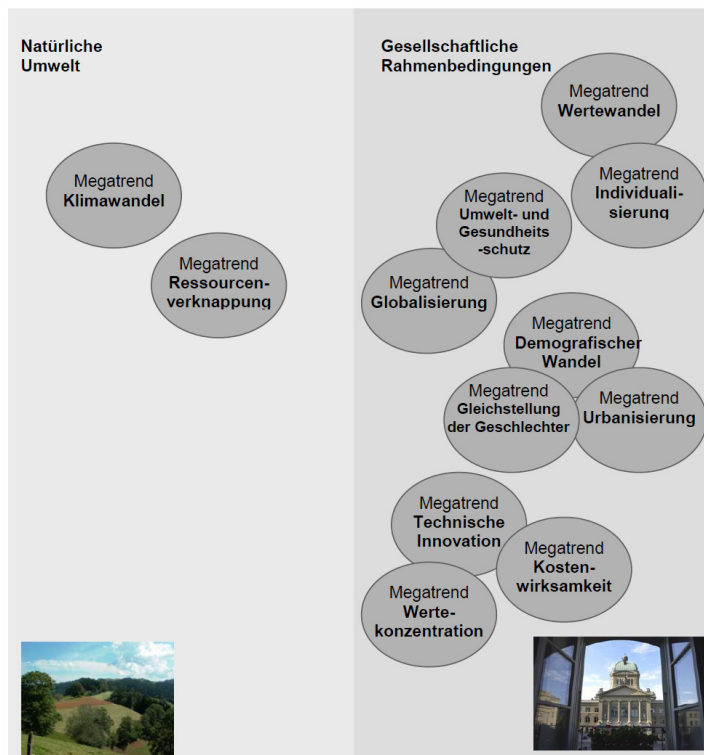


Abbildung 26: Megatrends, welche die Sicherheit des Verkehrssystems Strasse beeinflussen

Aus einer eingehenden Analyse der Megatrends können Trends abgeleitet und beschrieben werden. Als Trend wird allgemein eine Entwicklungsrichtung als Konkretisierung des Megatrends bezeichnet.

Evolutionäre Szenarien beruhen auf Trends, die bereits heute absehbar sind und zu denen in der Literatur weitgehender Konsens besteht. Sie zeigen damit auf, mit welchen Entwicklungen aus heutiger Sicht für die kommenden Jahre zu rechnen ist.

Megatrends, Trends und evolutionäre Szenarien sind wie in Abbildung 27 dargestellt miteinander verbunden. Megatrends rufen in der Regel verschiedene Trends hervor. Manche

Trends lassen sich auf mehrere Megatrends zurückführen, andere ergeben sich direkt aus einem einzigen Megatrend. Unter den Trends befinden sich auch solche, die für die Sicherheit des Verkehrssystems Strasse relevant sind. Diese sicherheitsrelevanten Trends liegen der Szenarienbildung zugrunde.

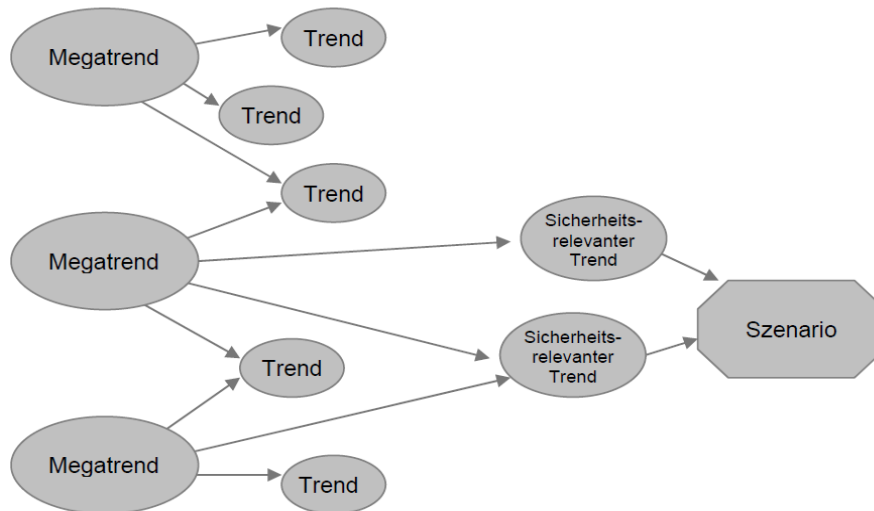


Abbildung 27: Vom Megatrend zum Szenario

In den folgenden Themenbereichen wurden Trends und ihre Relevanz auf das Verkehrssystem Strasse abgeleitet:




1. Temperaturerhöhung
2. Hochwasser und Starkniederschläge
3. Massenbewegungen
4. Verkehrsverhalten
5. Art und Menge von Gefahrgütern
6. Lasteinwirkungen
7. Fahrzeugtechnik
8. Verkehrstelematik
9. Betrieb Infrastruktur
10. Verkehrsgeschehen
11. Kriminelle Einwirkungen

Zu jedem Themenbereich werden drei Szenarien untersucht und bewertet und die Handlungsoptionen aufgezeigt:

- Nachteilige Entwicklung
- Gemässigte Entwicklung
- Vorteilhafte Entwicklung

Für die Szenarien, welche die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Entwicklung widerspiegeln, gibt Abbildung 14 einen Überblick über die erwarteten absoluten Veränderungen des Risikos.

Einige dieser Szenarien weisen ein hohes Potenzial auf, die Sicherheit des Verkehrssystems Strasse zu verbessern oder zu beeinträchtigen. Hier sind in den kommenden Jahren durchaus sicherheitsrelevante Entwicklungen zu erwarten, auch wenn das wahrscheinlichste Szenario „gemässigte Entwicklung“ keine tief greifende Risikoveränderung vorsieht. Strassenverwaltungen sollten diese Szenarien daher speziell im Auge behalten. Als Entwicklungen mit besonders hohem sicherheitsrelevantem Potenzial werden die Entwicklungen in den Bereichen Fahrzeugtechnik, Verkehrstelematik und Kriminelle Einwirkungen eingestuft.

 Personen und Fahrzeuge
 Infrastruktur
 Umwelt

starke Abnahme											
mittlere Abnahme											
leichte Abnahme											
keine Veränderung											
leichte Zunahme											
mittlere Zunahme											
starke Zunahme											
Wahrscheinlichkeit des Szenarios	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel
	1. Temperaturerhöhung	2. Hochwasser und Starkniederschläge	3. Massenbewegungen	4. Verkehrsverhalten	5. Art und Menge vor Gefährdungen	6. Lastmwirkungen	7. Fahrzeugtechnik	8. Verkehrsleittechnik	9. Betrieb Infrastruktur	10. Verkehrsgeschehen	11. Kriminelle Einwirkungen

Abbildung 28: Szenarien "gemässigte Entwicklung" – erwartete absolute Risikoveränderung

Wie diesen Entwicklungen entgegengetreten werden kann, zeigen die zu jedem Szenario entwickelten Handlungsoptionen auf. Da die Szenarien teilweise komplexe und weit gehende gesellschaftliche resp. natürliche Entwicklungen widerspiegeln, können Strassenverwaltungen oft nur begrenzt Einfluss nehmen.

Denkbare neue Entwicklungen, für die heute keine Anzeichen feststellbar sind oder unerwartete Grossereignisse werden als sog. ‚Visionäre Szenarien‘ in die Untersuchung einbezogen.

Die visionären Szenarien umfassen sowohl Grossereignisse als auch tiefgreifende Entwicklungen, die sich allmählich und unbemerkt vollziehen, und für das Verkehrssystem Strasse bedeutende Konsequenzen verursachen könnten. Untersucht wurden u.a. folgende ‚visionäre‘ Szenarien: Energiekrise, Schweres Erdbeben, Pandemie, Schwerer Störfall in einem Grosskraftwerk, Benutzerdefinierte Fahrzeuge, Privatisierung der Autobahnen, u.a.m.

Als Vorbereitung auf mögliche Grossereignisse wird eine differenzierte Notfallplanung vorgeschlagen, welcher konkrete Szenarien zugrunde gelegt werden sollten. Bei Entwicklungen, die sich oft über Jahre hinweg anbahnen, ist Früherkennung der erste Schritt zu wirksamen Massnahmen.

Zur Früherkennung von Trends und Megatrends wird die Beobachtung von geeigneten Frühwarnindikatoren vorgeschlagen. Dafür ist die Erfassung spezieller Daten notwendig. Die Aktualisierung der Szenarien sollte alljährlich erfolgen.

4.6 Spezielle Aspekte zur Methodik

In diesem Kapitel wird für einige Aspekte zur Methodik, denen in anderen Risikokonzepten, insbesondere PLANAT und Katarisk, ein grösserer Stellenwert zugemessen wird, der Bezug zu AGB1 aufgezeigt.

4.6.1 Grenzkosten

Als Grenzkosten wird allgemein der von der Gesellschaft akzeptierter finanzieller Aufwand für einen zusätzlich verhinderten Todesfall bezeichnet. Sie bilden die wichtigste relative Rahmenbedingung bei der Festlegung der optimalen Handlungsstrategie (s. Abschnitt 4.2). Die Höhe dieses Betrags hängt von verschiedenen Faktoren ab. Sie ist unterschiedlich je nach Volkswirtschaft, nach Art der Ereignisse, die zu Todesfällen führen, nach Strenge der Sicherheitsstandards u.v.a.m. Keinesfalls repräsentieren die Grenzkosten den Wert eines Menschenlebens.

In Abbildung 29 sind einige Beispiele durch europäische Organisationen festgelegter Grenzkosten für verschiedene Bereiche in Abhängigkeit der Risikokategorien aufgeführt. Risikokategorien unterscheiden sich darin nach Grad der Eigenverantwortung des gefährdeten Individuums (s. auch Abschnitt 4.6.3).

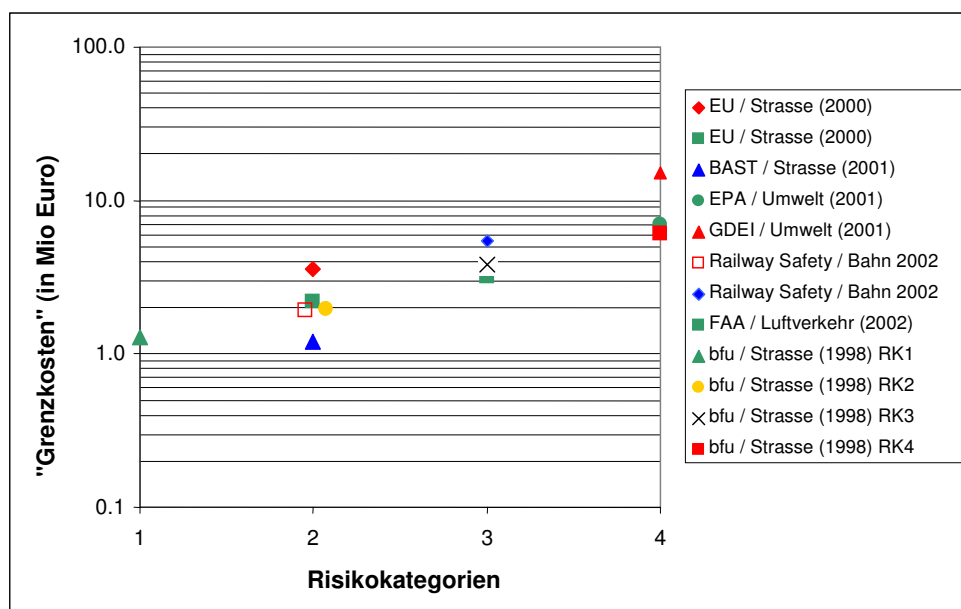


Abbildung 29: Beispiele Grenzkosten aus verschiedenen Bereichen

Im Bericht [13] zum Projekt *Katarisk* (s. Abschnitt 1.2) werden zum Thema Grenzkosten u.a. folgende Aussagen gemacht:

Die Grenzkosten für einen verhinderten Todesfall werden in der Schweiz für den Bereich Naturgefahren auf 5 Mio. Franken festgelegt. Bewertet wird nicht das Leben an sich sondern die Bereitschaft und finanzielle Möglichkeit, Todesfälle zu verhindern. Dies entspricht dem Grenzkostenkonzept, nach dem Investitionen bis zu einem bestimmten Grenzbetrag als verhältnismässig angesehen werden.

Die nachfolgende Abbildung 30 aus [13] zeigt Beispiele von festgelegten Grenzkosten aus verschiedenen Bereichen und für unterschiedliche Risikokategorien.

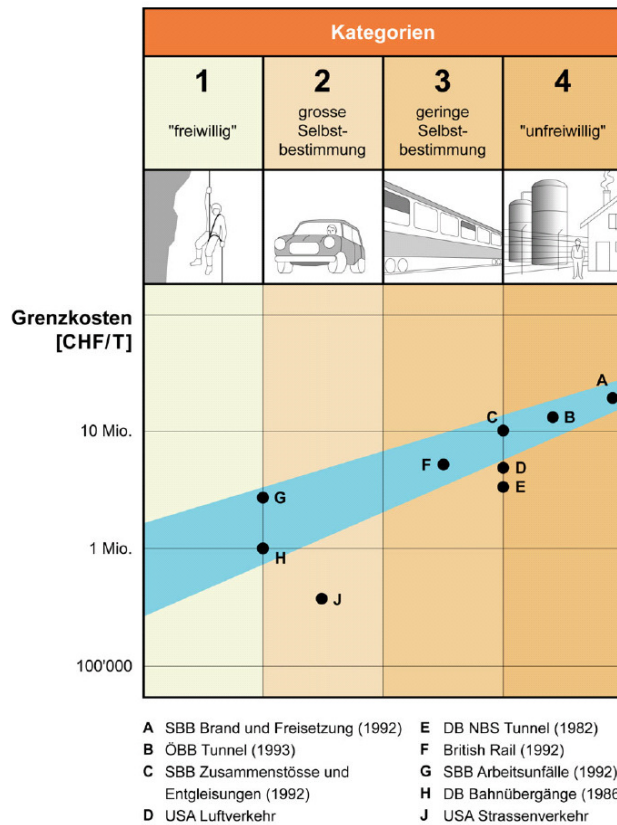


Abbildung 30: Beispiele von Grenzkosten zur Verhinderung von Todesopfern, abhängig von den Risikokategorien

In Katarisk [13] werden Grenzkosten nicht nur für gerettete Menschenleben angegeben. Die Grenzkosten variieren je nach Schadenindikator und Art der Gefahr (s. Tabelle 7).

Tabelle 7: Grenzkosten pro Schadenindikator und Schadenart nach Katarisk

Schadenindikator	Definition	Grenzkosten
n1: Physisch Geschädigte (P)	Todesopfer	0,6–20 Mio. CHF/P.
	Verletzte	4'000-300'000 CHF/P.
	Mittelwert für Todesopfer, Verletzte, Kranke	1 - 2 Mio. CHF/P.
n2: Evakuierte	Mittelwert für horizontal und vertikal Evakuierte	10'000 CHF/Evak.
n3: Unterstützungsbedürftige	Kurzfristig mit hoher Selbständigkeit	10'000 CHF/Unt.
	Langfristig pflegeintensiv	100'000 CHF/Unt.
n4: Lebensgrundlagen	Landwirtschaftliche Nutzfläche (mittelfristige Schädigung)	1 Mio. CHF/km ²
	Wald (langfristige Schädigung)	10 Mio. CHF/km ²
	Langfristig geschädigte Lebensgrundlagen infolge chemischer Störfälle	50 Mio. CHF/km ²
	Langfristig geschädigte Lebensgrundlagen infolge KKW-Störfälle	200 Mio. CHF/km ²
n5: Sachschäden		1 CHF/CHF

PLANAT schlägt in [14] Grenzkosten von 1 bis 10 Mio. CHF je nach Risikokategorie vor. In Tabelle (Tabelle 8) sind zusätzlich Maximalwerte für das individuelle Todesfallrisiko als Schutzziele angegeben. Die Schutzziele werden in der Methodik AGB1 als absolute Rahmenbedingung berücksichtigt (s. Abschnitt 4.4.1 und 4.4.2).

Tabelle 8: Vorschlag Grenzkosten nach PLANAT (2009)

Risikokategorie	Individuelles Todesfallrisiko Maximaler Wert der Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr	Kollektives Risiko: Grenzkosten verhinderter Todesfall (Mio. CHF)	Beispiel
Kategorie 1 100 % freiwillig	$10^{-2} - 10^{-3}$	1 – 2	Personen, die Absperrungen bei erhöhter Gefahr bewusst missachten.
Kategorie 2 hohe Selbstverantwortung	$10^{-3} - 2 \cdot 10^{-4}$	2 – 5	Personen, die Gefahrensituation einschätzen können und die Gefahr bewusst eingehen.
Kategorie 3 niedrige Selbstverantwortung	$2 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-5}$	5 – 10	Weitgehend bis gänzlich Unbeteiligte, die Risiken mehr oder minder unfreiwillig eingehen
Kategorie 4 100 % unfreiwillig	$3 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-6}$	10 – 20	

PLANAT [14] schlägt für kollektive Risiken die Kategorie 3 und somit die Festlegung der Grenzkosten auf 5.0 Mio. CHF vor.

Life Quality Index (LQI)

In [1] wird der Wert der Grenzkosten mit dem Ansatz des Life Quality Index (LQI) hergeleitet. Der LQI ist eine Nutzenfunktion, welche die Leistungsfähigkeit und die Lebensqualität der Gesellschaft beschreibt. Er hängt von verschiedenen für die betrachtete Gesellschaft spezifische Faktoren ab, wie Bruttoinlandprodukt (BIP), Anteil Konsumausgaben (g), Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt (l), Anteil der produktiven Zeit an der Lebenszeit (w) und Anteil des durch Arbeit erwirtschafteten Einkommens (β). In Tabelle 9 ist der Wert der Grenzkosten mit dem LQI-Ansatz für die Schweiz in Abhängigkeit der oben aufgeführten gesellschaftlichen Faktoren für die Jahre 1980, 1990 und 2004 zusammengestellt. Herleitung und Details zur Berechnung sind in [1] angegeben.

Tabelle 9: Sozial- und Wirtschaftsfaktoren Schweiz (Quelle: BFS) Grenzkosten (LQI)

Faktor	1980	1990	2004
BIP [CHF]	28'899	48'523	59'451
Anteil Konsumausgaben [% BIP]	61.8	57.0	60.4
Konsumausgaben (g)	17'864	27'668	35'931
Lebenserwartung (l)	74.9	77.3	80.4
Anteil produktive Lebenszeit (w)	0.136	0.127	0.112
Mit Arbeit erwirtschaftetes Einkommen (β)	~ 0.7	~ 0.7	0.722
Grenzkosten LQI [Mio. CHF]	1.50	2.52	3.89

Es wird vorgeschlagen, für die Grenzkosten einen Wert von CHF 5.0 Mio. zu verwenden. Dies entspricht dem von PLANAT verwendeten Wert.

4.6.2 Monetarisierung von Personenschäden

Als Personenschäden werden Kosten berücksichtigt, welche entstehen, wenn eine Person verletzt oder getötet wird. Das ASTRA hat mit NISTRA ein Instrument zur Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten geschaffen. Als Masseinheiten werden sog. Nachhaltigkeitsindikatoren definiert und quantifiziert. Diese können auch für die Monetarisierung von Konsequenzen bei der Risikobeurteilung dienen. Personenschäden bei Unfällen werden in [17]

wie folgt behandelt.

Die bei Unfällen anfallenden Kosten für Personenschäden setzen sich zusammen aus Sachschäden, Polizeikosten, Rechtsfolgekosten, medizinische Heilungskosten, Wiederbesetzungskosten (Arbeitsplatz), Nettoproduktionsausfälle (da die Unfallopfer vorübergehend oder dauerhaft nicht als Arbeitskräfte eingesetzt werden können), immaterielle Kosten (Schmerz, Leid der Unfallopfer), Administrativkosten von Versicherungen.

Aufgrund von Auswertungen der effektiven Unfallraten und Unfallkosten auf den Strassen nach diesen Anteilen gibt [17] die folgenden Indikatoren (Schadenausmasse) pro Person an:

Verletzte Person CHF 276'427
Getötete Person CHF 3'432'135

Gerundet kann mit Schadenkosten von CHF 300'000 pro verletzte und CHF 3.5 Mio pro getötete Person gerechnet werden.

Eine weitere, aufgrund statistischer Daten einer Gesellschaft (Mittlere Lebenserwartung, Konsumverhalten, Einkommen) ermittelbare Grösse, die zur Bestimmung der Todesfallkosten herbeigezogen werden kann, ist der ‚Gesellschaftliche Wert eines statistischen Lebens (SVSL). In [1] ist die Herleitung dieser Grösse beschrieben. In Tabelle 10 ist der SVSL in Funktion des angenommenen Diskontsatzes dargestellt.

Tabelle 10: *Gesellschaftlicher Wert eines statistischen Lebens (SVSL)*

Diskontsatz (%)	SVSL (Mio. CHF)
0	9.02
1	7.12
2	5.80
3	4.85
4	4.14
5	3.60

Mit dem üblich angenommenen Diskontsatz von 2% müssten die Grenzkosten zur Zeit (2007) für die Schweiz auf 5.8 Mio. CHF festgelegt werden.

Von diesen monetarisierten Personenschäden klar zu unterscheiden sind die Todesfallkosten als Rahmenbedingung bei der Bestimmung der optimalen Massnahmenstrategie (s. Abschnitt 4.6.1). Die Grenzkosten repräsentieren die Kosten, welche die Gesellschaft zur Rettung eines Menschenlebens auszugeben bereit ist.

4.6.3 Individuelles und kollektives Todesfallrisiko

In AGB1 werden als Konsequenz die Anzahl Todesfälle berücksichtigt, d.h. es wird das kollektive Todesfallrisiko betrachtet. Das individuelle Todesfallrisiko wird nicht explizit behandelt, kann jedoch grundsätzlich als Rahmenbedingung berücksichtigt werden¹.

In anderen Bereichen werden für das individuelle Todesfallrisiko Schutzziele definiert. Solche Schutzziele schlägt z.B. PLANAT in Abhängigkeit der sog. Risikoklassen vor (s. Tabelle 8 in Abschnitt 4.6.1).

Diese Schutzziele für individuelle Todesfallrisiken können in der Methodik AGB1 als Rahmenbedingung in die Risikobewertung bei der Maximierung der Zielfunktion eingesetzt werden (s. Abschnitt 4.1).). Dabei können auch verschiedene Risikoklassen unterschieden werden. Diese Schutzziele gelten bei der Massnahmenoptimierung als absolute Rahmenbedingungen (s. Abschnitt 4.2). Massnahmenstrategien, welche sie verfehlen, fallen aus der Aus-

¹ Rahmenbedingungen sind in der Regel für gesetzlich vorgeschriebene Schutzziele oder Grenzwerte zu berücksichtigen.

wahl.

4.6.4 Risikoaversion

Exkurs

Unter dem Thema Risikoaversion wird die Gewichtung des Schadensausmasses verstanden. Darunter werden unterschiedliche Phänomene zusammengefasst, so insbesondere:

- Wahrnehmung eines Schadenereignisses durch die Gesellschaft
- Regenerationsaufwand bzw. Regenerationszeit eines geschädigten Systems

aber auch:

- Unsicherheit der Abschätzung von Häufigkeit und Ausmass;

Für den Naturgefahren (PLANAT) und den Bevölkerungsschutz (BABS) wird als massgebende Einflussgrösse der Aversion die durch ein Ereignis zu erwartende Anzahl Todesfälle festgelegt. Diese Grösse bestimmt den sog. Aversionsfaktor, mit welchem das errechnete Risiko zu multiplizieren ist. In Abbildung 31 sind die Vorschläge von PLANAT und BABS für die Festlegung des Aversionsfaktors dargestellt.

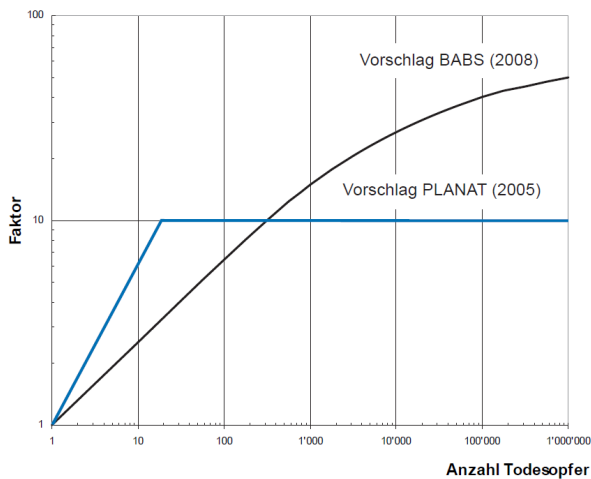
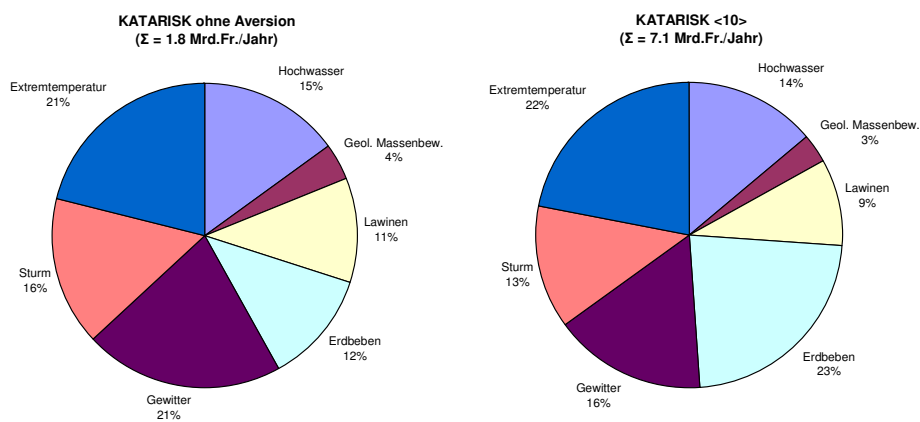


Abbildung 31: Aversionsfaktor als Funktion der Anzahl Todesfälle pro Ereignis

Die Einführung des Aversionsfaktors kann das Bild einer Risikosituation massiv beeinflussen. Die aus [15] entnommene Abbildung 32 zeigt diesen Einfluss eindrücklich.



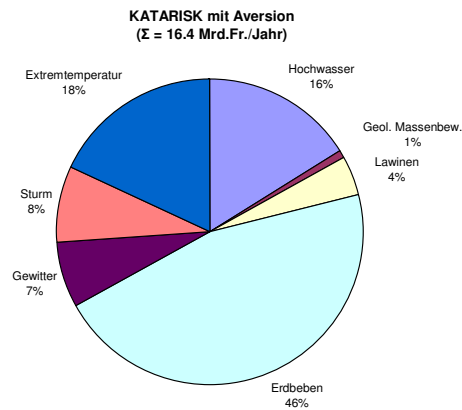


Abbildung 32: Risikoanteile von Naturgefahren, Einfluss Aversion

Die Abbildung zeigt die Risikoverteilung für Naturgefahren in Abhängigkeit der berücksichtigten Aversion. Im Diagramm vordere Seite links ist kein Aversionsfaktor berücksichtigt. Im Diagramm vordere Seite rechts oben sind Ereignisse berücksichtigt, die gemäss Katarisk einem Aversionsfaktor 10 zuzuordnen sind. Im Diagramm oben links sind sehr seltene Grossereignisse berücksichtigt, deren Aversionsfaktor bis 100 betragen kann. Das Gesamtrisiko variiert von 1,8 Mia ohne Aversion bis 16,4 Mia mit voller Aversion. Die Teilbeiträge unterscheiden sich zudem je nach Aversionsberücksichtigung beträchtlich.

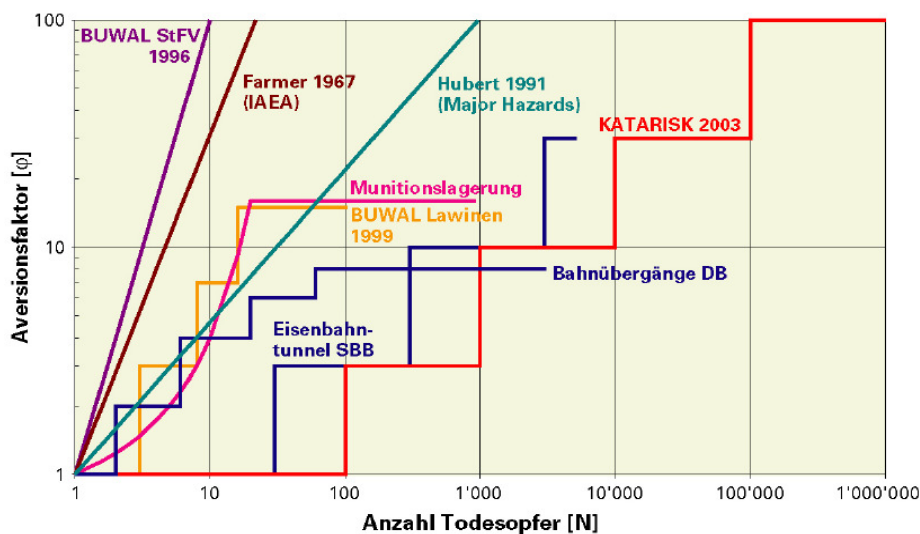


Abbildung 33 Beispiele von Vorschlägen für Risikoaversionsfaktoren (aus [15])

Die Einführung eines Aversionsfaktors zur unterschiedlichen Gewichtung errechneter Risiken enthält eine starke Ermessenskomponente und stellt deshalb bereits eine politische Wertung dar. Nicht von ungefähr entfacht die Festlegung dieses Faktors lebhaft Diskussionen unter Fachleuten (s. Abbildung 33).

Behandlung in AGB1

In der Methodik AGB1 fehlt das Konzept des Aversionsfaktors komplett und bewusst. Die Wertung eines Ereignisses soll nicht Aufgabe der Fachleute, sondern der Entscheidungsträger und der Politik sein. Die durch die Fachleute angewendete Methodik soll die Konsequenzen eines Ereignisses objektiv und ohne Wertung liefern. Das Konzept der direkten und indirekten Konsequenzen unter Einbezug der gesellschaftlich induzierten Konsequenzen ermöglicht die transparente Darstellung der Risikosituation.

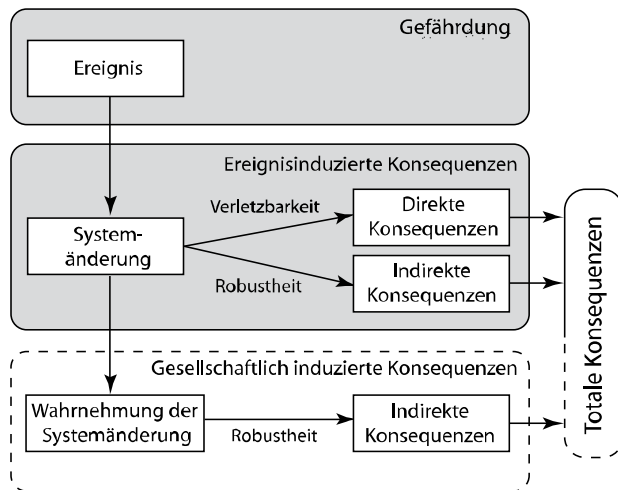


Abbildung 34: Konsequenzen (Abbildung 10 aus Abschnitt 28)

Die Wertung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Risikowahrnehmung und weiterer gesellschaftlicher Aspekte soll Aufgabe der Entscheidungsträger bleiben. Die politische Diskussion und Wertung wird sich somit im Bereich der gesellschaftlich induzierten Konsequenzen abspielen. Überlegungen, wie sie von den Fachleuten zur Herleitung des Aversionsfaktors gemacht werden, können dabei behilflich sein, wobei bei allen Akteuren stets Transparenz über die getroffenen Annahmen und Wertungen herrschen sollte.

4.7 Überprüfung der Methodik - Teilprojekt Testregion

Im Projekt Testregion (s. Bericht [11]) wurden die verschiedenen Methoden der Risikobeurteilung und ihre Zusammenwirken in der praktischen Anwendung getestet. Insbesondere wurde eine vergleichende Beurteilung der Risiken aus verschiedenen Sicherheitsbereichen praktisch durchgeführt. Als Testregion diente die Gotthardstrecke der A2 von Amsteg bis Göschenen (für den Teilbereich Störfall zusätzlich der Gotthard Strassentunnel).

Testanordnung

Die Testanordnung ist in Abbildung 35 dargestellt. Die Risikoermittlung erfolgt auf zwei Wegen. Der erste Weg (Pfeile schwarz, ausgezogen) entspricht einer Risikobeurteilung, welche im entsprechenden Teilbereich fachspezifisch durchgeführt wird. Hier werden im Teilbereich die Risiken nach den im entsprechenden Fachgebiet angestammten Methoden ermittelt und aus dieser Sicht Massnahmen zu deren Begrenzung abgeleitet.

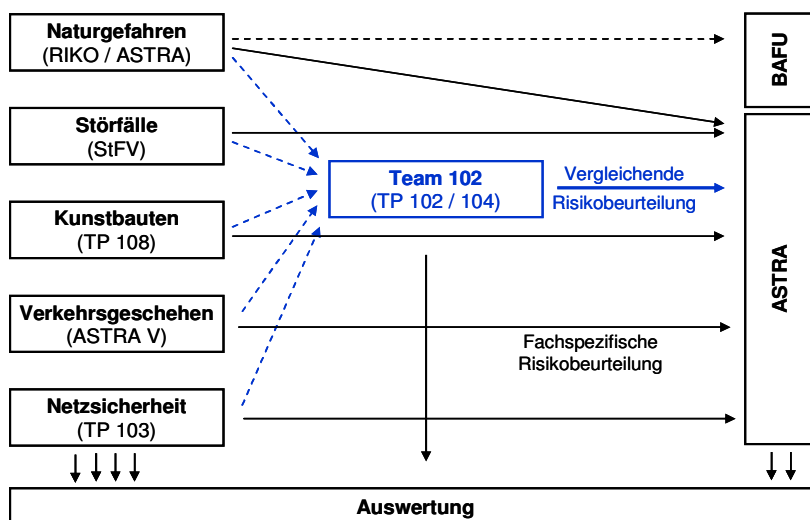


Abbildung 35: Konzept Projekt Testregion

Der zweite Weg (Pfeile blau) entspricht einer übergreifenden Beurteilung im Rahmen des zukünftigen Risikomanagements des ASTRA und einer übergeordneten Optimierung der Massnahmen zur Risikobeherrschung. Zu diesem Zweck wurde eine vergleichende Risiko- beurteilung über alle Teilbereiche gemäss Teilprojekt 102 vorgenommen und daraus ein opti- males Massnahmenpaket mit der im Teilprojekt 104 beschriebenen Methodik bestimmt.

Durchführung

Die Arbeitsmethodik basierte auf einer intensiven Zusammenwirkung der Teilbereiche und der vergleichenden Risikobeurteilung (Teilprojekt 102). Diese Zusammenwirkung ist in Abbil- dung 36 dargestellt.

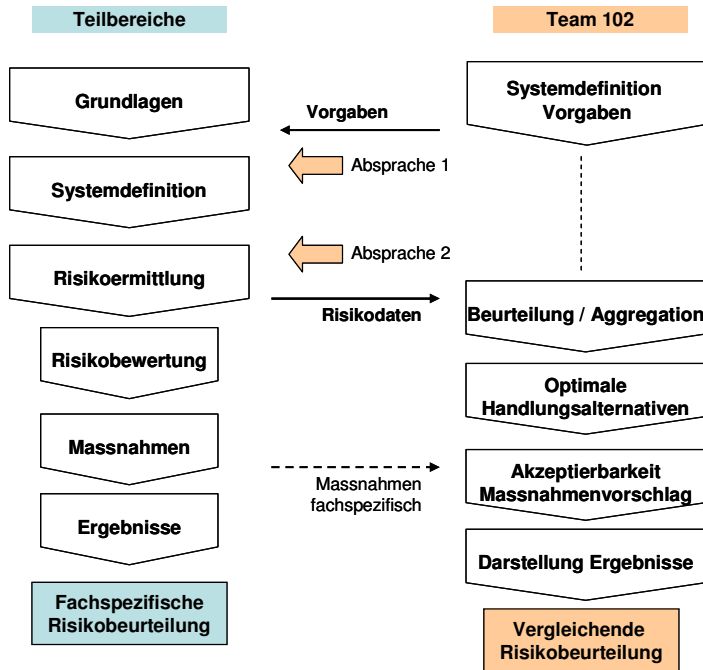


Abbildung 36: Zusammenwirkung Teilbereiche – TP 102

Teilbereich Naturgefahren

Für den Teilbereich Naturgefahren wurde eine freie Teilstrecke aus der Gesamtstrecke he- rausgegriffen. Für diese wurde die Risikobeurteilung für gravitative Naturgefahren durchge- führt.

Für die Risikobeurteilung kam die im Verlaufe des Jahres 2008 im Auftrag des Bundesamt für Strassen entwickelte „Methodik für eine risikobasierte Beurteilung, Prävention und Bewäl- tigung von gravitativen Naturgefahren“ zur Anwendung, welche eine Weiterentwicklung der Methodik RIKO der PLANAT darstellt.

Teilbereich Störfall

Für den Teilbereich Störfall lag der Fokus auf Ereignissen, bei denen gefährliche Güter ge- mäss Definition der Regelung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR) freigesetzt werden und zu Schäden an Personen oder an der Umwelt führen.

Zur Beurteilung des Teilbereichs Störfall wurde der Gotthard-Tunnel von Göschenen bis Ai- rolo betrachtet. Der Gotthard-Tunnel unterliegt als Durchgangsstrasse gemäss Durchgangs- strassenverordnung der Störfallverordnung.

Da die Störfallrisiken nur einen Teil der Risiken infolge von Ereignissen im Tunnel darstellen, ist neben der Betrachtung gemäss StfV für den vorliegenden Methodiktest eine erweiterte, fiktive Abschätzung der Gesamtrisiken (inkl. Risiken ohne Beteiligung von Gefahrgut) erfolgt.

Teilbereich Kunstbauten

Im Teilbereich Kunstbauten wurde die Risikobeurteilung für einzelne Objekte auf der Teststrecke und für ausgewählte Gefahren durchgeführt. Es ging dabei nicht um die Bestimmung der Tragsicherheit, sondern es wurden Risiken ermittelt, welche sich aus der Versagenswahrscheinlichkeit und dem Schadensausmass (Konsequenzen) bestimmen.

Die fachspezifische Risikobeurteilung ist nach der im Teilprojekt 108 entwickelten Methode erfolgt.

Teilbereich Verkehrsgeschehen

Im Bereich Verkehrsgeschehen ging es darum, Erfahrungen im Risikomanagement zu sammeln, mögliche Einsatzgebiete zu erkennen, die Methoden von AGB1 praktisch anzuwenden, die notwendigen Voraussetzungen in Bezug auf Daten, Grundlagen, etc. für die Durchführung von Risikobeurteilungen zu erkennen und den Nutzen des Risikomanagements im eigenen Aufgabenbereich zu prüfen.

Teilbereich Netzrisiken

Ein Ausfall der Strecke Amsteg – Göschenen aufgrund eines Ereignisses (Ausfallereignis) bewirkt Konsequenzen auf der Strecke selbst sowie in einem Teilnetz im Umfeld der Strecke. Die Risiken dieser Strecke, unter Berücksichtigung der (indirekten) Konsequenzen im betroffenen Teilnetz, die ebenfalls der Strecke zuzuordnen sind, werden als Netzrisiken der Strecke bezeichnet.

In den Teilbereichen Naturgefahren, Störfall und Kunstbauten wurden Ereignisse und Risiken gemäss den Vorgaben des Teilprojektes analysiert. Einige dieser Ereignisse können auch zu einem Ausfall der Strecke Amsteg – Göschenen führen. Im Teilbereich Netzrisiken ging es darum, die indirekten Konsequenzen genau dieser Ausfallereignisse zu ermitteln.

Die Ermittlung der Netzrisiken erfolgte anhand der im Teilprojekt 103 entwickelten Methode.

Ergebnisse

Für die Testregion wurden in allen Teilbereichen im Rahmen der Testregion einzelne Objekte und Einwirkungen behandelt. Es ging bei diesem Projekt nicht um eine lückenlose Analyse der Risiken auf der Teststrecke, sondern um die Ermittlung der Risikowerte und Massnahmenbeurteilungen als Eingangsgrösse für die vergleichende Risikobeurteilung.

Erfahrungen und Erkenntnisse

Das Projekt Testregion hat einerseits die Probleme, Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit der verschiedenen Methoden im Zusammenspiel aufgezeigt. Andererseits wurden Erkenntnisse für Ergänzungen der Methoden gewonnen.

Die Anwendung der Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung bot keine grundsätzlichen Schwierigkeiten. Hingegen zeigt sich, dass die Ergebnisse aus den verschiedenen Sicherheitsbereichen von unterschiedlicher Qualität sind und sehr unterschiedliche Unschärfen aufweisen, was von der Beschaffenheit der verfügbaren Grundlagen, der Eigenheiten der verschiedenen Methoden und der teils sehr weitgehenden notwendigen Vereinfachungen und zu treffenden Annahmen herrührt.

Klar bestätigt wurde die zentrale Bedeutung der Systemdefinition für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den Teilbereichen.

Die Massnahmenoptimierung unter den Massnahmenvorschlägen der Teilbereiche war methodisch unproblematisch. Hingegen ist zu beachten, dass auch hier gegenseitige Abhängigkeiten der Massnahmenoptionen zur Vereinfachung unberücksichtigt blieben.

Die Erkenntnisse des Projekts führten zu einigen Anpassungen der Methoden, welche in AGB1 entwickelt wurden, insbesondere bei der vergleichenden Risikobeurteilung von Kunstbauten. Es ergaben sich auch Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der Methodik Naturgefahren Strasse und das Projekt ERMA (Einführung des Risikomanagements im ASTRA).

Handlungsbedarf

Folgender Handlungsbedarf wurde festgestellt:

- Es sollte ein Leitfaden erarbeitet werden, der das Vorgehen und die zentralen Kriterien zur Vergleichbarkeit von Risiken, wie Systemdefinition, Abschätzung von Ereigniswahrscheinlichkeiten, Konsequenzenmodellierung usw. konkret definiert und so die praktische Arbeit unterstützt.
- Die allgemeinen methodischen Grundsätze sollen bei vergleichenden Risikobeurteilung in den Strassenverwaltungen als Standard verwendet werden.

5 Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts

Im geltenden Recht sind verschiedene Methoden der Risikobegrenzung bekannt. Im Vordergrund stehen Vorschriften, die konkrete Sicherheitsmassnahmen vorschreiben. Entsprechende Normen gewährleisten zwar einen relativ einfachen Vollzug, führen allerdings dazu, dass nicht die bestmögliche Sicherheit realisiert wird, da unter Umständen teure, aber wenig wirkungsvolle Massnahmen ergriffen werden. Dies hat zur Folge, dass die beschränkt zur Verfügung stehenden Mittel andernorts fehlen. Mit dem risikobasierten Ansatz soll erreicht werden, dass die Mittel dort eingesetzt werden, wo sie am effizientesten sind. Die bestehende Rechtsordnung lässt den rechtsanwendenden Behörden durchaus Spielraum für risiko- und effizienzbasierte Sicherheitsüberlegungen. Obwohl wenig Kohärenz ersichtlich ist, spielen in der Rechtsprechung in zahlreichen Entscheiden Zumutbarkeitsüberlegungen eine entscheidende Rolle. Eine konsequente Umsetzung würde allerdings durch eine Rechtsänderung erleichtert. Ohne eine solche Rechtsänderung ist die mitunter inkonsistente Rechtsprechung kaum zu vereinheitlichen und die für die Implementierung eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts erforderliche Rechtssicherheit nicht zu erzielen.

In der Literatur wird zwischen einer direkten und einer indirekten Anwendung von risikobasiertem Recht unterschieden. Bei der direkten Anwendung werden konkrete Einzelfälle unmittelbar anhand eines Risikogrenzwertes beurteilt. Die direkte Anwendung setzt voraus, dass sich die Risiken für die zu beurteilende Anlage oder Tätigkeit im Einzelfall bestimmen lassen. Soweit die direkte Anwendung nicht in Frage kommt, kann der risikobasierte Ansatz in indirekter Anwendung umgesetzt werden. Dabei werden nach wie vor traditionell formulierte Sicherheitsvorschriften erlassen; diese werden aber so ausgestaltet, dass im Ergebnis (unter Berücksichtigung der Implementierung der betreffenden Norm) der normativ festgelegte Risikogrenzwert eingehalten wird.

Vorschriften über die Sicherheit im Bereich des Strassenverkehrs gibt es viele; neben der Gesetzgebung im Strassenbereich (NSG, NSV, SVG etc.) stehen insbesondere die Haftungsvorschriften im OR und ZGB (z.B. Art. 41, 58 OR, Art. 679 ZGB) sowie die Bestimmungen über die strafrechtliche Verantwortlichkeit (Art. 117, 125 oder 229 StGB) im Vordergrund.

Von rechtlicher Bedeutung können aber auch Normen und Richtlinien ohne Gesetzeskraft sein (VSS-Normen, SIA-Normen etc.), sofern sie allgemein anerkannte Regeln darstellen (vgl. dazu auch Art. 229 StGB [Regeln der Baukunde]). Das schweizerische Sicherheitsrecht ist nicht systematisch risikobasiert. Immerhin kann festgehalten werden, dass die bestehenden Normen Zumutbarkeits- und Kostenüberlegungen im Grundsatz durchaus zulassen.

Schranken eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts sind demgegenüber Massnahmen, die in Verordnungen oder bloss einschlägigen Richtlinien privater Organisationen (SIA- und VSS-Normen) als rigide Regeln vorgeschrieben sind und keine prinzipienbasierte Opportunitätsabwägungen im Einzelfall ermöglichen. Diese Bestimmungen erschweren eine konsequente Umsetzung des risikobasierten Ansatzes, wie er von Seiler [16] vertreten wird. Davon zu unterscheiden ist die Methodik, wie sie dem TP 102 zugrunde liegt. Die Methodik gemäss TP 102 fordert, dass sämtliche rechtlichen Rahmenbedingungen und Richtlinien strikte eingehalten werden müssen. Die juristisch heikle Frage, ob bspw. bewusst punktuell von rigiden Sicherheitsstandards abgewichen werden darf, wenn dadurch übermässige Kosten verursacht werden, stellt sich bei konsequenter Anwendung dieser Methode damit grundsätzlich gar nicht.

Soweit massnahmenorientierte Vorschriften nicht von Zeit zu Zeit auf Ihre Effizienz geprüft werden, besteht die Gefahr, dass ineffiziente Sicherheitsmassnahmen verlangt werden und die Praxis gehindert wird, bestimmte andere Massnahmen, die kostenwirksamer wären, einzusetzen.

In der Rechtsprechung ist der risikobasierte Ansatz sowohl im Straf- als auch im Zivilrecht erkennbar. Die Rechtsordnung und die Gerichte verlangen nicht eine Beseitigung sämtlicher Risiken; es müssen lediglich die zumutbaren Massnahmen ergriffen werden (Kosten-/Nutzen-Abwägungen oder Kosten-/Wirksamkeitsabwägungen). Im Zentrum steht die Frage

der Zumutbarkeit der Ergreifung von Sicherheitsmassnahmen. Dabei werden die Kosten in ein Verhältnis zu der mit den Massnahmen verfolgten Risikoabwehr gesetzt. Es geht mit anderen Worten um eine Kosten/Nutzen-Analyse, die von den Gerichten allerdings ex post vorgenommen wird. Die Beurteilung erfolgt nicht abstrakt aufgrund von Gesamtbetrachtungen, sondern jeweils aufgrund der konkreten Gefahrensituation. So wirkt denn auch der Hinweis auf übermässige Sicherungskosten nur selten entlastend. Die ex-post-Betrachtung schenkt der Wahrscheinlichkeitsfrage zu wenig Beachtung.

Die analysierte Praxis ergibt insgesamt strenge Massstäbe an die Vermeidung von Individualrisiken, die allerdings aufgrund der eher situativen und teils intuitiven Beurteilung der Gerichte nur wenig klare Handlungsanweisungen vermitteln. In der Praxis sind die Anforderungen an Anlage und Unterhalt von Strassen nicht so hoch wie bei anderen Werken. Das Bundesgericht trägt dem Ausmass des Strassennetzes Rechnung und erkennt, dass Strassen nicht im gleichen Mass unterhalten werden können wie etwa ein Gebäude. Es genügt dass die Strasse bei Anwendung gewöhnlicher Sorgfalt ohne Gefahr benützt werden kann. So dann wird in der Praxis die Frage der Zumutbarkeit von Sicherheitsvorkehrungen je nach Art der Strasse unterschiedlich beurteilt.

Die Verfasser formulieren nach der Analyse der bestehenden Rechtslage und der massgebenden Rechtsprechung die folgenden Postulate:

- Der risikobasierte Ansatz sollte in der strafrechtlichen Rechtsprechung systematisch berücksichtigt werden.
- Nach dem Prinzip der Einheit der Rechtsordnung sollte das verwaltungsrechtlich als zulässig erklärte Risiko auch im Strafrecht ein sozialadäquates Risiko darstellen.
- Das Strafrecht sollte einem risikobasierten Ansatz und damit einem effizienten Mitteleinsatz nicht im Wege stehen.
- Die Frage nach der zivilen Verantwortung ist eine rechtspolitische Frage. Eine allgemeine Forderung, dass die Umsetzung eines risikobasierten Ansatzes auch zur Befreiung von ziviler Haftung führen soll, lässt sich dabei nicht aufrecht halten. Allerdings kann der risikobasierte Ansatz im Rahmen der Haftung unter der Frage der Zumutbarkeit oder der Definition des Mangelbegriffs vermehrt verwirklicht werden.

Bestandteil des Auftrags an die Verfasser war, konkrete Lösungsvorschläge zu präsentieren.

- Vorgeschlagen wird in erster Linie eine neue Bestimmung im Nationalstrassengesetz oder in der Nationalstrassenverordnung, wonach das ASTRA die Erforderlichkeit und die Umsetzung der Massnahmen gestützt auf ein risiko- und effizienzbasierendes Sicherheitskonzept beurteilt und dazu Richtlinien erlässt. Aufgrund der bestehenden Delegationsnormen im NSG bzw. der NSV ist auch denkbar, eine solche Richtlinie ohne zusätzliche Gesetzes- oder Ordnungsrevision zu erlassen. Eine Verankerung auf Gesetzes- oder Verordnungsebene ist aus Gründen der Rechtssicherheit und der Signalwirkung für die Kantone wünschenswert.
- Im Zivilrecht besteht nach Ansicht der Verfasser kein gesetzgeberischer Handlungsbedarf. Die Praxis zu Art. 58 OR zeigt, dass ein risikobasierter Ansatz durchaus umgesetzt werden kann und Raum für eine Effizienzprüfung besteht.
- Auch im Strafrecht besteht kein gesetzgeberischer Handlungsbedarf.
- Normen und Richtlinien (z.B. SIA, VSS) stehen heute risikobasierten Überlegungen häufig entgegen, indem sie unbesehen von der Risikosituation neben effizienten oft auch ineffiziente Sicherheitsmassnahmen vorschreiben. Normen und Richtlinien wären somit geeignete Revisionsobjekte zur Umsetzung des risikobasierten Ansatzes. Der Normgeber ist gehalten, diese Vorschriften regelmässig auf ihre Effizienz zu überprüfen.

6 Sicherheit von Kunstbauten

6.1 Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten

Eine umfassende Bestandesaufnahme und Beurteilung der Behandlung der Tragsicherheit bestehender Kunstbauten des schweizerischen Nationalstrassennetzes wurde im Teilprojekt 107 unternommen (s. Bericht [7]). Dabei spielt die geschichtliche Entwicklung der Bemessungspraxis, der Normen und des Unterhalts eine wesentliche Rolle. Beleuchtet wird das Thema auch unter dem Aspekt der Neuorganisation des Strassenwesens mit dem Neuen Finanzausgleich zwischen Bund und Kantonen (NFA).

Die *Methodik zur Bemessung und Überprüfung von Kunstbauten* hat sich über die Zeit beziehungsweise über die entsprechenden Normengenerationen verändert. Die *Nachweiskonzepte früherer Normengenerationen* entwickelten sich, ausgehend von den zulässigen Spannungen bis zu den Teilsicherheitsfaktoren und deren Differenzierung und bis zum aktuell gültigen Nachweiskonzept mit Grenzzuständen. Dieses bleibt nach wie vor sicherheitsorientiert, sieht jedoch für spezielle Fälle probabilistische Nachweise vor. Für bestimmte Anwendungen eignet sich auch das *semi-probabilistische Nachweisformat*.

Bei den *Lasteinwirkungen* wird für jede wesentliche Einwirkung aufgezeigt, wann sie wie Eingang ins Normenwerk fand, was im vornormativen Bereich geschieht und welche Entwicklungen in Zukunft zu erwarten sind (Beispiel Abbildung 37). Der grösste Informationsbedarf besteht bei den ständigen Lasten, da deren Aktualisierung im Rahmen von Überprüfungen allenfalls Reserven aufzeigt und bei den Verkehrslasten, da diese zwar ständig zunehmen jedoch nicht so flächendeckend und rasch, wie man es anhand der Normen für Neubauten vermuten könnte.

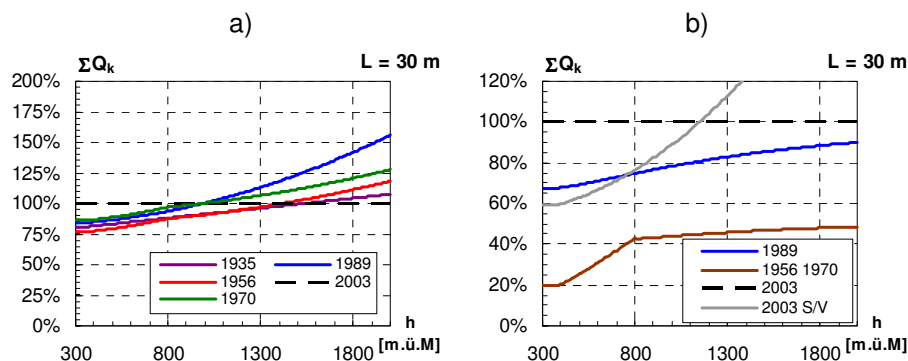


Abbildung 37: Schneelast und Strassenlast für ein Brückenfeld mit Fahrbahnbreite 9m auf Kennwertniveau - (a) Leiteinwirkung Verkehr, (b) Leiteinwirkung Schnee

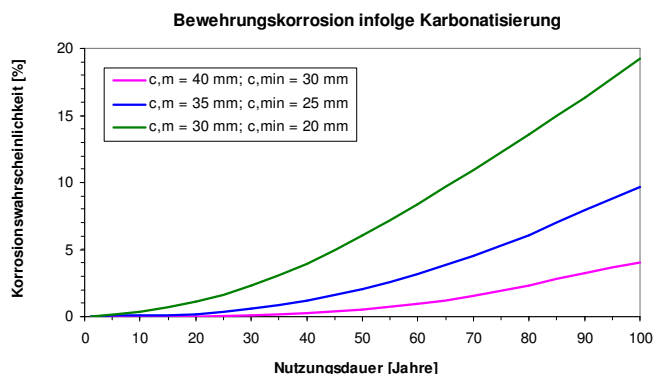


Abbildung 38: Beispiel einer analysierten Zustandsentwicklung in Funktion der Betonüberdeckung

Unter dem Titel *Zustand Bauwerk* werden alle Aspekte des Tragwiderstandes – beschränkt auf den Stahl- und Spannbeton – abgehandelt, sowohl dessen Bestimmung über die Normengenerationen als auch dessen Veränderung durch Schädigungsmechanismen und die zugehörige Beschreibung des Zustandes.

Es zeigt sich, dass nicht nur die Anforderungen an die Baustoffe und die daraus resultierenden Materialkennwerte, sondern auch das Bemessungskonzept und einzelne Widerstandsmodelle von Normengeneration zu Normengeneration wechselten mit lediglich punktueller Kalibrierung an den Vorgängernormen. Zustandsklassen wurden erst im letzten Jahrzehnt eingeführt und es fehlt noch ein übergeordnetes Konzept. Schädigungsmechanismen werden zunehmend quantitativ erfasst, aber die Anwendungen in der Praxis überzeugen noch nicht durchgehend.

Zu *Bau- und Erhaltungsmängel* werden die organisatorischen Grundlagen der Überwachung und Überprüfung beleuchtet, häufige Baumängel und ungeeignete Massnahmen aus dem Erfahrungsbereich des Forschungsteams aufgelistet und mögliche Korrekturmassnahmen aufgezeigt. Obwohl anhand der vorhandenen Regelungen lediglich der Soll- und nicht der Ist-Zustand beurteilt werden kann, zeigt sich, dass die wichtigsten Aspekte nicht technischer sondern organisatorischer Art sind wie Organisationsformen und Fachkompetenz der Projektbeteiligten, Vergabeverfahren, Aus- und Weiterbildung.

Zum Thema *Betrieb Infrastruktur* werden insbesondere die Konsequenzen der strategischen Ziele von UPlaNS auf den Handlungsspielraum im Erhaltungsmanagement aufgezeigt und Vorschläge gemacht, wie die Struktur der Erhaltungsabschnitte auch für die Überwachung genutzt werden kann.

Schliesslich werden verschiedene Aspekte der *Beurteilung der Tragsicherheit* beschrieben und charakterisiert, so

- die Theorie und Praxis der deterministischen Beurteilung in der Phase der Überprüfung,
- die Herleitung der theoretischen Versagenswahrscheinlichkeiten, die sich aus dem Normenwerk bestimmen lassen,
- die probabilistische Modellierung auf der Zeitachse unter Berücksichtigung von Schädigungsmechanismen,
- die Möglichkeiten zur Reaktion auf eine mangelnde Tragsicherheit und
- die Abschätzung des Versagensrisikos aus effektiven Einstürzen.

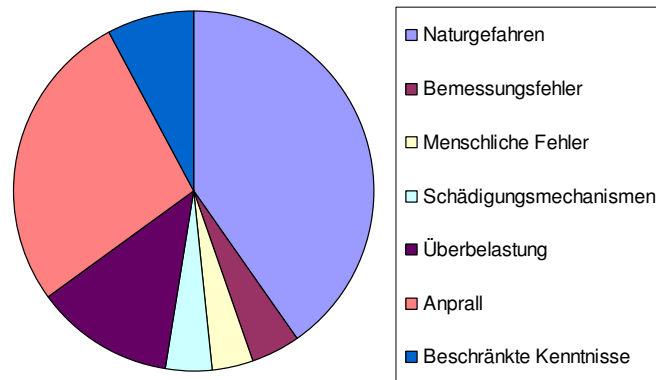


Abbildung 39: Verteilung der effektiven Einstürze von Strassenbrücken 1945-2004

Dabei zeigt sich, dass die abgeschätzten Versagenswahrscheinlichkeiten dieselbe Grössenordnung haben wie die theoretisch errechneten. Die Art des Versagens entspricht allerdings häufig nicht den durch die Probabilistik akzeptierten Risiken.

Die Gesamtbewertung dieser Aspekte führt u.a. zu folgenden Schlussfolgerungen: Die Methode der Teilsicherheitsbeiwerte ist etabliert, stösst aber an ihre Grenzen, sobald das Nachweisniveau etwas hinterfragt wird. Die probabilistischen Ansätze erlauben grundsätzlich die Berücksichtigung von wesentlich mehr Aspekten, wie des Kenntnis- und Wissensstands sowie der Konsequenzen eines Versagens oder einer ungenügenden Tragsicherheit. Da nicht für all diese Aspekte leicht zugängliche Daten vorliegen und die Methodik noch nicht als Grundwissen von Bauingenieuren vorausgesetzt werden kann, verläuft die Umsetzung noch harzig. Pionierarbeit wird bei der Überprüfung der Erdbebensicherheit bestehender

Tragwerke geleistet, wo risikobasierte Verfahren bereits flächendeckend verwendet werden. Voraussetzung für eine einheitliche Risikobewertung sind nachvollziehbare, begründete Systemabgrenzungen, da diese die Konsequenzen erheblich beeinflussen. Das Teilsystem *Nationalstrasse* ist langfristig nicht für das System *Strasse* repräsentativ, wenn nicht durch geeignete Massnahmen sichergestellt wird, dass überall dieselben Standards gelten. Die Tragfähigkeit bestehender Kunstbauten war bisher zufriedenstellend; infolge des zunehmenden Alters des Bestandes, der zunehmenden Einwirkungen und der zeitlich und örtlich eingeschränkten Möglichkeiten zur Einflussnahme wird die Erhaltung jedoch anspruchsvoller.

6.2 Baustellensicherheit bei Kunstbauten

Kunstbautenbaustellen auf Nationalstrassen erwecken den Eindruck eines hohen Gefährdungspotenzials für Verkehrsteilnehmer, Baustellenpersonal, Baustelleneinrichtungen und Umfeld. Bis heute fehlt jedoch dafür eine systematische Analyse der potentiellen Gefahren sowie auch klare Vorgaben wie eine solche zu planen, zu installieren und zu realisieren ist. Auch sind keine für Kunstbauten-Baustellen relevanten, statistischen Daten verfügbar. Aus den verfügbaren Unfalldaten ist sogar zu schliessen, dass die Unfallgefahr bei Kunstbauten-Baustellen relativ gering ist. Trotzdem muss hier ein erhebliches Gefahrenpotenzial in Bezug auf die Schwere der Konsequenzen vermutet werden.

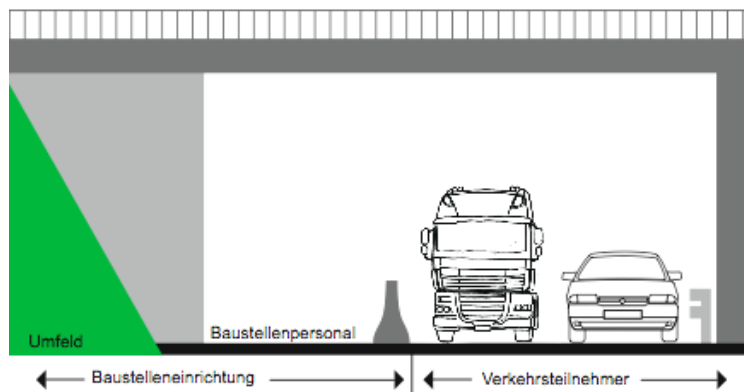


Abbildung 40: Exposition Kunstbauten-Baustelle

Die in Statistiken und in der Forschungsliteratur meistgenannten Unfallursachen auf Nationalstrassen sind hohe Geschwindigkeit bzw. nicht angepasste Geschwindigkeit, Unaufmerksamkeit und Ablenkung, Fahrstreifenwechsel und Einspuren und Zustand des Lenkers (Alkohol, Drogen, u.a.).

Die Befragungen von Fachstellen der Tiefbauämter, Unternehmer und Planer bestätigten den Eindruck, dass bei Baustellen und insbesondere bei solchen von Kunstbauten ein grosses Gefahrenpotential lauert und in der Behandlung dieser Probleme beträchtlicher Handlungsbedarf bei allen Akteuren einer Baustelle (Auftraggeber, Planer, Bauleiter, Unternehmer) besteht. Die identifizierten Lücken, Mängel (Beispiel s. Tabelle 11) und ein daraus abgeleitetes Handlungsprogramm sind im Bericht [10] umfassend und detailliert erfasst. Handlungsbedarf besteht danach in den Bereichen Grundlagen, Schulung, Organisation, Planung und Ausführung. Dafür wird eine entsprechende Richtlinie des ASTRA vorgeschlagen.

Tabelle 11: Lücken und Mängel in der Planung

Typ	Lücken und Mängel
P1	Planungsgrundlagen werden nicht auf tatsächliche geometrische Verhältnisse überprüft.
P2	Umfassendes Sicherheitskonzept, das die Vielfalt der Situationen und Baustellenarten auf Nationalstrassen abdeckt; fehlt oft.
P3	Erfahrung und Fachkompetenz der Projektverfasser teilweise ungenügend. Manchmal

Typ	Lücken und Mängel
	fehlen wesentliche Kenntnisse über die Eigenheiten von Nationalstrassen-Baustellen.
P4	Die Absprache während der Planung ist zwischen Projektverfasser, Polizei und Nationalstrassenunterhalt ungenügend.
P5	Da Baustellen oft etappiert sind, geschieht es öfter, dass die Verkehrsführung nicht für alle Etappen und Unteretappen im Detail durchdacht ist. Gleiches gilt für die Versorgung der Baustelle in den einzelnen Etappen bzw. Unteretappen.
P6	Verkehrsführung mit Gegenverkehr ohne feste Trennung.
P7	Neuorganisation der Nationalstrassen mit neuen Zuständigkeiten (NFA): ASTRA-Filialen übernehmen teilweise bisherige Funktion der kantonalen Tiefbauämter, was zu Verlust von Informationen, Kompetenz und Erfahrung führen kann.
P8	Durch den Beizug von externen Bauherrenunterstützungen (BHU) oder externen Bauleitungen kann es Schnittstellenprobleme geben (zu viele Beteiligte, zu wenig klar formulierte Aufgaben/Verantwortungen)
P9	Neuorganisation des Nationalstrassenunterhalts (NFA): Sicherheitsrelevante Kenntnisse bzgl. des Unterhalts gehen teilweise verloren.
P10	Fehlende Anreize an Unternehmer zur Verbesserung der Sicherheit infolge grossem Preisdruck

Da aufgrund der fehlenden Daten ein induktives Forschungsvorgehen ausgeschlossen war, wurde eine Systematik zur deduktiven Gefahrenanalyse bei Kunstbauten-Baustellen entwickelt. Diese Systematik zeigt, dass die Gefahrensituation einer Kunstbauten-Baustelle durch die drei unabhängigen Einflussfaktoren *Arbeitsgattung*, *Baustellenlogistik* und *Baustellencharakteristik* (Länge, Arbeitsstelle, Dauer, Tageszeit usw.) bestimmt ist. Keinen entscheidenden Parameter bezüglich potentieller Gefahren stellt die Bauwerksart (Brücke, Tagbautunnel etc.) dar. Die Bauwerksart macht sich jedoch in unterschiedlichen Ausführungsvarianten der Massnahmen bemerkbar (z.B. Art der Schutzgerüste).

Die Systematik zur Baustellenanalyse basiert auf einem dreidimensionalen Modell, entsprechend den drei Einflussfaktoren.

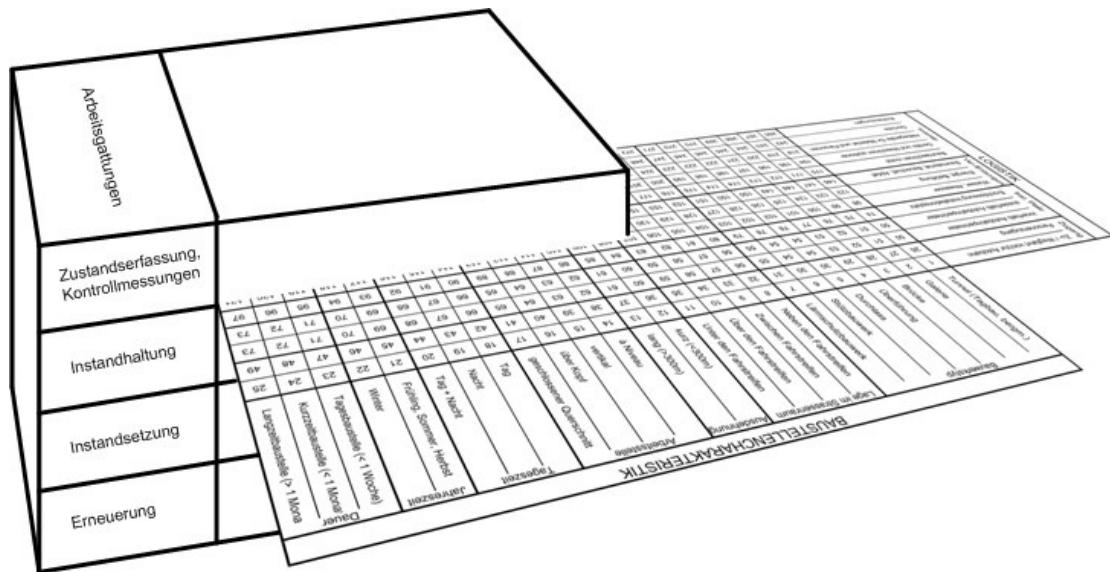


Abbildung 41: Systemmodell Kunstbauten-Baustellen

Jeder Einflussfaktor ist darin in Teilfaktoren aufgegliedert. Für eine gegebene Baustelle trifft eine Auswahl aus diesen Teilfaktoren zu. Im Modell entsteht so eine systematische Erfassung der Exposition der bestehenden Baustelle.

Die möglichen Massnahmen gegen bestimmte Teilfaktoren der Gefährdung lassen sich im dreidimensionalen Modell zuordnen. Die Bestimmung der geeigneten Massnahmen für eine gegebene Baustelle kann dadurch zu einem robusten Sicherheitsdispositiv systematisiert werden. Unterstützt wird sie durch Checklisten in Mind-Map-Format.

Die Anwendung der vorgeschlagenen Methodik auf bestehende Baustellen hat ihre Eignung in Praxisbeispielen bestätigt und für die konkreten Fälle Schwachstellen aufgezeigt, welche vorher nicht aufgedeckt wurden.

Für eine Grossbaustelle kann es sich lohnen, für die mit der Systematik erfassten Gefahrensituationen eine Risikobeurteilung nach der Methodik AGB1 durchzuführen und die Massnahmenstrategie damit zu optimieren.

7 Fazit

7.1 Erkenntnisse für die Umsetzung

7.1.1 Praktische Anwendung im Risikomanagement ASTRA

Im Projekt ERMA [12] wurde für das Risikomanagement des ASTRA ein Konzept mit drei Kernelementen definiert, die sich bezüglich der Aussagekraft und des Bearbeitungstiefgangs unterscheiden (s. Abbildung 42):

Das Konzept des Risikomanagements im ASTRA umfasst die Grundsätze, eine Organisation und die Instrumente. Im Zentrum der Instrumente steht ein periodisch durchzuführendes Assessment, das eine Übersicht über die relevanten Risiken und Chancen des ASTRA schafft. Mittels Frühwarnindikatoren kann auf rasche und pragmatische Weise frühzeitig eine Übersicht zu kritischen Trends und Entwicklungen gewonnen werden. In den Bereichen mit besonders komplexen oder kritischen Fragen zu Risiken und Chancen werden vertiefte Analysen durchgeführt.

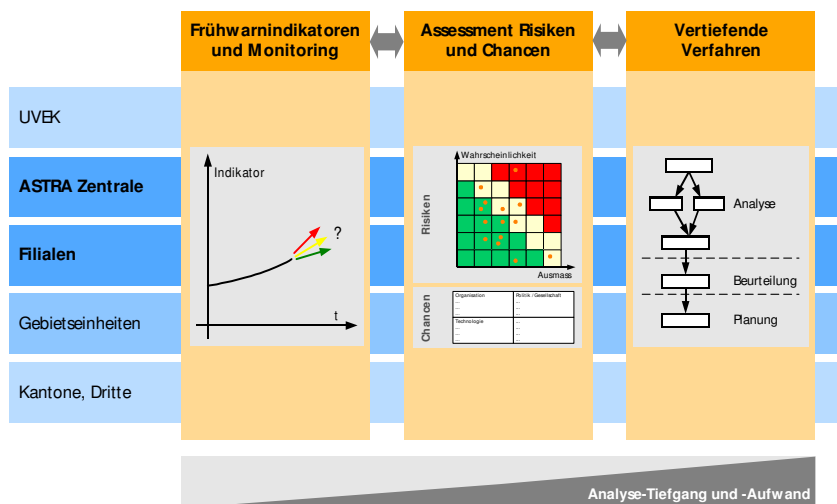


Abbildung 42: RM-Konzept ERMA

Die drei nachfolgend aufgelisteten Punkte beschreiben die Instrumente des Risikomanagements im ASTRA.

- **Frühwarnindikatoren:**
Erkennen von Trends auf Basis der Auswertung von charakteristischen Kennzahlen
- **Assessment zu Risiken und Chancen:**
Einschätzung von Risiken hinsichtlich Eintretenshäufigkeit und Schadenausmass auf Basis einer strukturierten Szenariensliste. Ermitteln und bewerten von Chancen. Die Ermittlung und Bewertung von Risiken und Chancen erfolgt im Rahmen von Workshops oder Gesprächen.
- **Vertiefende Verfahren:**
Detaillierte Untersuchungen zu fachspezifischen Fragestellungen und als Grundlage für die Planung von Massnahmen

Methodik ERMA

Die Beurteilung der Risiken in der Organisation erfolgt in einem klar definierten Prozess. Aus den identifizierten Gefahren werden Szenarien definiert und deren Eintretenswahrscheinlichkeit und Schadenausmass teils quantitativ, teils qualitativ abgeschätzt. Die so ermittelten Risiken werden in einer standardisierten Risikomatrix dargestellt (s. Abbildung 43). Die angewendete Methodik entspricht grundsätzlich derjenigen von AGB1. Entsprechend den Vor-

aussetzungen und Anforderungen der Organisation steht jedoch ein eher pragmatischer Ansatz gegenüber der Wissenschaftlichkeit im Vordergrund.

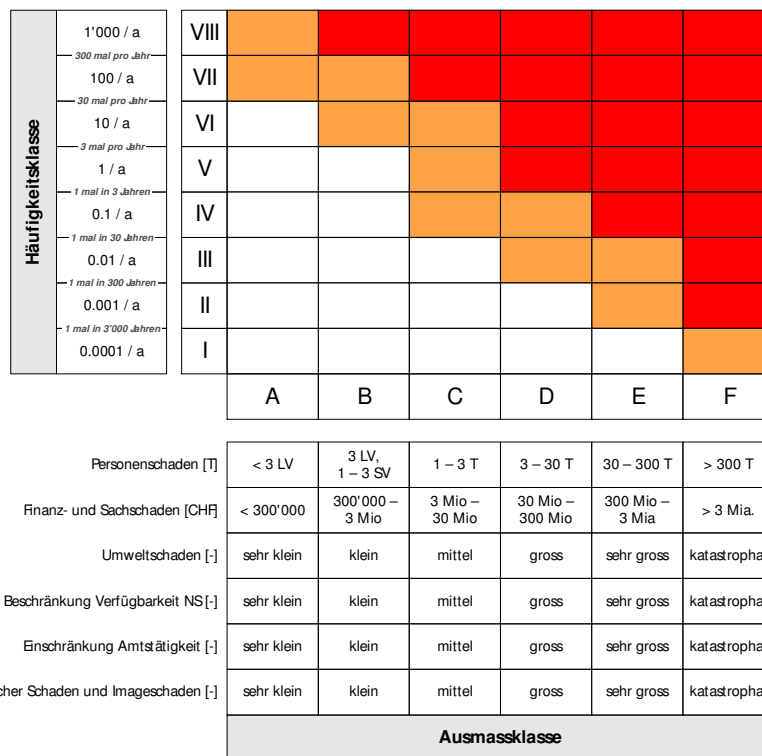


Abbildung 43: Risikomatrix ERMA (Stand März 2009)

Für die Konsequenzen bestehen 6 verschiedene sog. Risikokategorien mit 6 Ausmassklassen. Die 6 Risikokategorien repräsentieren direkte und indirekte Konsequenzen:

Direkte Konsequenzen:

- Personenschaden
- Finanz- und Sachschaden
- Umweltschaden

Indirekte Konsequenzen:

- Einschränkung der Amtstätigkeit
- Politischer Schaden und Imageschaden

Je nach Positionierung der Szenarien in die Bereiche weiss, orange und rot besteht Handlungsbedarf.

Im Rahmen von Assessments-Workshops werden mit vorbereiteten Szenarienlisten die Eintretenshäufigkeit und das zu erwartende Schadenausmass (unterteilt nach verschiedenen Schadenindikatoren) für jedes Szenario diskutiert, abgeschätzt und in einer Risikomatrix abgebildet (vgl. Abbildung 43). Zudem wird die Plattform geboten, weitere relevante Risiken in die Szenarienliste aufzunehmen und zu bewerten. Im Anschluss werden als Grundlage zur Ermittlung des weiteren Vorgehens für Szenarien mit erhöhten Risiken Massnahmenideen auf Basis eines Brainstormings gesammelt. Im Nachgang zu den Assessments wird eine zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse (Aggregation) ausgearbeitet. Diese bildet die Grundlage für die nachfolgende Festlegung des weiteren Handlungsbedarfs sowie etwaiger Massnahmenvorschläge und -anträge (u.a. unter Berücksichtigung der Kriterien der Kosten-Wirksamkeit und des Grenzkostenkriteriums vgl. Abschnitte 4.1 und 4.2).

Die Methodik der vergleichenden Risikobeurteilung nach AGB1 eignet sich als Basis speziell für *Vertiefende Analysen*. In diesen Bereich fallen z.B. Analysen der Naturgefahren entlang von Verkehrsachsen, Untersuchungen gemäss Störfallverordnung, vertiefte Untersuchungen an Brückenobjekten usw. aber auch vertiefende Untersuchungen von risikobehafteten Ge-

schäften und Projekten.

Die aus RIKO von PLANAT weiter entwickelte Methodik des ASTRA zur Behandlung von Naturgefahren von Nationalstrassen wurde in das Teilprojekt Testregion einbezogen und hat Ergänzungen gemäss den Grundsätzen der Methodik AGB1 erfahren. Dem ASTRA wird empfohlen, für vertiefende Analysen konsequent auf die Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung gemäss AGB1 zu abzustellen.

7.1.2 Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung

Die in AGB1 entwickelte Basismethode gemäss Abschnitt 4.1 und 4.2 entspricht zu einem grossen Teil bereits der heutigen Praxis in vielen Anwendungsbereichen. Die speziellen Elemente, wie Maximierung der Zielfunktion, Strukturierung der Konsequenzen, Monetarisierung der Risiken, Effektivitäts- und Grenzkostenkriterium bilden einen methodischen Mehrwert, der Teil der ‚best practice‘ in allen Bereichen zu werden verdient.

Die **Methodik der vergleichenden Risikobeurteilung** ermöglicht den Vergleich von Risiken aus verschiedenen Teilbereichen. Voraussetzung sind jedoch eine gewissenhafte und umfassende Systemdefinition, die eindeutige Definition der Nahtstellen und eine laufende gegenseitige Abstimmung. Besonders heikel sind dabei unterschiedliche Qualitäten und Lücken der bestehenden Grundlagendaten, spezielle Vorschriften sowie unterschiedliche Unschärfen der Annahmen und Ergebnisse.

Eine vertiefte, flächendeckende, vergleichende Risikobeurteilung am System Strasse ist äusserst aufwändig und lässt sich höchstens als mittelfristige Aufgabe angehen. Es wird deshalb kaum realistisch sein, mit dieser Methodik z.B. die Risikosituation des Nationalstrassennetzes gesamthaft zu ermitteln und die geeignete Massnahmenstrategie als Ganze zu definieren. Die Methodik kann in der Praxis aber sehr gut für punktuelle Problemstellungen und Entscheide dieser Art eingesetzt werden.

Noch nicht erwiesen ist die Praxistauglichkeit der in [8] vorgeschlagenen Methode der vergleichenden Risikobeurteilung für **Kunstbauten** (s. auch Abschnitt 4.4). Für die Gewinnung einer Risikoübersicht für ganze Kunstbautenbestände könnte sie jedoch von grossem Nutzen sein.

Ein neues, für die Praxis nützliches Instrument bildet die in [3] vorgestellte Methodik zur **Ermittlung des Netzrisikos**. Dieses Problem stellt sich bei längeren Streckenunterbrüchen infolge Lawinen- oder Steinschlag-niedergängen. Die Prüfung des Risikoaspekts kann auch bei geplanten Streckenunterbrüchen und Umleitungen von Bedeutung sein.

Die Berücksichtigung von **Trends** und möglichen Entwicklungen, die ferner in der Zukunft liegen (Abschnitt 4.5), könnte in der praktischen, strategischen Führungsarbeit ein grösseres Gewicht als bisher erlangen. Die Erkenntnisse aus dem Teilprojekt 105 (Bericht [5]) bilden dafür eine nützliche Grundlage.

Der risikobasierte Ansatz kann nur in die Anwendung umgesetzt werden, wenn die **rechtlichen Voraussetzungen** dafür bestehen und die Gerichtspraxis den Ansatz akzeptiert. Im Teilprojekt 106 [6] werden Postulate formuliert, um diese Voraussetzungen zu schaffen.

Die in [7] durchgeführte, umfassende Bestandesaufnahme und Beurteilung der **Tragsicherheit von Kunstbauten** kann eine ausserordentlich nützliche Arbeits- und Ausbildungsgrundlage für alle Fachleute bilden, die sich mit der Überprüfung und Erhaltung bestehender Kunstbauten befassen.

Schliesslich bilden die Ergebnisse aus [10] eine Grundlage zur systematischen Erarbeitung von Sicherheitsdispositiven bei **Baustellen von Kunstbauten**.

7.1.3 Allgemeine Feststellungen

Eine Umsetzung der vorgeschlagenen Methodikgrundsätze erfordert gezielte Anstrengungen der verantwortliche Stellen bei den Strassenverwaltungen und wird einige Zeit in Anspruch nehmen. Dabei ist auch mit Widerständen zu rechnen bei notwendigen Anpassungen und Änderungen von gewohnten Verfahren. Andererseits wird die Praxisanwendung auch notwendige Anpassungen und Ergänzungen der in AGB1 entwickelten Methoden aufzeigen und erfordern.

Wenn sich jedoch die Grundsätze der vorgeschlagenen Methodik in allen Teilbereichen der Strassenverwaltungen als Rahmen für die Risikobeurteilung durchsetzt, werden die dort ermittelten Risiken unterschiedlicher Art mit der Zeit immer besser untereinander vergleichbar. Sie können dann eine Grundlage zu ausgewogenen, unter einander abgestimmten Massnahmenstrategien bilden.

7.2 Datengrundlagen

Das Forschungspaket AGB1 hatte zum Ziel, eine Methodik zu entwickeln. Es handelte sich vordergründig nicht um die Analyse und Auswertung bestehender Daten.

In der Voranalyse wurden bestehende Methoden und vorhandenes Fachwissen erfasst und systematisiert. Im Rahmen der juristischen Abklärungen [7] wurde die Gerichtspraxis in Bezug auf den risikobasierten Ansatz erkundet. Bei der Behandlung der Sicherheit von Kunstbauten-Baustellen [10] wurde das Fehlen statistischer Daten zu diesem Thema festgestellt.

Eines der Vorgehensziele für die Teilprojekte von AGB1 war die Forderung, dass die Methodik unmittelbar anwendbar sein müsse, ohne dass vorgängig umfassende Datenerhebungen notwendig sind. Diese Forderung erweist sich jedoch im Nachhinein als zu hoch angesetzt, wie sich beispielhaft bei den Naturgefahren zeigt. Hier hat das ASTRA ein umfangreiches Projekt zur Ergänzung der Gefahren- und Intensitätskarten entlang den Nationalstrassenachsen gestartet. Diese Datenaufbereitung ist unabdingbar für die anschliessende Risikobeurteilung.

Wie für die Naturgefahren könnten für weitere Sicherheitsbereiche, wie Verkehrsgeschehen, Erdbeben, Tunnelsicherheit usw., Konzepte erstellt werden, die festlegen, welche festen Datengrundlagen für die entsprechenden Risikobeurteilungen verfügbar sein müssen. Daraus könnten Projekte zur Datenerfassung initiiert werden. Diese Datengrundlagen sollten in MISTRA erfasst und bewirtschaftet werden.

Bei der Verwendung von Grundlagendaten für Risikobeurteilungen haben deren Zuverlässigkeit, bzw. deren Unschärfe oder Streuung einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse. Die Berücksichtigung dieses Aspekts bei der Erfassung erhöht den Aufwand der Erfassung und macht sie zusätzlich anspruchsvoll. Dieser Aspekt muss deshalb speziell geprüft und angemessen berücksichtigt werden.

7.3 Zielerreichung

Die Zielerreichung der einzelnen Teilprojekte wurde während im Verlauf des Projekts laufend überprüft. Bei festgestellten Abweichungen vom Zielkurs wurde korrigierend eingewirkt. In der nachfolgenden Tabelle 12 wird das Gesamtergebnis von AGB1 mit dem anfänglich gesetzten Rahmen und den Teilzielen verglichen.

Tabelle 12: *Übersicht Zielerreichung*

Ziele	Zielerreichung
Rahmenziel	
Bereitstellen von Entscheidungsgrundlagen und Methoden für den zielgerichteten und zweckmässigen Einsatz begrenzter finanzieller Mittel zur Erreichung und Erhaltung des erforderlichen Sicherheitsstandards über das gesamte Verkehrssystem Strasse.	Methodik als Basis für die Bereitstellung der Entscheidungsgrundlagen wurde erarbeitet und in der praktischen Anwendung getestet.
Teilziele Gesamtsystem	
a) Entwicklung einer Methode zur einheitlichen	Methodik mit den notwendigen Instrumenten

Ziele	Zielerreichung
Sicherheitsbeurteilung des Verkehrssystems Strasse	wurde entwickelt.
b) Entwicklung einer Methode zur Bestimmung der Netzsicherheit	Praxistaugliche Methodik wurde entwickelt.
c) Festlegen des zu erreichenden Sicherheits- standards	Sind Bestandteil der Risikobewertung mit den Instrumenten Zielfunktion, Effektivität und Rah- menbedingungen.
d) Prognose der zukünftige Entwicklung	Szenarien und Methodik entwickelt
Teilziele Kunstbauten	
Schliessen von Wissenslücken in speziellen Sicherheitsfragen	Breit angelegte Auslegeordnung erarbeitet. Lücken und Mängel in Bezug auf die Baustellen- sicherheit bei Kunstbauten aufgedeckt.
Umsetzung / Vertiefung der Methodik Gesamt- system auf Kunstbauten	Wurde durchgeführt; entwickelte Methodik ist noch zu vertiefen.

Gesamthaft kann das gesetzte Ziel als erreicht beurteilt werden.

7.4 Schlussfolgerungen

Die Absicht, die hinter der Forcierung des risikobasierten Ansatzes steht, liegt in der Schaffung einer besseren und objektiveren Transparenz bei der Beurteilung der Sicherheit. Die Quantifizierung der Risiken mit einheitlichen Beurteilungs- und Messkriterien ermöglicht die empirische Kenntnis des effektiven Sicherheitsniveaus und der bestehenden Restrisiken.

Die in diesem Forschungspaket erarbeiteten Ergebnisse können einen Beitrag zur Förderung und Festigung dieses Ansatzes und zur Überwindung von fachspezifischen Grenzen und Abschottungen leisten. Es braucht weitere Anstrengungen und den Willen der für die Anwendung verantwortlichen Stellen zur fachübergreifenden Zusammenarbeit, um das angestrebte Gesamtbild von Sicherheit und Risiken zu erreichen und Massnahmenstrategien gesamtheitlich entwickeln zu können.

Der risikobasierte Ansatz ist in verschiedenen Sicherheitsbereichen bereits üblich, wie bei Naturgefahren oder bei Störfällen, wo er sogar gesetzlich vorgeschrieben ist. In diesen Bereichen haben sich gewisse Anpassungen der Methodik an die Ergebnisse von AGB1 als notwendig erwiesen, um einen fachübergreifenden Vergleich der Risiken zu ermöglichen.

In gewissen Sicherheitsbereichen, wie beispielhaft Verkehrsgeschehen, bestehen zwar gute Voraussetzungen für den risikobasierten Ansatz (Unfalldaten, Statistiken usw.). Seine Umsetzung und Anwendung stehen jedoch noch am Anfang. Entsprechende Instrumente müssten erst noch geschaffen werden.

In einer weiteren Gruppe von Sicherheitsbereichen zeigt AGB1 neue Möglichkeiten für den risikobasierten Ansatz auf, dies insbesondere für die Beurteilung des Netzrisikos und der Risiken von Kunstbautenbeständen.

Bei der Bemessung und Erhaltung von Kunstbauten besteht eine tief verankerte und bewährte Normtradition, die auf einem sicherheitsorientierten Ansatz basiert. Dieser wird sich in absehbarer Zeit für die Bemessung nicht durch den risikoorientierten Ansatz ersetzen lassen. Letzterer kann jedoch die traditionellen Sicherheitsanalysen in speziellen Fällen und Problemstellungen ergänzen, insbesondere für die Überprüfung bestehender Tragwerke. Im

Vernehmlassungsentwurf (03/2007) der Norm SIA 269 Grundlagen für die Erhaltung von Tragwerken sind probalistische und risikobasierte Ansätze enthalten.

8 Empfehlungen

8.1 Offene Punkte aus Teilprojekten

In den einzelnen Teilprojekten zu AGB1 werden folgende offene Punkte aufgeführt:

Tabelle 13: Offene Punkte aus den Teilprojekten

Nr. AGB	Bezeichnung	Offene Punkte
2005/102	Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung [2]	<ul style="list-style-type: none"> - Konzept einer Risikokommunikation für die Praxis - Homogenität der Ergebnisse fördern, indem bei ASTRA Risikomodelle entwickelt und den Beratern als Vorlage zur Verfügung gestellt werden
2005/103	Ermittlung des Netzrisikos [3]	<ul style="list-style-type: none"> - Erfahrungen mit Methodik sammeln an konkreten Fragestellungen - Ausfallrisiken für die massgebenden Sicherheitsbereiche bestimmen - Ansätze für spezielle Streckenausfälle, die mit dem Verkehrsmodell nicht behandelt werden können (Unterbruch von Zufahrten; Beeinflussung der Nachfrage durch Unterbrüche) entwickeln - Bereitstellen eines einheitlichen Satzes von Konsequenzen und deren Bewertung - Aktualisierung der Grundlagen zur Ermittlung des Netzrisikos
2005/104	Effektivität und Effizienz von Massnahmen [4]	<ul style="list-style-type: none"> - Katalog mit geeigneten Massnahmenstrategien erstellen - Risikoanalysemodelle zur Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten und Konsequenzen für Sicherheitsbereiche erstellen, in denen sie fehlen - Ergänzen und Aufbereiten der Datengrundlagen - Anlegen einer Datenbank zur Dokumentation der Anwendung der Methodik
2005/105	Szenarien der Gefahrenentwick-	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring von Trendszenarien

Nr. AGB	Bezeichnung	Offene Punkte
	lung [5]	<ul style="list-style-type: none"> - Vorsorgliche Notfallplanungen für unvorhersehbare Grossereignisse - Forschung: Einflussfaktoren für das Verkehrsverhalten (ausser Alkohol und Drogen) - Forschung: Technikfolgen-Abschätzung
2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts [6]	<ul style="list-style-type: none"> - Erlass einer neuen ASTRA-Richtlinie zur Anwendung der Methodik und des risikobasierten Ansatzes - Ergänzung Artikel 49b in Nationalstrassengesetz <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ergänzung Nationalstrassenverordnung (Art. 17 und 46)
2005/107	Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten [7]	<p>(Auszug)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ergänzende Untersuchungen und Angaben zu Klimaeinwirkungen auf Materialeigenschaften und Anforderungen - Ergänzende Daten und Angaben zu Lastwirkungen (Erhöhung zulässige Fahrzeuggewichte, Lastreserven, Lastmodelle usw.) - Erweiterung der KUBA-Datenbank (Signalbrücken, Lärmschutzwände, Galerien) und Bereinigen der Inventardaten - Überarbeitung der Schadenkataloge - Empfehlungen für Vergabeverfahren bei Projekten der Bauwerkserhaltung - Aus- und Weiterbildung der Fachleute - Abstimmung des Inspektionsrythmus auf UPIaNS - Untersuchungen zur Aktualisierung der Verkehrsmodelle - Inspektionen risikobasiert durchführen: dazu Instrumentarium kreieren - Einbezug der kantonalen Fachleute in die Weiterentwicklung der ASTRA-Richtlinien

Nr. AGB	Bezeichnung	Offene Punkte
2005/108	Risikobeurteilung für Kunstbauten [8]	<ul style="list-style-type: none"> - Übersicht der Selektionskriterien für Kunstbauten (risikorelevante Schwachstellen, risikorelevante Einwirkungen) - Methoden für die Risikobeurteilung von durch Selektion eng begrenzte Fragestellungen bereitstellen - Zulässige Annahmen und Vereinfachungen für die Durchführung von Risikobeurteilungen als Richtlinie zusammenstellen
2005/109	Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten [9]	<ul style="list-style-type: none"> - Erarbeiten einer ASTRA-Richtlinie zur Methodik AGB1 - Ergänzungen in SIA 465 und SIA 469 (Massnahmen, Verhältnismässigkeit, Wirksamkeit usw.) - Überprüfung VSS 641 820ff - Erstellen eines IT-Prototyps zur Untersuchung von modellhaften Beispielen und späteren Ausbau zu einem Methodikwerkzeug - Bestimmung geeigneter Schlüsselparameter zur Identifikation der Versagensmodi - Verfahren und Angaben zur Bestimmung wirksamer Massnahmenstrategietypen - Festlegen von Modellen für die Bestimmung von Schwellenwerten der Einwirkungen, die zum Versagen führen, von Verteilungsfunktionen für direkte und indirekte Konsequenzen
2005/110	Baustellensicherheit bei Kunstbauten [10]	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines IT-Tools zur systematischen Baustellenanalyse und Erarbeitung des Sicherheitsdispositivs - Erarbeitung einer ASTRA-Richtlinie zur Baustellensicherheit; (aufbauend auch auf VSS 640 885) - Ursachenforschung und Unfallstatistik erneuern - Massnahmenforschung: Systematische Erhebung der Durchführung und Wirksamkeit von

Nr. AGB	Bezeichnung	Offene Punkte
		Massnahmen - Instruktion und Schulung der verschiedenen Akteure systematisieren und betreiben.
2008/201	Testregion [11]	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassungen an Methodik Naturgefahren ASTRA - Umgang mit Unsicherheiten untersuchen und fehlende Daten erheben - Daten über Gefahrguttransporte auf Strassen erheben - Überprüfen der Grundlage ‚Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Autobahn‘ von 1999 - Methodische Vorgaben für die erweiterte Risikoermittlung (Tunnelrisiken) - Spezifische Risikobeurteilung für den Bereich Verkehrsgeschehen erarbeiten (s. VSS 640 009a) - Forschung zur gegenseitigen Abhängigkeit von Gefahrenszenarien bzw. von Massnahmenstrategien und deren Auswirkungen auf die Risikoermittlung - Erarbeiten eines Leitfadens, der das Vorgehen und die zentralen Kriterien zur Vergleichbarkeit von Risiken konkret definiert und so die praktische Arbeit unterstützt. - Verwendung der allgemeinen methodischen Grundsätze bei vergleichenden Risikobeurteilung in den Strassenverwaltungen als Standard.

8.2 Prioritäten

Folgende offenen Punkte und Massnahmen aus der Tabelle 13 haben nach Ansicht des Begleitausschusses oberste Priorität und werden zur Umsetzung empfohlen (die Punkte sind fortlaufend nummeriert; die Nummern bedeuten keine Abstufung der Priorität):

Tabelle 14: Offene Punkte nach Prioritäten (Vorschlag GPL)

Nr.	Offener Punkt / Massnahme	Art
1	Erarbeitung und Erlass einer ASTRA-Richtlinie zur Methodik und Anwendung der vergleichenden Risikobeurteilung zwecks Absicherung der risiko- und effizienzbasierten Entscheidungsfindung.	Entwicklung
2	Systematische Aufstellung eines Satzes von Konsequenzen und deren Bewertung (ev. Anhang der Richtlinie)	Entwicklung
3	Kataloge geeigneter Massnahmenstrategien für die verschiedenen Sicherheitsbereiche (ev. Anhang der Richtlinie)	Entwicklung
4	Erweiterung der KUBA Datenbank mit neuen Kunstbautenarten (Signalbrücken usw.)	Entwicklung
5	Methodische Vorgaben für die (gegenüber StFV) erweiterte Risikobeurteilung (Tunnelsicherheit).	Entwicklung
6	Methodik zur Risikobeurteilung im Strassenverkehr festlegen	Entwicklung
7	Abhängigkeiten von Gefahrenszenarien bzw. von Massnahmenstrategien und Auswirkungen auf die Risikobeurteilung	Forschung
8	Erarbeiten einer ASTRA-Richtlinie zur Sicherheit bei Kunstbauten-Baustellen	Entwicklung
9	Einbezug von kantonalen Fachleuten bei der Erarbeitung von ASTRA-Richtlinien	Organisation
10	Erarbeiten von Konzepten für die verschiedenen Sicherheitsbereiche zum Festlegen der notwendigen Datengrundlagen für die entsprechenden Risikobeurteilungen.	Entwicklung
11	Durchführen der Datenerhebungen aufgrund der Konzepte (Massnahme 10)	Forschung
12	Verwendung der allgemeinen methodischen Grundsätze bei vergleichenden Risikobeurteilung in den Strassenverwaltungen als Standard.	Organisation

8.3 Umsetzung

Die Initiierung und Steuerung der Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen mit hoher Priorität sollte für die Nationalstrassen von einer zentralen Stelle des ASTRA aus erfolgen.

Vorgeschlagen wird der Risikomanager des ASTRA.

Durch den Einbezug von Kantonsvertretern (Massnahme 9) können die Voraussetzungen für die Umsetzung auf das gesamte Strassennetz geschaffen werden.

Nr.	Methode
L1	Arbeitssicherheit SUVA, Branchenlösung für NS
L2	Methode nach VSS Norm SN 640 710 - SN 640 727a, Strassenunterhalt, Betriebl. Unterhalt
M1	Lärmschutzverordnung
M2	Methode nach VSS Norm SN 640 510, Griffigkeit
N1	Methode nach SIA Norm 469, Erhaltung von Bauwerken
N2	Methode nach VSS Norm SN 640 730b - SN 640 736a, Erhaltung von Fahrbahnen
O1	Methode nach VSS Norm SN 640 900a-908 Erhaltungsmanagement
O2	Methode gemäss Wilhelm
P1	Elektrotechnische Normen SEV
P2	Methode nach SIA 261 und 261/1, Einwirkungen auf Tragwerke
Q2	Signalisationsverordnung
R1	Methode nach Merkblatt SIA 2018, Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben
S1	Methode nach VSS Norm SN 640 750- 640 778a, Winterdienst
T1	Methode nach SIA 267, Geotechnik
U1	Methode nach VSS Norm SN 640 039-1, Strassenprojektierung, Unterhaltsfreundl. Gestaltung v. Strassenanlagen
V1	Methode nach ASTRA, Beurteilung der Erdbebensicherheit für Strassenbrücken
W1	Methoden nach VSS Norm SN 640 885c, Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen
X1	Methode für gravitative Naturgefahren
Y1	Methode nach VSS Norm SN 640 250, Knoten, Grundlagennorm
Z1	Gefährdungskarte Hagel

9.2 Literaturverzeichnis

- [1] Faber M. et al. 2008: *Beurteilung von Restrisiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten*, Forschungsauftrag AGB 2002/020 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 616, VSS Zürich.
- [2] Faber M. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung, Forschungsauftrag AGB 2005/102 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 618, VSS Zürich.
- [3] Fermaud Ch. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Ermittlung des Netzrisikos, Forschungsauftrag AGB 2005/103 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 619, VSS Zürich.
- [4] Van Linn A. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Effektivität und Effizienz von Massnahmen, Forschungsauftrag AGB 2005/104 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 620, VSS Zürich.
- [5] Eckhardt A. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Szenarien der Gefahrenentwicklung, Forschungsauftrag AGB 2005/105 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 621, VSS Zürich.
- [6] Güngerich A. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts, Forschungsauftrag AGB 2005/106 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 622, VSS Zürich.
- [7] Vogel T. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten, Forschungsauftrag AGB 2005/107 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 623, VSS Zürich.
- [8] Stenger F. et al., 2009, Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Risikobeurteilung für Kunstbauten, Forschungsauftrag AGB 2005/108 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 624, VSS Zürich.
- [9] Hajdin R. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten, Forschungsauftrag AGB 2005/109 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 625, VSS Zürich
- [10] Jauslin C. et al. 2009: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Baustellensicherheit bei Kunstbauten, Forschungsauftrag AGB 2005/110 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 626, VSS Zürich.
- [11] Schneeberger B., Kost M. 2010: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Testregion – Methoden zur Risikobeurteilung, Forschungsauftrag AGB 2008/201 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 632, VSS Zürich.
- [12] Bundesamt für Strassen (ASTRA), 2009: Einführung Risikomanagement im ASTRA ERMA, Konzeptbericht, Ernst Basler + Partner AG, Emch+Berger AG Bern, NOVO Business Consultants, Bern, Zürich.
- [13] Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), 2003: Katarisk, Katastrophen und Notlagen in der Schweiz, Eine Risikobeurteilung aus Sicht des Bevölkerungsschutzes.
- [14] Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT), 2009: Strategie Naturgefahren Schweiz,

Projekt A 1.1, Risikokzept Naturgefahren – Leitfaden, Schlussbericht 2. Phase, Testversion, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Bern.

- [15] Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT), 2003: Strategie Naturgefahren Schweiz, Projekt A 1.1, Synthesebericht, Biel.
- [16] Schweizerischer Nationalfonds, Projekt Nr. 1113-52163.97, 2000; Risk Based Regulation - ein taugliches Konzept für das Sicherheitsrecht?; Hansjörg Seiler, ‚Risikobasiertes Recht - Wieviel Sicherheit wollen wir?‘; Stämpfli Verlag AG Bern
- [17] Bundesamt für Strassen (ASTRA), 2006: Handbuch eNistra, Handbuch für den Einsatz der NISTRA-Methode, Bern.

9.3 Glossar

Begriff	Definition
Abhängigkeit	Statistische, funktionale und/oder kausale Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Parametern und Prozessen.
Aggregation	Berechnung der Summe aller Risiken in einem definierten System unter Berücksichtigung aller Abhängigkeiten und aller Systemeffekte.
Akzeptanzkriterium	Kriterium zur Klassifizierung der Zulässigkeit von Massnahmen und Massnahmenpaketen oder von Risiken.
Akzeptierbares Risiko	Risiko, das nach definierten Kriterien und gegebenen Rahmenbedingungen akzeptiert werden kann.
Akzeptiertes Risiko	In seiner Grösse bekanntes, durch den Entscheidungsträger bewusst hingenommenes Risiko.
Anfälligkeit	Risiko infolge eines gegebenen Ereignisses. Z.B. Risiko unter der Voraussetzung, dass ein 30 jährliches Hochwasser eingetreten ist.
Angebot	Bereitgestellte, betriebsbereite Infrastruktur, welche der Gesellschaft zur Benutzung zur Verfügung steht.
Aussergewöhnliche Einwirkungen	Einwirkungen mit geringer Eintretenswahrscheinlichkeit, in der Regel von kurzer Dauer und beträchtlicher Wirkung.
Auswirkung	Antwort eines Menschen oder eines Objektes auf Einwirkungen (Verletzungen, Spannungen, Verformungen, usw.).
Basismassnahmenstrategie	Abfolge von Massnahmen, um die vorgesehene Nutzung eines Systems bei einem vernachlässigbaren Risiko sicherzustellen.
Baulicher Unterhalt	Behebung von Schäden grösseren Ausmasses und Verschleisserscheinungen an der Strassenanlage und ihrer technischen Einrichtungen durch periodisch wiederkehrende Massnahmen ohne vollständigen Ersatz ganzer Teile der Strassenanlage.
Beste Praxis	Verfahren zur Lösung eines Problems, welches in einem bestimmten Fachbereich generell als das geeignetste und realisierbare betrachtet wird und sich als solches bewährt hat.
Betrieb	Alle Massnahmen, die der Sicherheit und Betriebsbereitschaft der Strassen und ihrer technischen Infrastruktureinrichtungen dienen.
Betrieblicher Unterhalt	Der betriebliche Unterhalt umfasst die Arbeiten zur Gewährleistung des sicheren Funktionierens aller Teile einer Strassenanlage, wie die Kontrolle der technischen Einrichtungen, die Strassenreinigung, den Winterdienst, die Grünpflege und kleinere Reparaturen.
Effektivität	Differenz zwischen Nutzen einer Massnahme und den Kosten dieser Massnahme.
Effizienz	Verhältnis zwischen Nutzen einer Massnahme und den Kosten dieser Massnahme.
Eintretenswahrscheinlichkeit	Auf eine bestimmte Zeitdauer bezogene Wahrscheinlichkeit, dass sich ein in seinem Ausmass festgelegtes Ereignis einstellt.
Einwirkung	Eine Einwirkung wirkt auf ein Objekt, auf Menschen oder auf die Umwelt und erzeugt dort eine feststellbare Auswirkung. Einwirkungen sind z.B. Lasten, Kräfte, Steinschlag, Brand, usw.
Ereignis	Begebenheit, welche eine Veränderung des Zustandes eines Systems verursachen kann. Ein Ereignis kann plötzlich auftreten oder sich langsam und allmählich einstellen.
Erhaltung	Gesamtheit der Tätigkeiten und Massnahmen zur Sicherstellung des Bestandes sowie der materiellen und kulturellen Werte eines Bauwerks.
Erneuerungsmassnahme	Massnahme, die das gesamte Bauwerk oder Teile des Bauwerks in einen mit dem ursprünglichen Neubau vergleichbaren Zustand wiederherstellt.
Ersatzmassnahme	Massnahme, die ein bestehendes Bauwerk durch einen Neubau oder Teile eines Bauwerks ersetzt.

Begriff	Definition
Exposition	Prozesse, Zustände und Rahmenbedingungen, die das Potential haben, Ereignisse auszulösen (Synonym: Gefährdung).
Gefahr	Zustand, Umstand oder Vorgang aus dem ein Schaden für Mensch, Umwelt und/oder Sachgüter entstehen kann.
Gefährdung	Prozesse Zustände und Rahmenbedingungen, die das Potential haben, Ereignisse auszulösen (Synonym: Exposition).
Gefährdungsbild	Durch eine Leitgefahr und Begleitumstände charakterisierte kritische Situation.
Gefahrenpotenzial	Gesamtheit der möglichen Gefahren bezogen auf eine Person, ein Objekt oder die Umwelt.
Gesamtsicherheit	Sicherheit unter Berücksichtigung aller Teilsicherheiten.
Grenzkosten (für die Personensicherheit)	Von der Gesellschaft akzeptierter finanzieller Aufwand für einen zusätzlich verhinderten Todesfall.
Handlungsalternative	Mögliches technisches oder organisatorisches Massnahmenpaket zur Reduzierung, Vermeidung, Akzeptanz oder Transfer des Risikos (Synonym: Massnahmenstrategie).
Instandhaltung	Bewahren der Gebrauchstauglichkeit durch einfache und regelmässige Massnahmen.
Instandsetzung	Wiederherstellen der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer.
Konsequenzen	Durch ein Ereignis beziehungsweise eine Einwirkung verursachter Nutzen (positive Konsequenz) oder Schaden (negative Konsequenz).
Konsequenzen direkt	Konsequenzen, die in der Ursachenkette direkt auf die verursachende Einwirkung folgen.
Konsequenzen indirekt	Konsequenzen, die in der Ursachenkette nicht direkt auf die verursachende Einwirkung folgen oder die durch die direkten Konsequenzen verursacht werden.
Kunstbauten	Unter Kunstbauten werden verstanden: Brücken (Über- und Unterführungen), Galerien, Tagbautunnel, Überdeckungen, Durchlässe, Stützbauwerke, Schutzbauwerke, Tunnel (bergmännisch erstellt), Lärmschutzbauwerke.
Last	Gravitationsbedingte, auf ein Tragwerk wirkende Kraft.
Massnahmen	Technische (betriebstechnische, bauliche), organisatorische oder personelle Vorkehrungen, um ein System zu verändern und die Sicherheit zu beeinflussen.
Massnahmenstrategie	Mögliches technisches oder organisatorisches Massnahmenpaket zur Reduzierung, Vermeidung, Akzeptanz oder Transfer des Risikos (Synonym: Handlungsalternative).
Naturgefahren	Sämtliche Vorgänge und Einflüsse der Natur, welche für den Menschen und / oder seine Güter schädlich sein können.
Netzrisiko	Das Netzrisiko umfasst alle in einer Teilstrecke, einer Strecke oder einem Teilnetz auftretenden direkten und indirekten Risiken aufgrund eines Ausfallszenarios und kann Personenschäden, Umweltschäden oder wirtschaftliche Werte betreffen.
Netzicherheit	Im weiteren Sinn: Gesamtsicherheit eines Netzes unter Berücksichtigung der Sicherheit der einzelnen Komponenten, deren gegenseitige Beeinflussung und Redundanzen. Im engeren Sinn: Sicherheit eines Netzes mit Bezug auf Ausfallszenarien auf einer Teilstrecke, einer Strecke oder einem Teilnetz.
Nutzen	Vorteilhafte Folge verbunden mit der Durchführung einer Massnahmenstrategie, als Verminderung des Risikos oder als Erhöhung des Nutzens für die Verkehrsteilnehmer.
Prozess	Endogen oder exogen verursachte Veränderung des Zustands des Systems mit der Zeit.
Rahmenbedingung	Eingrenzung des Bewertungsbereichs durch einzuhaltende Normenvorschriften, vorgegebene Risikogrenzen bzw. Schutzziele oder andere

Begriff	Definition
	Vorgaben.
Relevantes Teilnetz	Zu einer Strecke gehörendes Teilnetz, das die Umfahrungsrouten enthält, auf denen im Falle einer Streckensperrung relevanter zusätzlicher Verkehr auftritt.
Risiken direkt	Risiken, die durch Ausfallereignisse in der betrachteten Strecke entstehen (s. Netzrisiko)
Risiken indirekt	Risiken im relevanten Teilnetz – wozu auch die betrachtete Strecke selbst zählt – die durch das Ausfallereignis verursacht werden (s. Netzrisiko)
Risiko	Produkt aus negativer Konsequenz und deren Eintretenswahrscheinlichkeit innerhalb eines festgelegten Zeitraumes. Im weiteren Sinne: Charakterisierung eines Schadens (negative Konsequenz) hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Eintretens und hinsichtlich des Ausmasses des Schadens.
Risikoanalyse	Systematische Nutzung von Informationen zur Identifikation der Quelle und zur Ermittlung des Risikos.
Risikoaversion	Stärkere Gewichtung von Risiken mit zunehmenden negativen Konsequenzen und zunehmender Schadenswahrnehmung durch die Gesellschaft. ²
Risikobeurteilung	Verfahren, das die Risikoermittlung und die Risikobewertung umfasst.
Risikobewertung	Bestimmen der optimalen Handlungsalternativen und prüfen ihrer Akzeptierbarkeit.
Risikoermittlung	Identifikation möglicher und relevanter Gefahren, Berechnen der Einzelrisiken durch die Modellierung der Wahrscheinlichkeiten, Konsequenzen und Abhängigkeiten für das betreffende System.
Risikofeld	Ein Risikofeld entsteht aus der Einzelkombination einer Gefahr und einer gefährdeten Komponente bzw. Personengruppe (s. auch Risikomatrix).
Risikomanagement	Koordinierte Tätigkeiten, die ausgeführt werden, um eine Organisation bezüglich Risiken zu steuern und zu kontrollieren.
Risikomatrix	Matrix, gebildet aus den beiden Achsen Gefahren und gefährdete Komponenten und Personengruppen. Der Schnittpunkt einer Gefahr und einer gefährdeten Komponente/Personengruppe bildet ein Risikofeld. Eine nach fachlich logischen Gesichtspunkten gebildete Gruppe von Risikofeldern wird als Sicherheitsbereich bezeichnet (s. Voranalyse, AGB 2005/101).
Risikorelevant	Phänomen, welches ein zu berücksichtigendes Risiko beeinflussen kann.
Robustheit	Fähigkeit eines betrachteten Systems, einen durch ein Gefährdungsbild hervorgerufenen Schadenszustand zu ertragen und die Auswirkungen auf direkte Konsequenzen zu begrenzen. Aus dem Verhältnis der direkten zu den indirekten Konsequenzen erhält man den Robustheitsindex.
Schaden	Negative Konsequenz. Man unterscheidet Personenschäden (Tote, Verletzte), Sachschäden und Umweltschäden (Gewässer-, Boden-, Luftverschmutzungen).
Schutzziel	Zu erreichende Sicherheitsanforderung, nicht zu überschreitendes Risikomass.
Sicherheit	Sicherheit hinsichtlich einer Gefahr besteht dann, wenn das Risiko akzeptierbar klein ist.
Sicherheitsbereich	Nach eigenen gesetzlichen und normativen Grundlagen gebildete Gefahrengruppe, in der sich eine eigene Risikobeurteilungsmethodik gebildet hat. (s. Voranalyse, AGB 2005/101).
Sicherheitsrelevant	Phänomen, welches für die Sicherheit eine wesentliche Rolle spielt.
Störfall	Als Störfall auf einem Verkehrsweg gilt ein ausserordentliches Ereignis

² s. Schubert M., Faber M.H., Baker J.W., Decision making subject to aversion of low frequency high consequences events, 2007

Begriff	Definition
	im Zusammenhang mit dem Transport gefährlicher Güter, bei dem erhebliche Einwirkungen für Mensch und Umwelt auf oder ausserhalb des Verkehrsweges auftreten.
Strassennetz	Das Strassennetz umfasst die Gesamtheit der dem motorisierten und nicht motorisierten Verkehr zur Verfügung gestellten Strassenverkehrsanlagen in einem bestimmten geografischen Raum.
Strassensicherheit	Sicherheit der Strasseninfrastruktur und deren Benutzer.
System	Gesamtheit von Elementen, die eine zusammenwirkende Einheit bilden.
Systemkomponente	Technische Komponenten, Subsysteme und Operationen mit definierten Funktionen und Zuverlässigkeiten, welche durch ihre Wechselwirkungen Funktionalität für das System beinhalten.
Systemsicherheit	Gesamtsicherheit eines Systems.
Szenario (Ereignis-)	Ereignisablauf von Gefährdungen über Schadens-, Versagens- und Unfallereignissen bis hin zu den Konsequenzen.
Teilsicherheiten	Sicherheit eines Teils des Systems.
Teilsystem	Das Verkehrssystem Strasse kann in die Teilsysteme Verkehrsgeschehen, Verkehrsteilnehmer, Strasseninfrastrukturanlagen und Fahrzeuge unterteilt werden. Die Teilsysteme können wiederum in kleinere Einheiten aufgeteilt werden wie zum Beispiel die Strasseninfrastrukturanlagen in Kunstbauten, Tunnel, Trassen, Signalisation, elektromechanischen Anlagen, usw.
Tragwiderstand	Grenze der Tragfähigkeit.
Umwelt	Gesamtheit der biologischen physikalischen und chemischen Faktoren, die Lebewesen und deren Umgebung beeinflussen.
Unterhalt	Als Unterhalt gelten der bauliche Unterhalt und die Erneuerung, d.h. alle Massnahmen, die der Erhaltung (Bewahren oder Wiederherstellen ohne wesentliche Änderung der Anforderungen) der Strasse und ihrer technischen Einrichtungen als Bauwerk dienen.
Veränderungsmassnahme	Massnahme, die auf ein Bauwerk zwecks Anpassung an neue Anforderungen eingreift.
Verkehrsgeschehen	Eigenschaften und Charakteristiken des Verkehrs auf dem Strassennetz.
Verkehrssicherheit	Die Verkehrssicherheit bezieht sich auf die Sicherheit des Verkehrsgeschehens und der Verkehrsteilnehmer. Zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit dienen Massnahmen im Bereich der Verkehrsinformation, der Verkehrslenkung, der Verkehrstelematik, des Strassenunterhalts, der Verkehrsvorschriften, usw.
Verkehrssystem Strasse	Das Verkehrssystem Strasse besteht aus der Strasseninfrastruktur und dem darauf stattfindenden Verkehr. Zum Gesamtsystem gehören zudem der Betreiber der Infrastruktur, die Verkehrsteilnehmer, das unmittelbare Umfeld, sowie die Prozesse zum Bau, Unterhalt und Betrieb des Systems.
Verkehrsteilnehmer	Personen, die als Fahrzeugbenutzer oder Fussgänger am Verkehr auf dem Strassennetz teilnehmen.
Verletzbarkeit	Der Erwartungswert der direkten Konsequenzen in einem System.
Versagen	Veränderung des Systemzustandes durch ein Ereignis, die zu einem inadäquaten Leistungsniveau / Angebot führt.
Wirksamkeit	Mass für die Wirkung einer Massnahme. Die Wirksamkeit einer Massnahme entspricht der erzielbaren Risikoreduktion.
Zielfunktion	Eine von den Handlungsalternativen abhängige Funktion, welche den Nutzen, die Massnahmenkosten und die Schadenskosten beinhaltet.

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

ARAMIS SBT

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 26.05.2010

Grunddaten

Projekt-Nr.: AGB 2005/100

Projekttitel: Forschungspaket AGB1: Sicherheit des Verkehrssystems Strasse u. dessen Kunstbauten:
Gesamtprojektleitung und Synthesebericht

Enddatum: 26.05.2010

Projektleiter

Name: Vorname:

Amt, Firma, Institut:

Strasse, Nr.:

PLZ: Email:

Ort: Telefon:

Kanton, Land: Fax:

Texte:

Zusammenfassung der
Projektresultate:

Im Rahmen der Gesamtprojektleitung wurde das Forschungspaket AGB1 operativ geführt. Die Aufgaben der Projektleitung umfasste die Konzepterarbeitung, Projektdefinitionen, Projektaufträge, Leitung des Gesamtprojektes, Überwachung und Koordination der Teilprojekte, Berichterstattung und die Erstellung eines Syntheseberichts über alle gewonnenen Resultate. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Teilprojekte von AGB1 kurz zusammengefasst.

Die Methodik der vergleichenden Risikobeurteilung ermöglicht den Vergleich von Risiken aus verschiedenen Teilbereichen. Voraussetzung sind jedoch eine gewissenhafte und umfassende Systemdefinition, die eindeutige Definition der Nahtstellen und eine laufende gegenseitige Abstimmung. Schwierigkeiten beim Vergleich bieten trotz solcher Vorkehrungen unterschiedliche Qualität und Vollständigkeit der Grundlagendaten, spezielle Vorschriften und unterschiedliche Unschärfen der Annahmen und Ergebnisse.

Eine flächendeckende, vergleichende Risikobeurteilung am System Strasse ist äusserst aufwändig und lässt sich höchstens als mittelfristige Aufgabe angehen. Es wird deshalb kaum realistisch sein, mit dieser Methodik z.B. die Risikosituation des Nationalstrassennetzes gesamthaft zu ermitteln und die geeignete Massnahmenstrategie als Ganze zu definieren. Die Methodik kann in der Praxis aber sehr gut für punktuelle Problemstellungen und Entscheide dieser Art eingesetzt werden.



Noch nicht erwiesen ist die Praxistauglichkeit der in AGB 2005/108 vorgeschlagenen Methode der vergleichenden Risikobeurteilung für Kunstbauten. Für die Gewinnung einer Risikoübersicht für ganze Kunstbautenbestände könnte sie jedoch von grossem Nutzen sein.

Ein neues, für die Praxis nützliches Instrument bildet die in AGB 2005/103 vorgestellte Methodik zur Ermittlung des Netzrisikos. Dieses Problem stellt sich bei längeren Streckenunterbrüchen infolge Lawinen- oder Steinschlagniedergängen. Die Prüfung des Risikoaspekts kann auch bei geplanten Streckenunterbrüchen und Umleitungen von Bedeutung sein.

Die Berücksichtigung von Trends und möglichen Entwicklungen, die ferner in der Zukunft liegen, könnte in der praktischen, strategischen Führungsarbeit ein grösseres Gewicht als bisher erlangen. Die Erkenntnisse aus AGB 2005/105 bilden dafür eine nützliche Grundlage.

Schliesslich bilden die Ergebnisse aus AGB 2005/110 eine Grundlage zur systematischen Erarbeitung von Sicherheitsdispositiven bei Baustellen von Kunstbauten.

Wenn sich jedoch die Grundsätze der vorgeschlagenen Methodik in allen Teilbereichen der Strassenverwaltungen als Rahmen für die Risikobeurteilung durchsetzt, werden die dort ermittelten Risiken unterschiedlicher Art mit der Zeit immer besser untereinander vergleichbar. Sie können dann eine Grundlage zu ausgewogenen, unter einander abgestimmten Massnahmenstrategien bilden.

Zielerreichung:

Das Projektziel von AGB1:

- *Bereitstellen von Entscheidungsgrundlagen und Methoden für den zielgerichteten und zweckmässigen Einsatz begrenzter finanzieller Mittel zur Erreichung und Erhaltung des erforderlichen Sicherheitsstandards über das gesamte Verkehrssystem Strasse.*

wurde erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Folgende offenen Punkte und Massnahmen haben nach Ansicht des Begleitausschusses oberste Priorität und werden zur Umsetzung empfohlen:

1. Erarbeitung und Erlass einer ASTRA-Richtlinie zur Methodik und Anwendung der vergleichenden Risikobeurteilung zwecks Absicherung der risiko- und effizienzbasieren Entscheidungsfindung.
2. Systematische Aufstellung eines Satzes von Konsequenzen und deren Bewertung (ev. Anhang der Richtlinie)
3. Kataloge geeigneter Massnahmenstrategien für die verschiedenen Sicherheitsbereiche (ev. Anhang der Richtlinie)
4. Erweiterung der KUBA Datenbank mit neuen Kunstbautenarten (Signalbrücken usw.)
5. Methodische Vorgaben für die (gegenüber StFV) erweiterte Risikoermittlung (Tunnelsicherheit).
6. Methodik zur Risikobeurteilung im Strassenverkehr festlegen
7. Abhängigkeiten von Gefahrenszenarien bzw. von Massnahmenstrategien und Auswirkungen auf die Risikobeurteilung
8. Erarbeiten einer ASTRA-Richtlinie zur Sicherheit bei Kunstbauten- Baustellen
9. Einbezug von kantonalen Fachleuten bei der Erarbeitung von ASTRA-Richtlinien
10. Erarbeiten von Konzepten für die verschiedenen Sicherheitsbereiche zum Festlegen der notwendigen Datengrundlagen für die entsprechenden Risikobeurteilungen.
11. Durchführen der Datenerhebungen aufgrund der Konzepte (Massnahme 10)
12. Verwendung der allgemeinen methodischen Grundsätze bei vergleichenden Risikobeurteilung in den Strassenverwaltungen als Standard.

Publikationen:

Schneeberger B., Kost M. 2010: Forschungspaket AGB1, Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, Synthesebericht, Forschungsaufträge AGB 2005/101 - 110 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bericht Nr. 617, VSS Zürich.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:

Methoden als Basis für die Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für den zielgerichteten und zweckmässigen Einsatz begrenzter finanzieller Mittel zur Erreichung und Erhaltung des erforderlichen Sicherheitsstandards über das gesamte Verkehrssystem Strasse wurden erarbeitet und in der praktischen Anwendung getestet:

- Eine Methodik zur einheitlichen Sicherheitsbeurteilung des Verkehrssystems Strasse mit den notwendigen Instrumenten wurde entwickelt.
- Eine praxistaugliche Methodik zur Bestimmung der Netzsicherheit wurde entwickelt.
- Szenarien und eine Methodik zur Prognose der zukünftigen Entwicklung wurde entwickelt.
- Eine breit angelegte Auslegeordnung zum Schliessen von Wissenslücken in speziellen Sicherheitsfragen wurde erarbeitet.
- Die Lücken und Mängel in Bezug auf die Sicherheit von Kunstbautebaustellen wurden aufgedeckt.
- Die Umsetzung / Vertiefung der Methodik Gesamtsystem auf Kunstbauten wurde durchgeführt; die entwickelte Methodik ist jedoch noch zu vertiefen.

Nicht behandelt wurde:

- Festlegen des zu erreichenden Sicherheitsstandards

Umsetzung:

Die allgemeinen methodischen Grundsätze sollen bei vergleichenden Risikobeurteilungen in den Strassenverwaltungen als Standard verwendet werden. Damit kann eine bessere Transparenz in der Bewertung und Beurteilung der verschiedenartigen Risiken erreicht werden.

weitergehender Forschungsbedarf:

Die zentralen Kriterien zur Vergleichbarkeit von Risiken sind neben der kompatiblen Systemdefinition und der angemessenen Abschätzung von Ereigniswahrscheinlichkeiten und Konsequenzen die koordinierte Verwendung von Ansätzen zur Konsequenzenmodellierung. Ein entsprechender Leitfaden, in dem standardisierte Bewertungsansätze für vergleichende Risikobewertungen enthalten sind, sollte erarbeitet werden.

Einfluss auf Normenwerk:

Der Einfluss auf das Normenwerk ist bei der Beurteilung der einzelnen Teilprojekte ausgewiesen.

Präsident Begleitkommission:

Name:

Donzel

Vorname:

Michel

Amt, Firma, Institut:

Strasse, Nr.:

Feldackerweg 15

PLZ:

3067

Email:

michel.donzel@bluewin.ch

Ort:

Boll

Telefon:

+41 31 839 71 10

Kanton, Land:

Bern, Schweiz

Fax:

Unterschrift Präsident Begleitkommission: