

## **DIPLOMARBEIT**

**Risikokonzept von Naturgefahren im Zusammenhang mit  
Eisenbahninfrastruktur**

**ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs**

**unter der Leitung**

**Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Arthur Kanonier**

**E280/8**

**Department für Raumplanung**

**Fachbereich Bodenpolitik und Bodenmanagement**

**Eingereicht an der Technischen Universität Wien**

**Fakultät für Architektur und Raumplanung**

**von**

**Dipl.-Ing. Bernd Schweiger, BSc**

**0952889**

**Großraming, Februar 2018**

*Katastrophen kennt allein der Mensch, wenn er sie überlebt; die Natur kennt keine Katastrophen.*

Max Frisch

## Danksagung

Großer Dank gebührt Univ.-Prov. Dipl.-Ing. Dr. Arthur Kanonier für die Betreuung meiner Diplomarbeit. Es wurde mir durch den gemeinsamen fachlichen Austausch immer wieder neue Blickwinkel auf mein Diplomarbeitsthema vermittelt und ermöglicht.

DDDI Christine Schönberger möchte ich an dieser Stelle großen Dank aussprechen. Ihre Unterstützung sowie fachlichen Informationen waren für mich eine große Hilfestellung. Ihre fachliche Expertise sowie die gemeinsamen Diskussionen über mein Diplomarbeitsthema waren für mich und daraus resultierend für die Abschlussarbeit überaus wertvoll.

Einen weiteren großen Anteil an dieser Diplomarbeit haben meine Eltern, sie haben mich immer tatkräftig unterstützt und in allem bestärkt. Durch ihre Unterstützung wurde mir sehr viel ermöglicht und erleichtert.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinen Schwiegereltern für die Unterstützung während meiner Studienzeit.

Danke an Sandra und Martin für die moralische und mentale Unterstützung während des gesamten Studiums.

Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei meinen ArbeitskollegInnen für die Beantwortung meiner Fragen, für das Feedback und das Korrekturlesen.

Danke auch allen StudienkollegInnen, die mich im Laufe meines Studiums unterstützt haben, sowie an Leena Eichberger.

Meiner Frau Simone sowie meinen Söhnen Elias und Noah widme ich diese Diplomarbeit. Sie gaben mir die Motivation, um das Studium der Raumplanung und Raumordnung zu finalisieren und diese Diplomarbeit schlussendlich zu vollenden.

*Danke*

### Kurzfassung

Die steigenden Naturereignisse sowie die knapper werdenden finanziellen Mittel der öffentlichen Hand werden immer mehr zur Herausforderung. Daher ist es notwendig die vorhandenen Ressourcen so einzusetzen, dass eine größtmögliche und effiziente Wirkung aus diversen Schutzmaßnahmen generiert werden kann. Dabei gilt es, das geforderte Sicherheitsniveau im Rahmen der verfügbaren finanziellen Ressourcen zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass mit einem eingesetzten Euro der maximale Schutz generiert werden muss.

Um dies zu gewährleisten, muss ein Paradigmenwechsel von der Naturgefahrreaktion zum integralen Naturgefahrenrisikomanagement erfolgen. Unter dem Gesichtspunkt des sicheren Bahnbetriebs ist das Ziel für die Eisenbahninfrastruktur die Vermeidung von betriebseinschränkenden Schäden durch Naturgefahren sowie von Kostenexplosionen. Damit der maximale Schutz aus dem eingesetzten Euro gewährleistet werden kann, bietet das risikobasierte Naturgefahrenmanagement einen sinnvollen Lösungsansatz.

Hinsichtlich der zukünftigen Herausforderungen gilt es für die Eisenbahn, die optimale risikobasierte Maßnahmenplanung zu etablieren. Dabei benötigt es ausreichend Informationen über das potentielle Naturgefahrenrisiko. Einerseits gilt es die Gefahr an sich, und andererseits deren existierende und künftige Auswirkungen zu berücksichtigen. Um eine qualitative Risikoeinschätzung zu tätigen, müssen die bestehenden Planungsinstrumente optimal angewandt und zielgerichtet adaptiert werden, denn eine reine Visualisierung der Gefährdung ist für ein umfassendes Risikomanagement nicht ausreichend. Unter diesem Gesichtspunkt gilt es, jene Schutzmaßnahmen zu priorisieren, welche das höchste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen.

Dahingehend können raumplanerische Maßnahmen für die Eisenbahninfrastruktur einen sinnvollen Rahmen bilden, in welchem langfristige und risikogerechte Raumnutzung erfolgen muss. Dabei stehen die beiden Materien Raumordnung und Eisenbahn vor der Aufgabe, dass Extremereignisse in Zukunft schwerer steuerbar und vorhersagbar werden. Aus diesem Grund wird es für beide Bereiche wichtig sein, resiliente Systeme zu entwickeln. Obwohl beiden Fachbereichen unterschiedliche Zuständigkeiten vorliegen, sind sie in ähnlichem Ausmaß mit Naturgefahren konfrontiert. Daher gilt es für die Raum- sowie für die Eisenbahninfrastrukturplanung, gemeinsame Synergien zu nutzen und sinnvolle Kooperation hinsichtlich der Verringerung des Naturgefahrenrisikos zu forcieren.

Vor dem Hintergrund all dieser Herausforderungen bietet das risikobasierte Naturgefahrenmanagement für die Raumordnung und Eisenbahninfrastruktur einen sinnvollen Lösungsansatz. Denn letztlich müssen alle Schutzmaßnahmen darauf abzielen, Menschenleben sowie Hab und Gut optimal vor Naturgefahren zu schützen.

## Abstract

The rise of natural phenomena as well as the constraint of the public authorities' financial means are an increasing challenge. Hence, and to generate the most effective preventive measures, it is necessary to use the available resources in the most efficient way. Besides, it is a matter of facilitating the demanded safety standards within the scope of the available financial resources. This implies that the maximum protection must be generated by each euro used.

In order to guarantee this, a paradigm change of the natural hazard reaction must occur among the integral natural hazard risk management. Considering the aspect of a safe railroad company, the aim for railroad infrastructure is the avoidance of operational restriction damages caused by natural hazards on the one hand, and on the other hand of increasing expenses. To guarantee the maximum protection from the used euro, the risk-based natural danger management offers a reasonable resolution.

Regarding future challenges, the railroad ought to establish the ideal risk-based action planning. Thereby, sufficient information regarding potential natural hazards is needed. On the one hand danger itself, and on the other hand the existing and possible future effects of such danger have to be considered. To render a qualitative risk evaluation, the existing planning instruments must be applied ideally and be specifically adapted because a sole visualization of danger is not sufficient for a comprehensive risk management. Thus, those preventive measures that demonstrate the most efficient cost-benefit relation ought to be prioritized.

Spatial planning measures that include a long-term and adequate space utilization occur to be most effective for the railroad infrastructure. In order to achieve this possibility, space utilization and railroad face the defiance that extreme events are hard to anticipate and prevent. Hence, both are in need to develop resilient systems. Although both fields are governed by different institutions, they are confronted with natural hazards by the equal magnitude. Thus, and to reduce the risk of natural hazards, it is a matter of space utilization and railroad infrastructure planning to utilize common synergies and aspire a reasonable cooperation.

Considering all these challenges, the risk-based natural hazard management offers a reasonable approach for utilization planning and railroad infrastructure. Ultimately, all preventive measures should provide the best possible protection from natural hazards, for human life as well as property.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>3</b>
1.1 Problemstellung und Zielsetzung .....	3
1.2 Forschungsfragen.....	4
1.3 Methodik.....	4
1.4 Aufbau der Arbeit .....	4
<b>2. Naturgefahren im Kontext von Eisenbahninfrastruktur</b> .....	<b>5</b>
2.1 Geschichte der Eisenbahn im Kontext von Naturgefahren .....	6
2.1.1 Prozess Lawine.....	7
2.1.2 Prozess Hochwasser und Murgang.....	10
2.2 Rollenverteilung von Raum- und Eisenbahninfrastrukturplanung.....	12
2.3 Rechtliche Grundlagen .....	13
2.4 Österreichische Bundesbahnen – Infrastruktur AG.....	15
2.5 Begriff Risiko .....	20
2.6 Prozess Lawine.....	24
2.6.1 Risikoanalyse.....	25
2.6.2 Risikobewertung.....	37
2.6.3 Maßnahmenplanung und Maßnahmenbewertung .....	41
2.6.4 Bestimmung der Wirksamkeit .....	53
2.6.5 Berechnung der Kosten .....	53
2.6.6 Ermittlung optimaler Maßnahmenkombination .....	53
2.7 Prozess Hochwasser.....	54
2.7.1 Risikoanalyse.....	56
2.7.2 Risikobewertung.....	65
2.7.3 Maßnahmenplanung und Maßnahmenbewertung .....	65
2.7.4 Bestimmung der Wirksamkeit .....	72
2.7.5 Berechnung der Kosten .....	72
2.7.6 Ermittlung optimaler Maßnahmenkombinationen.....	72
<b>3. Internationaler Vergleich des Risikokonzepts am Beispiel der SBB</b> .....	<b>73</b>
<b>4. Empfehlungen</b> .....	<b>76</b>
<b>5. Schlussfolgerung und Ausblick</b> .....	<b>79</b>
<b>6. Quellen</b> .....	<b>81</b>
6.1 Literaturverzeichnis.....	81
6.2 Abbildungsverzeichnis .....	87
6.3 Tabellenverzeichnis .....	89
6.4 Formelverzeichnis.....	89

6.5 Abkürzungsverzeichnis ..... 90

6.6 Anhang ..... 91

## 1. Einleitung

### 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Der zunehmende Verkehr sowie die stetig dichter werdende Besiedelung haben zu einem immer massiver werdenden Risikopotential hinsichtlich Naturgefahren geführt. Damit dieses Risiko auf ein erträgliches Maß reduziert wird, wird unsere Gesellschaft vor eine anspruchsvolle Aufgabe gestellt.<sup>1</sup> Spezielle in den Alpen besteht für Infrastrukturanlagen ein schwieriges Relief. Infrastrukturbauten sind infolge von Naturdynamiken nicht nur in der Errichtung beschwerlich, sondern auch durch Naturereignisse der Beschädigung ausgesetzt.<sup>2</sup> Daher muss vor allem die Eisenbahn in den Alpen mit Naturgefahren leben.<sup>3</sup>

Spätestens seit dem Hochwasser 2005 ist bekannt, dass Schäden an der Infrastruktur volkswirtschaftlich von großer Bedeutung sind.<sup>4</sup> Das primäre und oberste Schutzgut sind Menschen, diese sollen vor dem Tod aber auch vor körperlichen und physischen Verletzungen bewahrt werden.<sup>5</sup> Ebenfalls sind Sperren des Schienennetzes – bedingt durch Naturgefahren – jedes Jahr für die Transportindustrie aus ökonomischer Sicht problematisch.<sup>6</sup>

In Österreich hat die Gefahrenabwehr, welche von Naturprozessen ausgeht, eine lange Tradition,<sup>7</sup> dennoch werden die monetären Mittel der unterschiedlichen Infrastrukturträger knapper.<sup>8</sup> „Investitionen in die Eisenbahninfrastruktur erfordern zunehmend längere Planungs- und Errichtungszeiträume und weisen eine Lebensdauer über mehrere Generationen auf“,<sup>9</sup> daher bedarf es eines bestmöglichen Schutzes für die Schieneninfrastruktur. Um einen ausreichenden Schutz zu gewährleisten, müssen Maßnahmen prioritätengerecht und effizient eingesetzt werden.<sup>10</sup> Das Risikokzept nimmt eine zentrale Rolle ein, um mit minimalem Aufwand größtmögliche Sicherheit zu gewährleisten.<sup>11</sup> Damit kann eine geeignete Grundlage zur Quantifizierung der Gefährdung ermöglicht werden, es können die Herausforderungen im Alpenraum, welche vom globalen Wandel beeinflusst werden, durch die bereits bestehenden Strategien optimiert und angepasst werden. Durch Risikomanagementstrategien können Zielsetzungen sowie Maßnahmen zur Risikoregulation zielgerichtet gesteuert werden.<sup>12</sup>

Ziel dieser Arbeit ist es zu analysieren, welche Instrumente hinsichtlich eines Risikokzeptes für alpine Naturgefahren, speziellen für die Prozesse Lawine und Hochwasser, bei Infrastruktureinrichtungen, im Besonderen bei der schienengebundenen Infrastruktur, vorhanden sind und welche Ressourcen für einen risikobasierten Naturgefahrenschutz vom Rad-Schienen-System benötigt werden.

---

<sup>1</sup> vgl. PLANAT 2004, S. 9

<sup>2</sup> vgl. STEINEGGER 2016, S. 153

<sup>3</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2009, S. 61

<sup>4</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 225

<sup>5</sup> vgl. ÖGG 2014, S. 1

<sup>6</sup> vgl. BRUCKER 2013, S. 1

<sup>7</sup> vgl. HÜBEL ET. AL. 2007, S. 60

<sup>8</sup> vgl. BUWAL 1999, S. 7-11

<sup>9</sup> ÖBB Infrastruktur AG 2011, S. 7

<sup>10</sup> vgl. WANDELER 1999, S. 5

<sup>11</sup> vgl. BUWAL 1999, S. 7-11

<sup>12</sup> vgl. HÜBEL ET. AL. 2007, S. 60

## 1.2 Forschungsfragen

Damit der Themenbereich risikobasiertes Naturgefahrenmanagement im Zusammenhang mit Eisenbahninfrastruktur näher betrachtet werden kann, setzt sich diese Diplomarbeit mit folgenden Fragen auseinander:

- Wie kann eine risikobasierte Maßnahmenplanung für die schienengebundene Infrastruktur in Bezug auf die Naturgefahrenprozesse Hochwasser und Lawine realisiert werden?
- Welche Rolle nehmen bestehende Planungsinstrumente (Gefahrenzonenpläne, Hinweiskarten usw.) bei der Analyse und Bewertung von Risiken ein?
- Sind diese Planungsinstrumente zur Analyse, Bewertung und Maßnahmenplanung hinsichtlich eines Naturgefahrenrisikokzeptes ausreichend?

## 1.3 Methodik

Die für diese Diplomarbeit ausgewählte Methodik setzt sich aus der Literaturrecherche sowie der Erhebung rechtlicher Rahmen bzw. der Analyse von Gesetzestexten und der Auswertung von Planungsinstrumenten zusammen. Dabei unterlagen die Analyse sowie die Bewertung der Grundlagen stets den Aspekten Relevanz für Eisenbahninfrastruktur, Raumplanung und Naturgefahrenmanagement. Ebenso flossen meine beruflichen Erfahrungswerte, welche ich durch meine langjährigen Tätigkeiten innerhalb der ÖBB sammeln konnte, in diese Abschlussarbeit mit ein. Mit den zur Verfügung stehenden Planungsinstrumenten wird ein Risikokzept für die schienengebundene Infrastruktur am Beispiel der ÖBB-Infrastruktur angewendet. Darauf folgend galt es die vorhandenen Materialien in Bezug auf Kompatibilität für das Risikomanagement von Naturgefahren der Prozesse Lawine und Hochwasser zu bewerten und mögliche Handlungsfelder daraus abzuleiten.

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Einleitend wird in dieser Diplomarbeit der Zusammenhang von Naturgefahren und linienhafter Infrastruktur am Beispiel der Eisenbahn erörtert. Im Anschluss daran erfolgt ein kurzer Aufriss von Eisenbahnkatastrophen, welche durch Naturgefahrenprozesse erfolgten.

Da die Eisenbahn nicht im selben Ausmaß von allen Naturgefahrenprozessen gleich gefährdet wird, legt diese Diplomarbeit das Hauptaugenmerk auf die beiden Naturgefahrenprozesse Lawine und Hochwasser. Dabei galt es das Risikomanagement, welches in Analyse, Bewertung und Maßnahmenplanung untergliedert werden kann, näher zu betrachten.

Anschließend wurde in dieser Abschlussarbeit recherchiert, wie die Eisenbahnverkehrsunternehmen in der Schweiz mit dem Thema risikobasierten Naturgefahrenmanagement umgehen und welche Ansätze hinsichtlich Risikomanagements dabei verfolgt werden. Abschließend wurden Empfehlungen für den Umgang mit Naturgefahren für die schienengebundene Infrastruktur aus raumplanerischer Sicht erarbeitet. Im Fazit galt es die unterschiedlichen Aspekte dieser Diplomarbeit zu analysieren und zu diskutieren.

## 2. Naturgefahren im Kontext von Eisenbahninfrastruktur

Die Schieneninfrastruktur erschließt beinahe den gesamten österreichischen Dauersiedlungsraum und ist auf Grund von der Exposition im unterschiedlichen Ausmaß von Naturgefahren hinsichtlich Eintrittswahrscheinlichkeit und Vulnerabilität betroffen.

Trotz steigenden Aufwands hinsichtlich des Schutzes vor Naturgefahren, haben die Schäden, welche durch diese hervorgerufen wurden, in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Bislang wird vorwiegend der Handlungsbedarf für Schutzmaßnahmen aus der Gefahrenzonenplanung sowie den ÖBB internen Naturgefahrenhinweiskarten abgeleitet und richtet sich daher eher nach der Gefährdung als nach dem Risiko.<sup>13</sup>

Bereits seit der Erschließung des Alpenraums durch die Eisenbahn spielen Naturgefahren eine Rolle für die schienengebundene Infrastruktur. Als Naturgefahren stehen Lawinen, Hochwasser, Steinschlag, Muren und Rutschungen im Vordergrund. Allerdings können diese Gefahren nicht als Risiko per se definiert werden, dieses werden sie erst durch von Menschen getroffene Entscheidungen. Erst wenn beispielweise Infrastruktur errichtet wird und menschliches Leben oder Hab und Gut von Einwirkungen betroffen werden, wandelt sich die Naturgefahr zum Risiko.<sup>14</sup>

Risiko kann als mathematische Funktion von der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Naturgefahrenprozesses und dem Schadensausmaß quantifiziert werden. Daher können die differenzierten Gefährdungen miteinander verglichen werden und es kann eine vertiefende Betrachtung hinsichtlich juridischer und ökonomischer Natur erfolgen.<sup>15</sup> Daraus resultiert, dass eine Risikodiskussion in Verbindung mit Naturgefahren von Nöten ist, damit die begrenzten finanziellen Mittel zielgerichtet und mit größter Wirkung eingesetzt werden.<sup>16</sup> In den letzten Jahrzehnten nahmen die Schäden durch Naturereignisse trotz umfangreichen Schutzmaßnahmen laufend zu. Eine maßgebende Ursache dafür ist die immer dichter und intensiver werdende Raumnutzung sowie die Ausweitung der Nutzung in Gefahrenräume.<sup>17</sup>

In Bezug auf die räumliche Nutzung soll die Beeinträchtigung durch alle Naturgefahren möglichst marginal ausfallen. Ebenso soll keine wesentliche Erhöhung, sondern eine Reduktion möglicher Schäden durch Naturgefahren erfolgen. Weiters soll der Ressourcenaufwand für technische Schutzmaßnahmen und etwaige Wiederherstellungsmaßnahmen nach Naturereignissen künftig minimiert werden. Um keine untragbaren Risiken entstehen zu lassen, müssen Naturgefahren möglichst frühzeitig in Planungsprozesse eingebunden werden. Ebenso müssen in einer risikoorientierten Raum- bzw. Eisenbahninfrastruktur- und Eisenbahnanlagenplanung etwaige Konflikte zwischen Nutzung und Naturgefahr durch planerische Maßnahmen vermieden werden.<sup>18</sup>

Bei der Planung von Schutzmaßnahmen hinsichtlich Naturgefahren bedarf es einer Abklärung bezüglich der möglichen Risikosenkung. Wie sieht die Wirkung des geplanten Schutzprojektes aus und wie stehen die Kosten der erzielten Risikoreduktion zur Wirtschaftlichkeit des Projektes.<sup>19</sup> Des Weiteren muss ein zeitgemäßes Risikomanagement über eine Gefahrenverminderung hinausgehen. Daher benötigt es den Einsatz von modernen Methoden

---

<sup>13</sup> vgl. CAMENZIND, LOAT 2014, S.2

<sup>14</sup> vgl. ANDRECS, OBERNDORFER 2008, S.5

<sup>15</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S.98

<sup>16</sup> vgl. MÜLLER, WORNIG 2016, S.166

<sup>17</sup> vgl. PLANAT 2014, S. 2

<sup>18</sup> vgl. ÖROK 2015, S. 27

<sup>19</sup> vgl. BAFU 2015, S. 5

wie z.B. Simulationen, sowohl in der Prozess- und Wirkungsanalyse als auch im Risikomanagement.<sup>20</sup> Auf Grund dessen können Risikomanagementstrategien helfen Zielsetzungen, Handlungsfelder sowie Maßnahmen zur Risikoregulierung optimaler zu steuern.<sup>21</sup>

Letztlich müssen alle Strategien darauf abzielen, Menschenleben sowie Hab und Gut optimal vor Naturgefahren zu schützen.

### 2.1 Geschichte der Eisenbahn im Kontext von Naturgefahren

Seit dem Eisenbahnbau in alpinen Gebieten wird die Bahn durch Naturereignisse gefährdet.<sup>22</sup> Unter Naturereignis versteht man etwaige Vorgänge und Wirkungen, die von einem oder mehreren Naturgefahrenprozessen ausgehen und sich in räumlichem, zeitlichem und kausalem Zusammenhang befinden.<sup>23</sup>

Am Ende des 19. Jahrhunderts gewann der Bahnbau immer mehr an Bedeutung. Für den Bau der Eisenbahnstrecke war die Querung der Alpen sowohl in Nord-Süd- als auch Ost-West-Richtung eine Herausforderung. Um das Queren der Alpenpässe zu ermöglichen, war das Errichten von Scheiteltunneln mit Rampen eine gängige Methode. Dabei wurden die Rampen so gelegt, dass diese die Steigung von 30‰ nicht überschritten. Damit die 30‰ nicht überschritten wurden, mussten steile Bergflanken bei der Trassierung angeschnitten werden.

Vorreiter für die Erschließung des Alpenraumes durch die Eisenbahn war die Verbindung von Wien nach Triest. Dabei wurden am Semmering und in den Karawanken die Alpen gequert. Im Zeitraum von 1854 bis 1928 wurden acht alpenquerende Eisenbahnlinien errichtet, welche alle bis dato in Betrieb sind.<sup>24</sup>

---

<sup>20</sup> vgl. MAUSER 2008, S. 2

<sup>21</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2009, S.60

<sup>22</sup> vgl. BMFLUW 2012, online

<sup>23</sup> vgl. ONR 24800 2009 IN ÖROK 2015, S. 272

<sup>24</sup> vgl. BÄTZING 2015, S.142



Abbildung 1: Semmeringbahn

Quelle: Kodym, 2017

### 2.1.1 Prozess Lawine

In der Vergangenheit war die Eisenbahn in unterschiedlichem Ausmaß wiederkehrend mit Natur- bzw. Lawinenkatastrophen konfrontiert.

#### **Böckstein**

Im Zeitraum von 1901 bis 1909 wurde die Tauernbahn errichtet. Dadurch wurde am 05.07.1909 ein zweiter nationaler Bahnanschluss nach Triest für den Eisenbahnverkehr in Betrieb genommen.<sup>25</sup> Beim Lawinenunglück bei Böckstein wurden am 7. März 1909 um 6:15 Uhr beim Tauernbahnbau 26 Arbeiter durch eine Staublawine abgehend vom Thomaseck getötet. Die Mitarbeiter wurden von der Lawine überrascht, teilweise auf das andere Bachufer geschleudert und metertief unter Schnee, Gestein und Bäumen begraben.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> vgl. WIESNER 2009, online

<sup>26</sup> vgl. BMFLUW 2012, online



**Abbildung 2: Lawinenunglück bei Böckstein**  
*Quelle: Krisch, 2011*

### **Hieflau**

Ein weiteres Lawinenunglück ereignete sich im Gesäuse. Die „Kronprinz-Rudolf-Bahn“, welche durch das Gesäuse führt, wurde mehrmals von Schneemassen verschüttet. Am 8. Februar 1924 um 10 Uhr wurde im Bereich von Hieflau eine Verschubgarnitur von einer Lawine meterhoch verschüttet, wobei vier Bahnmitarbeiter ums Leben kamen.

Um zukünftig vor solchen Gefahren abgesichert zu sein, wurden mehrere Varianten analysiert. Eine Untertunnelung bzw. Lawinengalerie wurde aufgrund des hohen Ressourcenaufwands verworfen. Als alternative wurde eine Variante gewählt, bei der der Zugverkehr während des Gefährdungszeitraums gänzlich eingestellt wird. Um den Zeitabschnitt für die Betriebseinschränkung möglichst präzise einzugrenzen, wurde eine Lawinenbeobachtungsstation auf einem Felsrücken zwischen den Lawinenkaren errichtet. Bei erhöhten Schneemassen wurde im 14-tägigen Turnus die Beobachtungsstation mit je drei Mann besetzt, deren Aufgabe war es die Bahnmeisterei Hieflau via Telefon über Neu- und Altschneemengen sowie dessen Beschaffenheit, Temperatur, Feuchtigkeit uvm. zu informieren. Bei Lawinenverdacht wurde von der Streckenleitung, der Streckenabschnitt zwischen Hieflau und Gstatterboden für den Zugverkehr gesperrt.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> vgl. HABERMANN 2007, online



**Abbildung 3: Lawinenunglück im Gemeindegebiet Hieflau**  
*Quelle: Habermann, 2007*

### Dalaas

Schon vor der Eröffnung der Arlbergbahn gab es Lawinen-, Steinschlag- und Wildbachereignisse. Die Eisenbahningenieure waren aufgrund der extremen Lawinengefahr mit großen Herausforderungen konfrontiert, daher entstanden die ersten Lawinenverbauungen zum Schutz der Eisenbahnstrecke. Erst durch diese technischen Schutzmaßnahmen wurde eine Besiedelung des Vorarlberger Klostertals ermöglicht. Bereits seit dem 19. Jahrhundert gibt es eine Art Lawinenkommission zum Schutz der Bahnanlagen entlang der Arlbergbahn.<sup>28</sup>

Am 12. Jänner 1954 um 0:26 Uhr ereignete sich im Bahnhof Dalaas ein schweres Lawinenunglück. Eine niedergehende Lawine traf mit voller Wucht den Eilzug E632 nach Wien, welcher aufgrund von Streckensperren am Bahnhof Dalaas abgestellt worden war.



**Abbildung 4: Lawinenunglück im Bahnhof Daalas**  
*Quelle: Gemeindearchiv Daalas, 2017*

---

<sup>28</sup> vgl. BMFLUW 2012, online

Die Lawine hob die Lokomotive aus den Gleisen und katapultierte diese gegen das Aufnahmegebäude. Weiters zerstörte die Lawine beim Weiterfahren das halbe Aufnahmegebäude und beschädigte das Gasthaus „Paradies“ schwer, in welchem einige Reisende des Eilzugs genächtigt hatten. Das Unglück kostete fünf Bahnbedienstete sowie drei Angehörige und drei Reisende, welche sich im Aufnahmegebäude aufhielten das Leben, bei den sich im Zug sowie im Gasthaus befindenden Reisenden kam es zu zahlreichen Verletzungen.<sup>29</sup>

### 2.1.2 Prozess Hochwasser und Murgang

Neben der Gefährdung durch Lawinen ist das Streckennetz der ÖBB mit anderen Naturgefahren (z.B. Hochwasser) konfrontiert. So waren durch die im Juni 2013 erfolgten langanhaltenden Regenfälle die Bundesländer Salzburg und Oberösterreich betroffen.<sup>30</sup>

#### Bad Ischl

Die 108 km lange Salzkammergutbahn wurde 1877 eröffnet<sup>31</sup> und verbindet heute die zwei Bundesländer Steiermark und Oberösterreich, 23 Gemeinden und ca. 107.300 EinwohnerInnen.<sup>32</sup> Primär wurde die Salzkammergutbahn für den Abtransport des Salzes aus den Salinen errichtet. Aus heutiger Sicht ist der Güterverkehr von untergeordneter Relevanz, der PendlerInnenverkehr für Erwerbstätige und Auszubildende ist Hauptnutzungspunkt, während die Bahn zugleich an Bedeutung für die Anfahrt von Touristen Richtung Hallstadt gewinnt.<sup>33</sup> Beim Hochwasser 2013 waren zahlreiche Gemeinden und auf der Salzkammergutbahn mehrere Streckenkilometer betroffen.<sup>34</sup> Bei den Überschwemmungen im Jahr 2017 wurde die Bahnstrecke abermals getroffen.

Der Hallstättersee fungierte beim Hochwasser 2013 als Retention. Unterhalb des Hallstättersees ging das Hochwasser auf ein HQ<sub>50</sub> zurück und im Bereich von Bad Ischl stieg das Hochwasser aufgrund der starken Überregnung und der großen Zuflüsse, welche aus den Zubringern kamen, wieder deutlich an. Im Zeitraum von 30. Mai bis 1. Juni fielen im Ursprungsgebiet der Traun täglich 40 bis 57 mm Regen. Am 2. Juni betrug die Tagessumme des Regens in dieser Region 157 mm (Messstation Altaussee).<sup>35</sup>

---

<sup>29</sup> vgl. BMFLUW 2012A, online

<sup>30</sup> vgl. BMLFUW 2015, S. 34

<sup>31</sup> vgl. ALPENBAHNEN 2017, ONLINE

<sup>32</sup> vgl. KOCH ET. AL. 2013, S. 7

<sup>33</sup> vgl. POPULORUM, 2017, ONLINE

<sup>34</sup> vgl. BMLFUW 2015, S. 34

<sup>35</sup> vgl. BMLFUW 2015, S. 34



**Abbildung 5: Hochwasser 2013 an der Salzkammergutbahn bei Bad Ischl**  
*Quelle: ÖBB Infrastruktur AG, 2013*

### **Taxenbach**

Auch das Land Salzburg war 2013 mit Starkregenereignissen konfrontiert. Durch den starken Niederschlag am 02.06.2013 war die Marktgemeinde Taxenbach von mehreren Murgängen getroffen, dabei kam es zu Murgängen aus allen unverbauten Wildbacheinzugsgebieten. Das Ortszentrum, der Ortsteil Högmoos sowie die Bundesstraße 311 und die Bahntrasse der ÖBB waren besonders schwer betroffen.<sup>36</sup> Durch die Streckensperre musste der gesamte Zugverkehr eingestellt werden, wodurch auch der Fernverkehr, welcher über Salzburg bzw. Zell am See geführt wird, kam durch das Hochwasser zum Stillstand. Dabei waren Verbindungen von und nach Wien sowie Nachtzüge von und nach Villach von der Streckensperre betroffen. Ebenso war die Strecke Graz – Zürich von der Unterbrechung betroffen.<sup>37</sup> Speziell der unverbaute Schmiedgraben vermutete die Westbahnstrecke der ÖBB, welche vom 02.06. – 18.06.2013 unterbrochen war.<sup>38</sup>



**Abbildung 6: Luftaufnahme der vermuteten Westbahnstrecke bei Taxenbach**  
*Quelle: Neumayr, o.J.*

---

<sup>36</sup> vgl. NEUMAYR O.J., ONLINE

<sup>37</sup> vgl. FPDWL, 2013, ONLINE

<sup>38</sup> vgl. NEUMAYR O.J., ONLINE

Das Ziel des Schutzprojektes war einerseits, dass, die Wohngebäude außerhalb des roten Gefahrenzonenbereiches zu liegen kommen und andererseits die reibungslose Aufrechterhaltung der hochrangigen Verkehrsadern. Als Maßnahmen wurden zum Schutz des Siedlungsgebietes und der Verkehrsadern (Westbahnstrecke – ÖBB, Bundesstraße 311) in den sieben Einzugsgebieten 14 Rückhaltebauwerke (Murbrecher) errichtet. Als Maßnahmen wurden Bauwerke für den Rückhalt des Geschiebes sowie des Wildholzes erbaut. Die Aufgabe dieser liegt im Stoppen des dynamischen Abflussprozesses sowie in der Filterung von Holz und Geschiebe. Der für die Gemeinde Taxenbach erstellte Gefahrenzonenplan diente als Grundlage für das Projekt und wurde bzw. wird als Gutachten für die Marktgemeinde Taxenbach hinsichtlich Flächenwidmung sowie Bau- und Sicherheitswesen herangezogen.<sup>39</sup>



**Abbildung 7: Murgang 2013 bei Taxenbach**  
*Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2017c*

Während durch das Hochwasser 2002 österreichweit ein Schaden von rund 3,2 Milliarden Euro entstanden ist, so sind im Jahr 2013 Schäden in der Höhe von ca. 866 Mio. Euro bekannt. Das Hochwasser 2013 verursachte bei den ÖBB im gesamten Bundesgebiet ca. 69,3 Mio. Euro und bei den Privatbahnen rund 1 Mio. Euro geschätzten Schaden. Die ASFINAG verifizierte für das Hochwasser im Jahr 2013 eine Schadenshöhe von ca. 0,57 Mio. Euro.<sup>40</sup>

## 2.2 Rollenverteilung von Raum- und Eisenbahninfrastrukturplanung

Während sich die Raumplanung auf den Siedlungsraum konzentriert, erschließt die Eisenbahnlinienhaft beinahe das gesamte Bundesgebiet und verläuft dabei oft abseits des Dauersiedlungsraums. Die Raumplanung nimmt dahingehend die Aufgabe ein, die Raumnutzung der Gefahren- und Risikosituation anzupassen.<sup>41</sup> Dabei kann es in Bezug auf Ausweisung von Bauland in gefährdeten Bereichen sinnvoll sein, eine Überprüfung von alternativen Standorten vorzunehmen.<sup>42</sup> Demgegenüber ist die Anpassung an die Gefahren- und Risikosituation für die Eisenbahninfrastruktur aufgrund ihrer Linienhaftigkeit sowie ihren Anforderungen in Bezug auf Neigung und Kurvenradien nur begrenzt möglich. Diese

---

<sup>39</sup> vgl. NEUMAYR O.J., ONLINE

<sup>40</sup> vgl. BMLFUW 2013, S. 12

<sup>41</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 29

<sup>42</sup> vgl. ÖROK 2005, S.18

Anforderungen bezüglich einer geringeren Neigung und Radien bei der Trassierung resultieren aus der Prämisse, dass große Lasten getragen sowie hohe Geschwindigkeiten gefahren werden müssen.<sup>43</sup> In Bezug auf die Vorgabe der geringen Neigung aber auch hinsichtlich der Radien ergeben sich für die Eisenbahn bei der Trassenwahl speziell in den alpinen Bereichen potenzielle Herausforderungen. Daraus resultiert, dass eine angepasste Raumnutzung für die Eisenbahninfrastruktur nur bedingt möglich ist und daher technische Schutzmaßnahmen für die Eisenbahn von großer Bedeutung sind. Die technischen Schutzmaßnahmen haben für die Eisenbahninfrastruktur eine lange Tradition. Allerdings gilt es, die unterschiedlichen Schutzmaßnahmen auf das Gesamtnetz der Eisenbahninfrastruktur abzustimmen und unter dem Gesichtspunkt der sicheren Eisenbahnbetriebsführung zu priorisieren und hierarchisieren.

Obwohl die Eisenbahninfrastruktur raumrelevant von absoluter Bedeutung ist, liegen aufgrund der Kompetenzverteilung laut Bundesverfassung für die Raumordnung keinerlei gesetzlichen Befugnisse vor. Allerdings wird deutlich, dass obwohl beide Fachbereiche in unterschiedlichen Materiangesetzen geregelt sind, sich ähnliche Herausforderungen hinsichtlich Naturgefahrenprävention ergeben. Während es in bahnrelevanten Gesetzen primär um den „Sicheren Bahnbetrieb“ geht, wird in den Grundsätzen und Zielen der Raumordnungsgesetze der Schutz vor Naturgefahren konkretisiert.

Das übergeordnete Ziel für beide Fachbereiche liegt darin, dass kein neues Schadenspotential entstehen darf.<sup>44</sup> Daher ergeben sich Parallelen hinsichtlich des integralen Naturgefahrenmanagement, bei gleichzeitiger Verringerung des Risikos für Raum- und Eisenbahninfrastrukturplanung.

Hinsichtlich des Naturgefahrenmanagements spielen Planungsinstrumente eine bedeutende Rolle. Dabei wird ersichtlich, dass die Darstellung der Gefahrenzonenpläne sich auf das Gemeindegebiet reduziert und nur begrenzt flächendeckend für das gesamte Bundesgebiet vorliegt. Um die fehlenden Informationen aus den Planungsinstrumenten zu generieren, muss der Schienengebundene Infrastrukturträger eigenständig Erhebungen in Bezug auf Gefahren- und Risikosituation vornehmen. Dabei wird auf die Abstimmung zwischen ÖBB Infrastruktur AG, Wildbach- und Lawinverbauung (WLV) und Bundeswasserbauverwaltung (BWV) großen Wert gelegt.

### 2.3 Rechtliche Grundlagen

Da für bodennutzungsbezogene Planungen von Infrastruktureinrichtungen größtenteils der Bund zuständig ist, fällt die Planung von hochrangiger, linienhafter Infrastruktur nicht in die Raumplanungskompetenzen der Länder. Die Regelung erfolgt vielfach in den jeweiligen Materiangesetzen.<sup>45</sup>

Laut Alpenkonvention, Protokoll Verkehr, verpflichten sich die Vertragspartner die Verkehrswege nach erforderlichem Maße vor Naturgefahren zu sichern.<sup>46</sup>

Im Sinne der Kompetenztrennung findet die Unterteilung in allgemeine und besondere Kompetenzverteilung statt. Die Eisenbahn fällt dabei in die allgemeine Kompetenzverteilung

---

<sup>43</sup> vgl. MATHEWS 2007, S.72

<sup>44</sup> vgl. NACHTNEBEL 2013, S. 24

<sup>45</sup> vgl. ÖROK 2013, S.26

<sup>46</sup> Art. 7 (2) a) Alpenkonvention – Protokoll „Verkehr“

und befindet sich somit sowohl in Gesetzgebung als auch in der Vollziehung in der Zuständigkeit des Bundes.<sup>47</sup> Die Fachplanungskompetenzen des Eisenbahnwesens, Forstwesens und Wasserrecht liegen in der Kompetenzhoheit des Bundes. Da diese nicht in die Landeskompetenzen fallen hat der Bund die Möglichkeit etwaige raumordnungsrechtliche Maßnahmen zu erlassen.<sup>48</sup>

Die rechtlichen Grundlagen hinsichtlich der Eisenbahn werden in differenzierten Materiengesetzen erörtert. So definiert das Bundesbahngesetz, dass die Österreichische Bundesbahn als Zweig der Betriebsverwaltung des Bundes eine Gesellschaft mit eigener Rechtspersönlichkeit ist. Vom Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie wurde eine Kapitalgesellschaft in Form einer Aktiengesellschaft errichtet. Die Aktiengesellschaft ÖBB Holding AG verfügt über ein Grundkapital in der Höhe von 1,9 Milliarden Euro und hat den Firmensitz in Wien.

Im Zuge der 2004 erfolgten Umstrukturierung der ÖBB, hatte die ÖBB-Holding AG die Aufgabe eine Aktiengesellschaft mit dem Firmenwortlaut „ÖBB-Infrastruktur Betrieb AG“ und „ÖBB-Infrastruktur Bau AG“ zu errichten. Diese beiden wurden im Jahr 2009 zur ÖBB Infrastruktur AG verschmolzen.<sup>49</sup>

Die ÖBB-Infrastruktur AG ist gegenüber dem Bund verpflichtet laufend die Qualität der Schieneninfrastruktur zu verbessern sowie deren Sicherheit zu gewährleisten.<sup>50</sup> Ebenso sind jene berechtigten Eisenbahnunternehmen welche zum Bau und zum Betrieb von Eisenbahnen verpflichtet, die Eisenbahn sowie die zugehörigen Eisenbahnanlagen, Betriebsmittel und des sonstigen Zubehörs unter Berücksichtigung der Sicherheit, der Ordnung und der Erfordernisse des Betriebs der Eisenbahn sowie des Verkehrs zu bauen, zu erhalten, zu ergänzen zu betreiben und die notwendigen Vorkehrungen zu treffen.<sup>51</sup> Dabei liegen die Aufgaben der ÖBB-Infrastruktur AG darin eine bedarfsgerechte sowie sichere Schieneninfrastruktur zu planen, bauen, instand zu halten (d.h. Wartung, Inspektion, Entstörung, Instandsetzung und Reinvestition), bereit zu stellen und diese zu betreiben.<sup>52</sup>

In Bezug auf den Bau sowie den Betrieb von Eisenbahnen sind Vorkehrungen zu treffen, damit durch den Bau, Bestand sowie den Betrieb keine Schäden an öffentlichem und privatem Gut entstehen.<sup>53</sup> Hinsichtlich der Wiederherstellung der Infrastruktur nach einer Naturkatastrophe ist grundsätzlich der Betreiber der Anlage verantwortlich.<sup>54</sup> Allerdings werden in keinem Gesetzestext die Themenbereiche Eisenbahn und Naturgefahren miteinander in Verbindung gebracht. In den eisenbahnspezifischen Gesetzestexten wird vorrangig der sichere Eisenbahnbetrieb und -bau vorgeschrieben. Diese Definition impliziert den Schutz der Eisenbahn vor Naturgefahren. Der Gesetzgeber geht somit unter dem Gesichtspunkt - Stand der Technik - vom hundertprozentigen Schutz aus.

---

<sup>47</sup> vgl. Art 10 B-VG

<sup>48</sup> vgl. ÖROK 2013, S.23

<sup>49</sup> vgl. § 1, 2, 29 Bundesbahngesetz

<sup>50</sup> vgl. § 42 Abs.4 Bundesbahngesetz

<sup>51</sup> vgl. § 19 Abs.1 Eisenbahngesetz 1957

<sup>52</sup> vgl. § 39 Abs.1 Bundesbahngesetz

<sup>53</sup> vgl. § 19 Abs.2 Eisenbahngesetz 1957

<sup>54</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 224

## 2.4 Österreichische Bundesbahnen – Infrastruktur AG

Bahnen können als Verkehrsmittel bezeichnet werden, wenn deren Transportgefäße durch Formschluss auf einer Fahrbahn, meist aus Stahl, geführt werden. Sowohl Güter als auch Personen können mit einer hohen Kapazität pro Querschnitt von einer Verkehrsquelle zu einem Verkehrsziel befördert werden, wodurch breite Verkehrsströme wirtschaftlich bewältigt werden können.<sup>55</sup> Im Eisenbahngesetz wird zwischen öffentlicher Eisenbahn, Hauptbahnen, Nebenbahnen und Straßenbahnen, sowie nicht-öffentliche Eisenbahnen, Anschlussbahn und Materialbahn, unterschieden.<sup>56</sup>

Die Österreichischen Bundesbahnen sind Österreichs größter Mobilitätsdienstleister und sind nach dem Bundesbahnstrukturgesetz organisiert. 100% der Anteile befinden sich im Eigentum der Republik Österreich und die Anteilsrechte werden vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie verwaltet.<sup>57</sup>

Insgesamt arbeiten im ÖBB-Konzern ca. 40.000 MitarbeiterInnen. Täglich werden 1,3 Mio. Fahrgäste und ca. 300.000 Tonnen Güter transportiert. Insgesamt werden jährlich ca. 461 Millionen Fahrgäste sowie 111 Mio. Tonnen Güter befördert.<sup>58</sup>

In Abbildung 8 wird das Organigramm des ÖBB-Konzerns dargestellt.

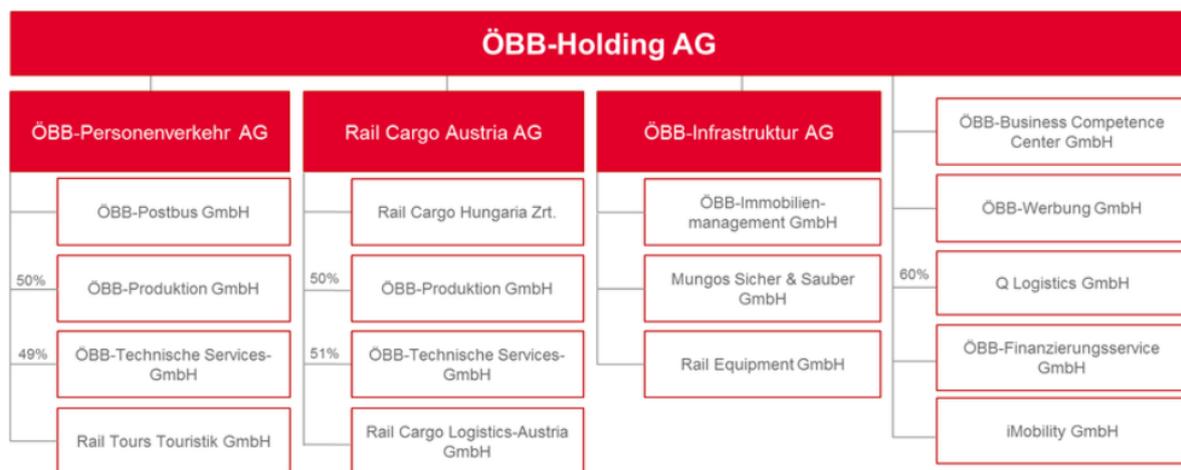


Abbildung 8: Organigramm des ÖBB-Konzerns

Quelle: OEBB 2017

In der Gesetzgebung wird zwischen Eisenbahninfrastrukturunternehmen und Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) differenziert. Als Eisenbahninfrastrukturunternehmen wird ein Eisenbahnunternehmen verstanden, welches den Bau und Betrieb von Haupt- und Nebenbahn - ausgenommen Nebenbahnen, welche nicht mit anderen Haupt- oder Nebenbahnen vernetzt sind - dient und darüber hinaus verfügungsberechtigt ist. Ein EVU erbringt Eisenbahnverkehrsdienste auf einer Eisenbahninfrastruktur von Haupt- bzw. vernetzten Nebenbahnen. Ebenso erbringt bzw. stellt ein Eisenbahnunternehmen die Traktion sicher.<sup>59</sup>

<sup>55</sup> vgl. MATTHEWS, VOLKER 2007, S.11

<sup>56</sup> vgl. § 1 Abs.1,2 Eisenbahngesetz 1957

<sup>57</sup> vgl. MATTHEWS, VOLKER 2007, S.11

<sup>58</sup> vgl. OEBB 2017, S.3

<sup>59</sup> vgl. § 1a,b Eisenbahngesetz 1957

Damit am Schienennetz der ÖBB Infrastruktur AG ein Schienenfahrzeug in Betrieb genommen werden kann, muss eine Erteilung der Bauartgenehmigung (§32 ff EISbG) sowie Betriebsbewilligung (§34 ff EISbG) durch den Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie oder bei nicht vernetzten Bahnen durch die jeweilig zuständige Landesbehörde erfolgen.<sup>60</sup>

Die Verantwortung für die Errichtung, Finanzierung sowie für den Betrieb der österreichischen hochrangigen Eisenbahninfrastruktur befindet sich bei einer privatrechtlich organisierten Aktiengesellschaft, der ÖBB-Infrastruktur AG. Die ÖBB Infrastruktur AG ist zu 100% Tochter der ÖBB-Holding, welche sich zu 100% im Bundeseigentum befindet. Dabei liegen die zentralen Aufgaben der ÖBB-Infrastruktur AG in der Planung und im Bau von Eisenbahninfrastrukturprojekten sowie in der Bereitstellung einer zuverlässigen und bedarfsgerechten Eisenbahninfrastruktur. Ebenso zählt der sichere und pünktliche Eisenbahnverkehr zu den Kernaufgaben der ÖBB-Infrastruktur AG.<sup>61</sup>

Naturgemäß spielt der Themenbereich Naturgefahren punkto sicheren Eisenbahnverkehr eine bedeutende Rolle für die ÖBB-Infrastruktur AG. Dabei setzt sich innerhalb der ÖBB-Infrastruktur AG, mit dem Thema der Naturgefahren der Geschäftsbereich Streckenmanagement und Anlagenentwicklung, im speziellen der Fachbereich Fahrwegtechnik auseinander. Die Abteilung Geotechnik und Naturgefahrenmanagement hat die Aufgabe die strategische Planung zum Schutz vor Naturgefahren umzusetzen. Das Fachwissen wird dabei bei Neubau- und Reinvestitionsprojekten eingebracht. Ebenso liegt der Schwerpunkt dieser Abteilung in der Erstellung von Strategien und Vorgaben sowie organisatorischen Tätigkeiten (z.B. in den Lawinenkommissionen).<sup>62</sup>

Der Verkehrsträger Schiene in Österreich weist im internationalen Vergleich bereits einen sehr hohen Marktanteil auf.<sup>63</sup> Dabei liegt das Ziel des Gesamtverkehrsplans für Österreich in der Verlagerung des Güter- und Personenverkehrs von der Straße auf die Schiene.<sup>64</sup>

Ein Großteil der Verkehrsleistung wird bereits auf dem Kernnetz der ÖBB Infrastruktur AG erbracht. Somit kann im Kernnetz, welches Wirtschafts- und Ballungsräume mit hohem Verkehrsnachfragepotential national und international verbindet, ein attraktives Angebot geboten werden. Bei entsprechender Weiterentwicklung kann künftig die Position der Schiene im Verkehrsnetz abgesichert werden.<sup>65</sup>

---

<sup>60</sup> vgl. ÖBB Infrastruktur AG 2017A, S.19

<sup>61</sup> vgl. BMVIT 2017, S.12

<sup>62</sup> vgl. SCHÖNBERGER 2017

<sup>63</sup> vgl. ÖBB INFRASTRUKTUR AG 2011, S.24,25

<sup>64</sup> vgl. BMVIT 2017, S.15

<sup>65</sup> vgl. ÖBB INFRASTRUKTUR AG 2011, S.24,25

In Abbildung 9 wird das Kernnetz sowie das Ergänzungsnetz der ÖBB dargestellt.

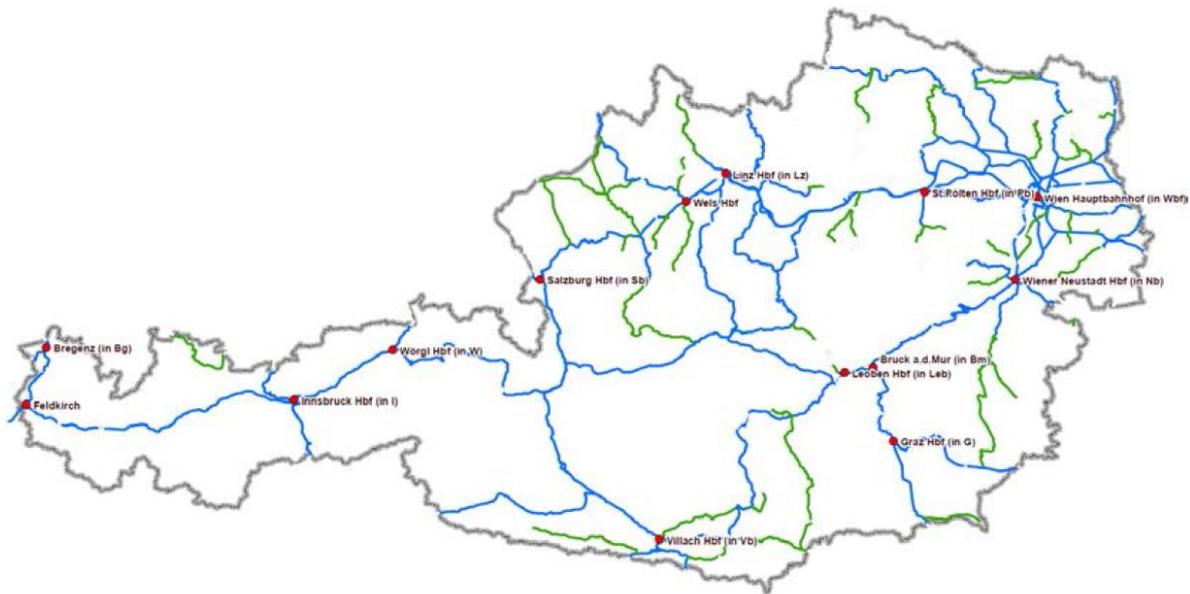


Abbildung 9: Netzzugehörigkeit (blau Kernnetz, grün Ergänzungsnetz)

Quelle: ÖBB-Infrastruktur-AG, S. 7

Die Verkehrsleistung der Eisenbahn beträgt in Österreich 11.150 Mio. Personen-km/Jahr.<sup>66</sup> Bei der Betrachtung des österreichischen Gesamtverkehrs wird ersichtlich, dass rund 11% der gesamten Personenverkehrsleistung auf der Schiene abläuft, dabei beträgt die durchschnittliche jährliche Streckenlänge 1.425 km pro EinwohnerIn.<sup>67</sup>

Für die Mobilität von morgen hinsichtlich eines starken Schienennetzes werden die Visionen der ÖBB im Zielnetz 2025+ visualisiert. Dieses dient als Planungsgrundlage, für die ÖBB-Infrastruktur AG. Dabei gilt es die Systemvorteile der Bahn optimal zu nützen und die großen Ballungsräume im nationalen und internationalen Kontext direkt zu verbinden.<sup>68</sup> Die Umsetzung des Zielnetzes 2025+ erfolgt in sechsjährigen Investitionsprogrammen, in den sogenannten ÖBB Rahmenplänen. Diese werden in der Regel jährlich fortgeschrieben und vom Ministerrat beschlossen. Dabei werden in den Rahmenplänen die vorgesehenen Mittel für Neu- und Ausbauprojekte sowie für Reinvestitionen und Instandhaltungen definiert.<sup>69</sup> Im Jahr 2016 wurde das Hochleistungsnetz sowie das Regionalnetz erweitert und ausgebaut. In Betrieb genommen wurde die viergleisige Weststrecke zwischen Wien und der Linzer Stadtgrenze. Insgesamt beträgt das österreichische Streckennetz eine Länge von 5.611 km und wird von mehreren Eisenbahninfrastrukturunternehmen betrieben.<sup>70</sup>

<sup>66</sup> vgl. BMVIT 2016, S.69

<sup>67</sup> vgl. BMVIT 2017, S.9

<sup>68</sup> vgl. ÖBB INFRASTRUKTUR AG 2011, S.85

<sup>69</sup> vgl. BMVIT 2017, S.12

<sup>70</sup> vgl. SCHIENEN-CONTROL 2017, S.74

Die differenzierten Kennwerte des ÖBB-Streckennetzes werden in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Schieneninfrastruktur in Österreich 2016**

Quelle: Schienen-Control 2017, S. 73

österreichisches Schienennetz länge in km	
Baulänge	5.611
Normalspur (1.435 mm)	5.306
Schmalspur (z. B. 760 oder 1.000 mm) 305	305
eingleisige Strecken	3.462
zweigleisige Strecken	2.149

Als zentrale Kraftquelle im Bahnbetrieb gilt der elektrische Strom. Dabei nutzt die ÖBB ca. 90% Strom aus erneuerbaren Energien. Pro Jahr wird 1.835 GWh Bahnstrom bereitgestellt, dabei wird der Bahnstrom zu 90% aus Wasserkraft erzeugt. Rund 2% des Bahnstroms resultieren aus anderen erneuerbaren Energieträgern und ca. 8% werden aus Erdgas erzeugt.<sup>71</sup> Insgesamt beträgt der Anteil der elektrifizierten Strecken in Österreich 70 Prozent.<sup>72</sup> Um Lücken zu schließen und eine optimale Ausschöpfung von Kostensenkungspotenzialen für EVU's, werden noch auf einigen Strecken der ÖBB Infrastruktur AG Elektrifizierungen durchgeführt.<sup>73</sup>

Im gesamten Eisenbahnnetz werden 1.434 Verkehrsstationen (VKS) bedient. Dabei sind 1.066 VKS im Eigentum der ÖBB-Infrastruktur AG, auf Platz zwei befinden sich die Salzburger Lokalbahnen mit 70 VKS.<sup>74</sup>

Die Streckenlänge der ÖBB Infrastruktur AG beträgt 4.945 km (siehe Abbildung 48) und wird in Kernnetz (3.647 km) und Ergänzungsnetz (1.298 km) unterteilt (Abbildung 9).<sup>75</sup> Insgesamt umfasst das Schienennetz der ÖBB ca. 9.700 Gleiskilometer davon sind rund 8.000 km mit elektrischer Oberleitung. Weiters umfasst das Streckennetz 677 Stellwerke - wobei davon 286 elektronisch sind - 246 Tunnel und Galerien sowie 6.344 Brücken und 3.278 Eisenbahnkreuzungen (Bahnübergänge).<sup>76</sup>

---

<sup>71</sup> vgl. OEBB 2017, S. 40

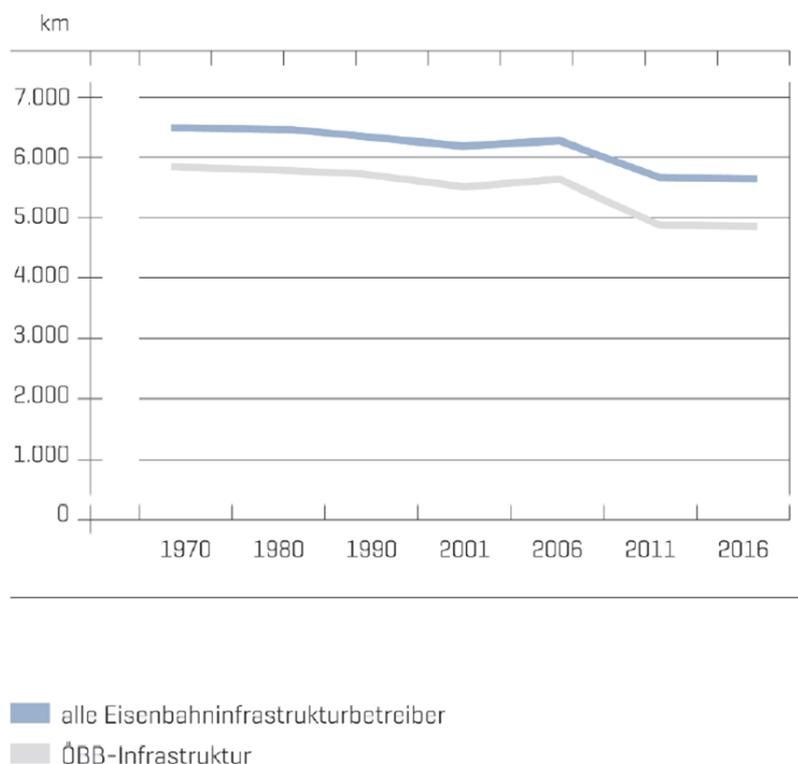
<sup>72</sup> vgl. SCHIENEN-CONTROL 2017, S.74,75

<sup>73</sup> vgl. ÖBB INFRASTRUKTUR AG 2011, S.88

<sup>74</sup> vgl. SCHIENEN-CONTROL 2017, S.74,75

<sup>75</sup> vgl. ÖBB-INFRASTRUKTUR AG 2015, S.7

<sup>76</sup> vgl. ÖBB Infrastruktur AG 2017A, S19



**Abbildung 10: Entwicklung des Schienennetzes der ÖBB - Infrastruktur AG und Privatbahnen in Österreich**

Quelle: Schienen-Control 2017, S. 73

Insgesamt werden auf einer Länge von ca. 20% des Streckennetzes Lehnenflächen aufgewiesen. Als Lehnen versteht man felsige oder bestockte Hangflächen, aus denen Gefährdungen für den Bahnbetrieb resultieren können. Jene kommen gehäuft an den zentralalpinen Rampenstrecken sowie den nordalpiner Talstrecken vor. Die rund 1.000 km potentiell gefährdeten Streckenabschnitte werden auf 60% ihrer Länge mittels technischer Schutzmaßnahmen gesichert. Weiters werden die Lawinengefährdeten Streckenabschnitte durch zehn betriebseigene Lawinenkommissionen temporär beurteilt.<sup>77</sup>

<sup>77</sup> vgl. BRAUNER ET. AL. 2013, S.15

## 2.5 Begriff Risiko

*Der Schutz vor Naturgefahren bindet erhebliche Ressourcen. Es zeigt sich immer deutlicher, dass ein risikogerechter Mitteleinsatz nicht möglich ist, wenn die verschiedenen Risiken nicht quantifiziert und verglichen werden können.*<sup>78</sup>

Das hervorgerufene Risiko durch Naturgefahren betrifft viele Regionen in Österreich, im speziellen werden davon alpine Täler beeinflusst.<sup>79</sup> In der natur- bzw. ingenieurwissenschaftlichen Risikoforschung werden Risiken einerseits klassifiziert und andererseits quantifiziert.<sup>80</sup> „Das Thema „Risiko“ ist heute im Zusammenhang mit Naturgefahren allgegenwärtig.“<sup>81</sup> Als Risiko versteht man im übergeordneten Sinn die Möglichkeit, dass aus einem Vorgang, im speziellen Fall aus einem Naturereignis, ein Schaden entstehen könne.<sup>82</sup> Daher ist Risiko aus mathematischer Sicht eine Funktion der Eintrittswahrscheinlichkeit sowie des korrespondierenden Schadensausmaßes. Einerseits tritt Risiko als Individualrisiko (für einzelne Personen) sowie andererseits als Gruppenrisiko (für Personengruppen) und Kollektivrisiko (für die Gemeinschaft) auf.<sup>83</sup>

Erst wenn ein Objekt gefährlichen Wirkungen ausgesetzt ist und als Folge seiner Empfindlichkeit Schaden nehmen kann, entsteht ein Risiko bzw. ein Schaden. In Formel 1 werden die Zusammenhänge näher erläutert.

### Formel 1: Risikoformel

Quelle: Bründl 2009, S.5

$R_{ij} = p_j * p_{ij} * A_i * v_{ij}$	
$R_j = \sum_i R_{ij}$	
$R = \sum_j R_j$	
R	Kollektives Risiko als Summe über alle Szenarien j und Objekte i
$p_j$	Wahrscheinlichkeit des Szenarios j
$p_{ij}$	Wahrscheinlichkeit, dass Objekt i dem Szenario j ausgesetzt ist
$A_i$	Wert des Objektes i
$v_{ij}$	Schadenempfindlichkeit des Objektes i in Abhängigkeit von Szenario j

<sup>78</sup> PLANAT 2004, S. 12

<sup>79</sup> vgl. ÖROK 2015, S.33

<sup>80</sup> vgl. EGNER, POTT (O.J), S.8

<sup>81</sup> RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 14

<sup>82</sup> vgl. ONR 24800 2009, S.33

<sup>83</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 3

Die Unterteilung eines naturgefahrinduzierten Risikos gliedert sich in die naturwissenschaftlich-ökonomische Risikoanalyse, die sozialwissenschaftlich-politische Risikobewertung sowie das interdisziplinäre Risikomanagement. In Abbildung 11 wird deutlich, dass jeder einzelne Teilbereich des Risikokzeptes in zahlreiche ineinandergreifende Einzelschritte unterteilt ist.<sup>84</sup>



Abbildung 11: Risikokreislauf  
Quelle: Hübel et al. 2009, S.64

Die Vorgehensweise wird in einem Gesamtkonzept der Risikobetrachtung vereint. Dabei liegt die Grundidee eines Risikokzeptes in der vorausschauenden Perspektive, welche es ermöglicht etwaige potentielle Auswirkungen natürlicher Prozesse abzuschätzen und angepasste Maßnahmen einzuleiten.<sup>85</sup> Dies bedeutet, dass es zur Analyse und Bewertung von anspruchsvollen Sicherheitsproblemen und den damit einhergehenden Maßnahmenplanungen das Modell des Risikokzeptes benötigt.<sup>86</sup>

Wenn von einem umfassenden Risikokzept gesprochen wird, muss der Umgang mit diesen Risiken vordergründig sein. Dabei gilt es die Risiken zu erfassen (Risikoanalyse), zu bewerten (Risikobewertung) und weiterführen risikominderte Präventionsmaßnahmen zu treffen (Risikomanagement).<sup>87</sup> Somit beinhaltet der methodische Ansatz des Risikokzeptes darüber hinaus eine Maßnahmenplanung (siehe Abbildung 12).<sup>88</sup>

<sup>84</sup> vgl. HÜBEL ET AL 2009, S. 64

<sup>85</sup> vgl. HÜBEL ET AL 2009, S. 64

<sup>86</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 29

<sup>87</sup> vgl. HÜBEL ET AL 2009, S. 64

<sup>88</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 29

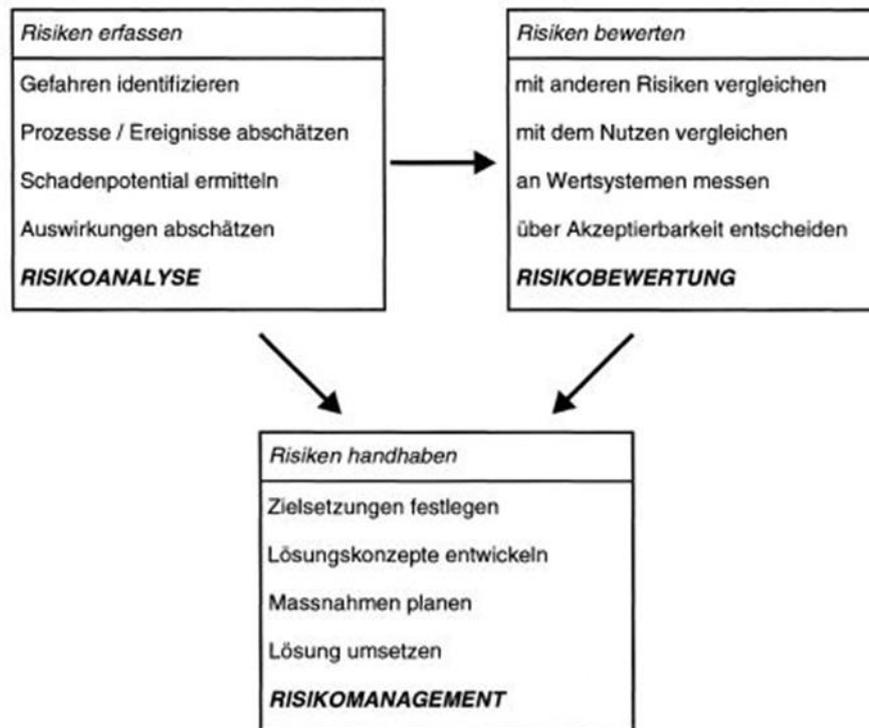


Abbildung 12: Drei Teile einer Risikobetrachtung

Quelle: BUWAL 1998, S.11

Beim Risikomanagement geht es vorrangig um die Quantifizierung des Wechselspiels zwischen Ausdehnung der Gefahrenzonen und der dadurch resultierenden gesteigerten Exposition von gefährdeten Objekten (Fahrdenstleitungen, Gleisanlagen uvm.).<sup>89</sup>

Weiters besteht die Aufgabe des Risikomanagements darin, laufend die relevanten Faktoren zu beobachten und die Risiken periodisch zu verifizieren. Dabei müssen die Risiken in Bezug auf die Akzeptabilität bewertet werden und der Handlungsbedarf bzw. die Prioritäten abgeleitet werden, um darauffolgend die geeigneten Maßnahmen zu steuern. Durch eine geeignete Maßnahmenwahl können inakzeptable Risiken gemieden und gemindert sowie akzeptable Risiken getragen werden.<sup>90</sup> Daher liegt die Herausforderung des modernen Naturgefahrenmanagements laut den führenden Experten im Themenbereich Risikoreduktion.<sup>91</sup>

Um das Anwachsen der Risiken bzw. der Schadenssumme zu verringern, muss gezielt auf die Raumnutzung und damit einhergehend auf das Schadenspotential geachtet werden. Dabei muss ein Kulturwechsel vollzogen werden, von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur.<sup>92</sup> Die Darstellung der Gefährdung ist hierbei nicht ausreichend, denn dabei wird die Konsequenz im Sinne eines Schadenerwartungswertes nicht erfasst.<sup>93</sup> Durch die Formel 1 wird deutlich, dass aus differenzierten Schadenempfindlichkeiten unterschiedliche Risiken resultieren. Obwohl einige dieser Größen je nach Detaillierungsgrad in der Anwendung des Risikokonzepts nicht

<sup>89</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2009, S. 62

<sup>90</sup> vgl. PLANAT 2013 S. 6

<sup>91</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 14

<sup>92</sup> vgl. LOAT O.J., S. 7

<sup>93</sup> vgl. HÜBEL ET AL 2009, S. 64

oder nur teilweise quantifiziert werden können, muss dies bei der Bewertung von Risiken hinsichtlich der Faktoren und deren Zusammenhänge stets bewusst sein.<sup>94</sup>

Die ideale Form in Bezug auf den Umgang mit Risiken wird in Abbildung 13 dargestellt. Dabei wird die Ist-Situation mittels Schutzziele überprüft. Werden die Schutzziele nicht erreicht, sind Maßnahmen zu ergreifen. Wird durch die Maßnahmen ausreichend Sicherheit erreicht, muss gewährleistet werden, dass die Risiken nicht wieder auf ein inakzeptables Maß ansteigen.<sup>95</sup>

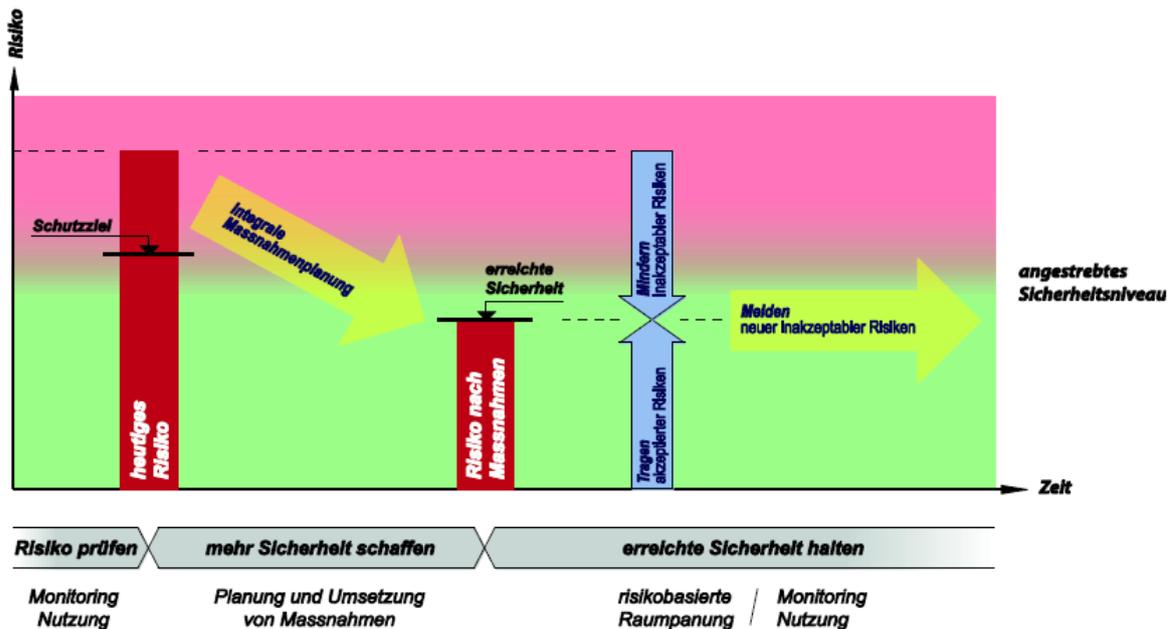


Abbildung 13: Schema des Umgang mit Naturgefahrenrisiken

Quelle: PLANAT 2013, S.13

Die Abbildung 13 visualisiert wie sich die Sicherheit von Naturgefahren entwickeln kann, also wie der Prozess von der Situation (Risiko vor Maßnahme) zur Situation (Risiko nach Maßnahme) erfolgen kann.<sup>96</sup>

In der Ausgangslage wird das definierte Schutzziel nicht erreicht. Dabei wird das Risiko über das akzeptable Maß überschritten, daher besteht Handlungsbedarf. In der darauffolgenden integralen Maßnahmenplanung erfolgt unter Einbeziehung aller AkteurInnen und unter Berücksichtigung aller Aspekte der Nachhaltigkeit eine Optimierung. Ein höheres Sicherheitsniveau ist unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit zulässig. Ebenfalls kann in begründeten Fällen, wenn die Errichtung von nachhaltigen Schutzmaßnahmen nicht möglich ist, das Sicherheitsniveau unterschritten werden.<sup>97</sup> Da allerdings, aus Sicht der ÖBB, der sichere Bahnbetrieb außer Frage steht, ist das Unterschreiten des Sicherheitsniveaus speziell für die Eisenbahn überaus fraglich.

<sup>94</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 5

<sup>95</sup> vgl. LOAT O.J., S. 7

<sup>96</sup> vgl. PLANAT 2013 S. 13,14

<sup>97</sup> vgl. BAFU 2016 S.14

Weiters wird für die Eisenbahninfrastruktur ersichtlich, dass das Naturgefahrenmanagement eine permanente sowie dauerhafte Aufgabe darstellt. Diese Daueraufgabe im integralen Naturgefahrenmanagement resultiert darin, dass sich die Ausgangslage hinsichtlich variabler Zugfrequenz, variabler Entwicklung in der Natur und veränderten Erfahrungen in Bezug auf Schutzmaßnahmen permanent verändert.<sup>98</sup>

### 2.6 Prozess Lawine

Um die Lesbarkeit sowie die Verständlichkeit zu optimieren, werden Erklärungen und Definitionen sowohl im Kapitel Prozess Lawine als auch im Kapitel Prozess Hochwasser getätigt.

Da die Eis- und Schneelawinen unberechenbar waren, zählten diese schon immer zu den bedrohlichsten Formen der Naturkatastrophen.<sup>99</sup> Unter dem Begriff Lawine wird der Massentransport von Eis oder Schnee, welche sich von Berghängen mit teilweise hoher Geschwindigkeit Richtung Tal gleiten bzw. stürzen, verstanden.<sup>100</sup> Dabei hat der abgelagerte Schnee ein Mindestvolumen von mehr als 100 m<sup>3</sup> sowie einer Länge von mehr als 50 m. Es werden zwei Lawinenarten differenziert, die Fließlawine und die Staublawine. Beim Aufeinandertreffen von Lawinen und Hindernissen können hohe Druckkräfte auftreten und dadurch Gebäude und Infrastruktureinrichtungen zerstört werden. Da Lawinen oft Bäume und Steine transportieren, kann die zerstörerische Wirkung von Lawinen noch gesteigert werden. Für die Ursache bzw. die Entstehung von Lawinen benötigt es mehrere Faktoren: eine Hangneigung zwischen 25° und 45°, große Neuschneemengen, Windverfrachtung, instabile Aufbau der Schneedecke, Temperaturanstieg sowie Druckbelastung der Schneedecke z.B. durch Schifahrer bzw. Wildwechsel.<sup>101</sup>

Ein hohes Risiko besteht bei Lawinenabgängen für Verkehrsteilnehmer.<sup>102</sup> Auf Grundlage von differenzierten Geländevoraussetzungen und Schneeeigenschaften bewegt sich der Schnee mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und Fließform in der Sturzbahn talwärts.<sup>103</sup> Ein natürlicher Prozess hat einen Einfluss auf die Stabilität sowie den Zustand der Bahnflanken und im weiteren Sinne auf die sichere Bahnführung bzw. Verfügbarkeit des Bahnbetriebs.<sup>104</sup>

---

<sup>98</sup> vgl. MEIER 2006, S. 18

<sup>99</sup> vgl. MUNTER 2009, S. 14

<sup>100</sup> vgl. ANDRECS, HAGEN 2010, S. 9

<sup>101</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 94

<sup>102</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 27

<sup>103</sup> vgl. SUDA, RUDOLF-MIKLAU 2012, S. 42

<sup>104</sup> vgl. MEIER 2006, S. 6



Abbildung 14: Lawinenabgang auf der Schoberpass-Strecke  
Quelle: Bahnbilder 2009

### 2.6.1 Risikoanalyse

*„Risikoanalysen entstehen aus der Notwendigkeit, Anlagen aus betrieblicher und gesellschaftlicher Sicht so sicher wie möglich zu gestalten. Dabei standen ursprünglich wirtschaftliche Fragen (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Haftung) im Vordergrund. Eine optimale Gestaltung solcher Systeme ist aber nur realisierbar, wenn deren Aufbau und mögliche Schwachstellen bekannt sind.“<sup>105</sup>*

Mit der Risikoanalyse wird eine Antwort auf die Frage: „Was kann passieren?“ gegeben. Dabei geht es um ein systematisches Verfahren mit welchem die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Naturereignisses sowie die Präsenzwahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß charakterisiert und quantifiziert werden.<sup>106</sup> Mögliche aus Naturgefahren resultierende Risiken können auf differenzierten Ebenen analysiert werden.<sup>107</sup> Welche Sicherheitsmaßnahmen im konkreten Fall ausschlaggebend sind, hängen in der Risikoanalyse primär von den Objekten ab.

Einem Naturgefahrenereignis können Objekte und/oder Personen ausgesetzt sein.<sup>108</sup> Das bedeutet, es muss vorab die Gefährdung und die Nutzung des Raums untersucht werden.<sup>109</sup> Ziel für die Risikoanalyse ist somit die objektive Ermittlung der Risikogrößen für ein spezielles Schadensereignis bzw. für ein spezifisches Objekt oder ein Gebiet. Dabei wird einerseits die Ausgangssituation ohne Maßnahme beurteilt und andererseits die Maßnahmenwirkung verifiziert. Die Beurteilung der Wirkung von Maßnahmen ist besonders für die Maßnahmenbewertung von Bedeutung.<sup>110</sup>

---

<sup>105</sup> vgl. BUWAL 1998, S.9

<sup>106</sup> vgl. BAFU o.J.

<sup>107</sup> vgl. HÜBEL ET. AL. 2007, S. 99

<sup>108</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 34

<sup>109</sup> vgl. BAFU 2016, S. 31

<sup>110</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 34

### 2.6.1.1 Gefahrenanalyse

Damit Risiken vermieden werden können, müssen diese erst erkannt werden. Als Grundlage dienen Gefahrenzonenpläne und Naturgefahrenhinweiskarten.<sup>111</sup> Die in der Gefahrenanalyse verwendeten Gefahrenkarten geben lediglich Auskunft über die Gefährdung, allerdings nicht über die Risiken.<sup>112</sup> Dabei kann bei der Gefahrenanalyse zwischen Ereignis- und Wirkungsanalyse differenziert werden. Die Ereignisanalyse dient der Identifizierung von Gefahren und legt diese in Szenarien fest. Bei der Wirkungsanalyse werden Art, Intensität sowie Ausdehnung der gefährlichen Prozesse visualisiert. Als Ergebnis der Gefahrenanalyse wird die Wirkung je Szenario Dargestellt (Intensitätskarten).<sup>113</sup>

### Ereignisanalyse hinsichtlich Naturgefahren

Bei der Ereignisanalyse geht es um potentielle Anrissgebiete und die Beurteilung der damit einhergehenden Voraussetzungen für Lawinenabgänge. Dabei werden Geländeanalysen vorgenommen, wobei die Parameter Analyse der Sturzbahn und des Ablagerungsgebiets von Bedeutung sind. Weiterer bedeutender Punkt ist die Analyse der historischen Quellen sowie Lawinenkataster bzw. die Erfahrung der lokalen Experten. Als Auslösefaktoren gelten für Lawinen die Neuschneemenge in einem bestimmten Zeitfenster, die Windrichtung sowie die Geschwindigkeit, bzw. die Luft- und Schneetemperatur, die Belastung und die Stabilität der Schneedecke. Ein weiterer Punkt sind die meteorologischen Bedingungen in einem Gebiet, dazu gehören die Statistik über die Häufigkeit von Wetterlagen, 3-Tages Neuschneesummen und die maximale Schneehöhen. Bei linienhaften Infrastruktureinrichtungen wie der Bahntrasse werden meist die Häufigkeit der beobachteten Lawinen über der Trasse ermittelt.<sup>114</sup>

---

<sup>111</sup> vgl. CAMENZIND ET AL 2005, S. 15

<sup>112</sup> vgl. LOAT O.J, S. 1

<sup>113</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 11

<sup>114</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 94

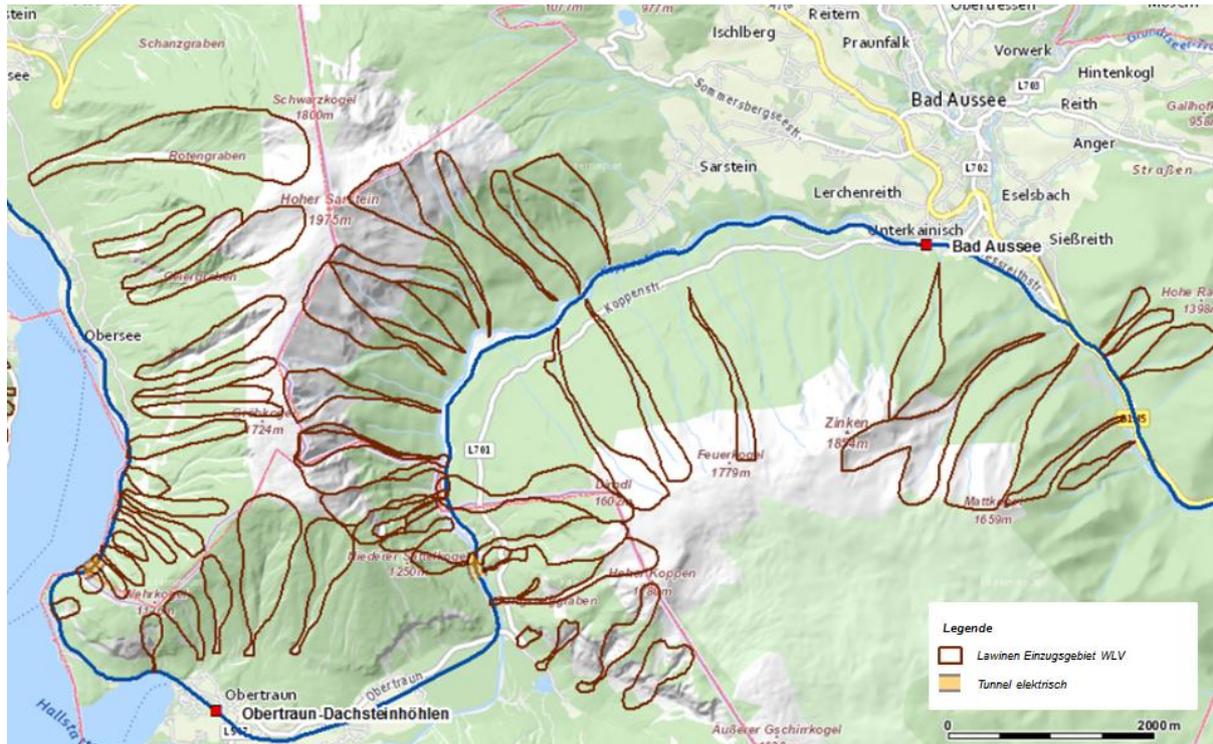


Abbildung 15: Visualisierung von Lawineneinzugsgebieten entlang der Salzammergutbahn

Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2017

Mit der Visualisierung der Lawinen Gebiete (Abbildung 15) werden potentielle Anrissgebiete von Lawinengängen im Zusammenhang mit der Eisenbahntrasse visualisiert. Dabei werden die Lage der Eisenbahn und die Sturzbahn der Lawine deutlich erkennbar.

## Wirkungsanalyse hinsichtlich Naturgefahren

Bei der Wirkungsanalyse gilt es die Grundlagen aus der Ereignisanalyse hinsichtlich deren Wirkung zu beurteilen. Häufig wird die Wirkungsanalyse durch eine Modellierung des Prozesses unterstützt. Bei der Fließlawine sind Geschwindigkeit, Fließhöhe sowie die Dichte des Lawinschnees von Bedeutung.<sup>115</sup> Werden natürliche Prozesse mit anthropogenen Nutzungen und Interessensbereichen überlagert, werden diese zur Gefahr.<sup>116</sup>

In Bezug auf eine lokale Beurteilung der Einwirkungsgrößen von Risiken gibt es einerseits die Beurteilung des Naturgefahrenprozesses unter Berücksichtigung von Simulationen auf Hinweisebene (Naturgefahrenhinweiskarte der ÖBB) und andererseits die Gefahrenzonenpläne der WL.<sup>117</sup>

<sup>115</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 94

<sup>116</sup> vgl. HÜBEL ET. AL. 2007, S. 80

<sup>117</sup> vgl. NEUHOLD 2008, S. 10

### Naturgefahrenhinweiskarten

Ein Instrument ist die Naturgefahrenhinweiskarte, welches entlang des Streckennetzes der ÖBB Infrastruktur AG die Gefährdungen durch Sturzprozess, Lawinen sowie Wildbäche visualisiert. Gegensätzlich zum Gefahrenzonenplan (GZP) welcher als Raumplan im Forstgesetz 1975 sowie dem Wasserrechtsgesetz verankert ist, wurde die Naturgefahrenhinweiskarte für explizite Problemstellungen der ÖBB entwickelt und hat dadurch nur betriebsinterne Gültigkeit.

Die Naturgefahrenkarte der ÖBB hat im Gegensatz zum GZP die Aufgabe die Bewertung der potenziellen Gefährdung hinsichtlich des sicheren Bahnbetriebs zu visualisieren. Weiters ist die Naturgefahrenhinweiskarte kein flächiges Gutachten sondern weist punktuelle und lineare Hinweisbereiche entlang der Strecke aus. Primäres Ziel der Naturgefahrenhinweiskarte ist die räumliche Darstellung von möglichen Gefahrenstellen entlang des ÖBB-Streckennetzes.<sup>118</sup> Dabei erfolgt die Darstellung der Auslauflänge bzw. der Ablagerungsbereiche in drei verschiedenen Szenarien: mittel, groß und sehr groß. Raumplanungsrelevant sind die Naturgefahrenhinweiskarten, da diese als Planungsgrundlage für die Anlagen von Neubaustrecken sowie die Schutzmaßnahmen an bestehenden Strecken dienen.

Ziel der Naturgefahrenhinweiskarte liegt darin, Maßnahmen so zu setzen, dass die Streckenverfügbarkeit durch die Vermeidung von Streckenspeeren und Langsamfahrstellen gesteigert wird. Ebenso dient sie zum Erkennen von Gefahrenpotentialen sowie der Ausweisung von Hinweisbereichen für die weitere Maßnahmenplanung. Die Naturgefahrenhinweiskarte liegt bundesweit einheitlich und nachvollziehbar im Maßstab 1:25.000 vor.<sup>119</sup> Die Klassifizierung der potentiellen Einzugsgebiete erfolgt bei der Lawine in vier Stufen von klein über mittel und hoch bis zu sehr hoch.

---

<sup>118</sup> vgl. BRAUNER ET. AL. 2013, S.15

<sup>119</sup> vgl. ÖROK 2015, S.213

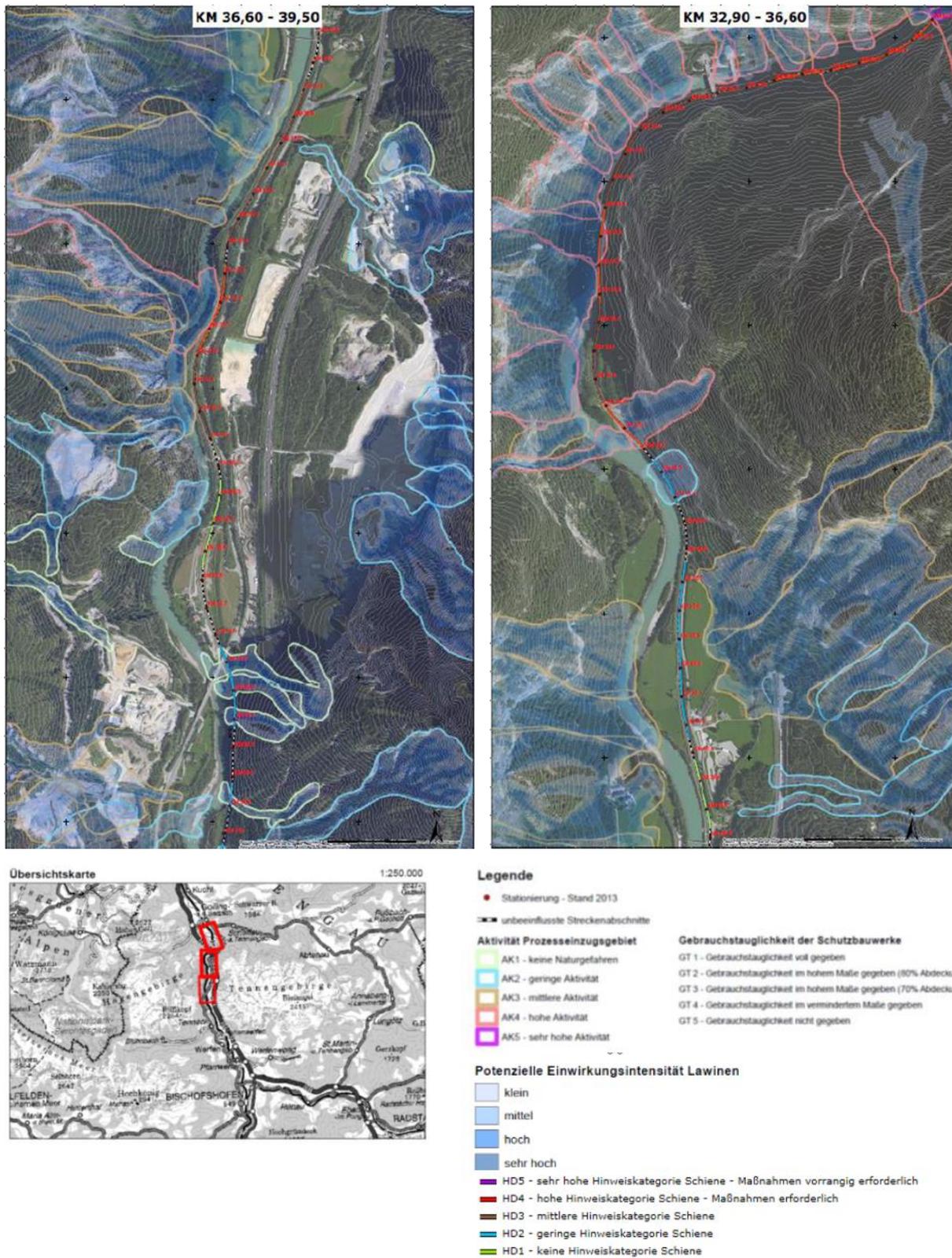


Abbildung 16: Beispiel einer Visualisierung von Naturgefahrenhinweiskarte  
Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2017c

### Gefahrenzonenpläne der WLV

In einem Maßstab von 1:2.000 bis 1:5.000 werden in einem Gefahrenzonenplan die Häufigkeit und die Intensität von Naturgefahren dargestellt.<sup>120</sup>

**Tabelle 2: Abgrenzungskriterien für Gefahrenzonen der WLV**

Quelle: Hübl 2003, S. 9

Rot	Gelb
$P > 10 \text{ kN/m}^2$	$p = 1-10 \text{ kN/m}^2$
$h > 1,5 \text{ m}$	$h = 0,2 - 1,5 \text{ m}$

Die Bindungswirkung des Gefahrenzonenplans entsteht erst durch Gesetze bzw. Verordnungen, die andere Bereiche betreffen, wie z.B. die Raumplanung, das Bauwesen, uvm. Die Gefahrenzonen werden von der WLV aus dem Blickwinkel der etwaigen Flächenverwendung für Siedlung und Verkehr entwickelt.<sup>121</sup> Für die Eisenbahn haben Gefahrenzonenpläne keine bindende Wirkung. In Österreich werden Gefahrenzonenpläne nach Wasserrechtsgesetz und Forstgesetz für die Naturgefahren Hochwasser, Muren und Lawinen erarbeitet. Prinzipiell gilt, dass nicht alle Flächen in Österreich, vor allem nicht im Gebirge eine Eignung für Bebauung aufweisen. Grundsätzlich basieren GZP auf konkreten rechtlichen Grundlagen sowie speziellen technischen Normen und werden durch staatliche Instanzen genehmigt bzw. anerkannt.<sup>122</sup> Allerdings wird durch die Gefahrenzonenplanung keinerlei Aussage über die Höhe der Risiken getroffen.<sup>123</sup> In den Roten Gefahrenzonen werden Flächen ausgewiesen in denen die permanente Benutzung für Siedlungs- bzw. Verkehrszwecke auf Grund des voraussichtlichen Schadensmaßes in Bezug auf den Bemessungsereignisses oder der Häufigkeit der Gefährdung nicht bzw. nur unter der Prämisse des unverhältnismäßig hohen Aufwandes realisierbar ist.<sup>124</sup>

Diese Aussage im §6 der Gefahrenzonenplan Verordnung verdeutlicht bereits indirekt den Bedarf einer Risikoanalyse. Um die Verhältnismäßigkeit von Schutzmaßnahmen zu beurteilen, müssen die voraussichtlichen Schadensauswirkungen des Bemessungsereignisses quantifiziert werden. Ebenso stellt die Berücksichtigung von Naturgefahren in der Raumordnung neben den Gefährdungsgraden ebenfalls die Höhe des betroffenen Schadenspotentials dar. Dadurch wird die Entscheidungsgrundlage in Bezug auf Widmungsverbote sowie Nutzungsbeschränkungen erweitert.<sup>125</sup>

In Bezug auf die Gefahrenzonenabgrenzungen werden geomorphologische Kleinformen (Ablagerungen) und physikalische Parameter, (Druck, Geschwindigkeit) siehe Tabelle 2, verwendet. Diese beiden Parameter werden einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit mit einer einhergehenden Intensität zugewiesen.<sup>126</sup>

<sup>120</sup> vgl. ÖROK 2015, S.35-37

<sup>121</sup> vgl. HÜBEL ET. AL. 2007, S. 37

<sup>122</sup> vgl. ÖROK 2015, S.35-37

<sup>123</sup> vgl. LOAT o.J., S.6

<sup>124</sup> vgl. § 6 VERORDNUNG GZP 1976

<sup>125</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2009, S65

<sup>126</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2009, S65



Abbildung 17: Visualisierung von Lawineneinzugsgebieten entlang der Salzammergutbahn  
Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2017

### 2.6.1.2 Expositionsanalyse

Durch die Zerstörungskraft von Lawinen können Gebäude sowie Eisenbahn- und Infrastruktur beschädigt werden.<sup>127</sup> In der Expositionsanalyse werden Art und Ort der gefährdeten Schutzgüter identifiziert, dabei erfolgt eine zeitliche sowie räumliche Präsenzbestimmung.<sup>128</sup> Es werden potentiell durch den Naturprozess beeinträchtigte Schadenobjekte definiert.<sup>129</sup> Neben Objekten können Personen betroffen sein; wenn zu einem Zeitpunkt zahlreiche Personen anwesend sind (z.B. Vollbesetzter Personenzug), muss die Ausscheidung von Expositionsanalysen beurteilt werden, wobei dadurch Risikospitzen abgebildet werden können.<sup>130</sup> In der Expositionsanalyse werden allerdings keine zu erwartenden Schäden berücksichtigt. Die Folgenabschätzung erfolgt in der Konsequenzanalyse.<sup>131</sup>

<sup>127</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 19

<sup>128</sup> vgl. BAFU 2016, S. 33

<sup>129</sup> vgl. BUWAL 1998, S. 17

<sup>130</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 96

<sup>131</sup> vgl. BUWAL 1998, S. 17

### 2.6.1.3 Konsequenzanalyse

In der Konsequenzanalyse wird das Schadensausmaß im Ereignisfall für jedes Objekt sowie anwesende Personen bestimmt. Dabei erfolgt eine Überlagerung der Intensitätskarten sowie der potentiell gefährdeten Objekte unter der Einbeziehung von Schadensempfindlichkeiten, der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit und der Präsenzwahrscheinlichkeit.<sup>132</sup>

#### Schadensempfindlichkeit

Die Definition der Schadensempfindlichkeit hängt bei Lawinen von der Dichte des Schnees, der Geschwindigkeit sowie der Fließhöhe ab, dabei gibt es bezüglich der Einwirkung von Lawinen auf Gebäude bzw. anderen Strukturen und der Letalität von Personen wenig aussagekräftige empirische Daten. Da sich Lawinen abhängig von Topografie, Sturzbahn und Ablagerungsgebiete unterschiedlich ausbreiten können, sind die räumlichen Auftretungswahrscheinlichkeiten von großer Unsicherheit behaftet.<sup>133</sup>

Bei der Kosten-Nutzen-Untersuchung des Bundesministerium für Land- Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) stellen die Abminderungsfaktoren welche die Schadensempfindlichkeit definieren, das Verhältnis von tatsächlicher Schadenssumme zum geschätzten Objektwert da.<sup>134</sup> Die Schadensempfindlichkeit wird mit einem Wert zwischen 0 (keine Beeinträchtigung) und 1 (totale Beeinträchtigung) quantifiziert.<sup>135</sup>

**Tabelle 3: Schadensempfindlichkeit Verkehrswege im Prozess Lawine**

Quelle: bmlfuw 2006, S. 19

	Gefahrenzone gelb	Gefahrenzone rot
Autobahn, Straßen, sonst. Wege	0,00	0,10
Eisenbahn	0,50	1,00
Fließlawinen und Staublawinen		

Häufig wird der Begriff Schadensempfindlichkeit gleichbedeutend mit den Begriffen Vulnerabilität bzw. Verletzlichkeit verwendet. Allerdings erfolgt beim Begriff Vulnerabilität neben den negativen Beeinträchtigungen von Objekten auch eine Untergliederung in technische und soziale Verletzlichkeit. Während unter technischer Verletzlichkeit die Vulnerabilität von Kommunikationsnetzen und Verkehrsnetzen verstanden wird, impliziert soziale Verletzlichkeit die Vulnerabilität einer Gesellschaft bzw. Teilbereiche einer Gesellschaft (BewohnerInnen einer Region). Bei der technischen Verletzlichkeit muss ebenfalls eine zeitliche Komponente mit einbezogen werden. Dabei muss betrachtet werden, wie schnell der funktionsfähige Zustand wieder sichergestellt werden kann. In diesem Zusammenhang spricht man von der Resilienz eines Systems.<sup>136</sup>

<sup>132</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 19

<sup>133</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 19

<sup>134</sup> vgl. BMLFUW 2006, S. 18

<sup>135</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 19

<sup>136</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 19

Resilienz als Bewältigungs-, Reaktions- bzw. Anpassungspotential geht primär der Frage nach, wie schnell ein System nach einem Schock (Naturereignis) zum Ausgangszustand (vor dem Schock) zurückfinden kann. Allerdings umfasst Resilienz auch, ob bzw. welche Grundfunktionen des Systems während und nach dem Schock aufrechterhalten werden können.<sup>137</sup>

Bei der Definition von Schadensausmaß wird die Beeinträchtigung eines Objektes verstanden (Infrastruktur, Gebäude – Fahrdienstleitungen). Entlang von Bahnlinien wird zwischen ortsfesten bzw. mobilen Objekten unterschieden. Zu den mobilen Objekten zählen die Züge mit den darin befindlichen Personen.<sup>138</sup> In Abbildung 18 befindet sich z.B. ein/e TriebfahrzeugführerIn im Zug, während im Railjet (Abbildung 19) über 400 Sitzplätze vorhanden sind.



**Abbildung 18: Visualisierung eines Güterzug-Modell**

Quelle: Bauer 2017



**Abbildung 19: Visualisierung eines Railjet-Modell**

Quelle: pxtr 2017, online

Bei der Schadenpotentialbetrachtung mittels Gefahrenzonenplan muss das Schadenspotential bei den Überlegungen zur Gefahrenzonenplanung mit einbezogen werden.<sup>139</sup> Die Abbildung 20 visualisiert die möglichen Schadenbilder im Schienenverkehr. Dieser von der BAFU erarbeitete Ereignisbaum verdeutlicht die Komplexität von Schadensbildern im Schienenverkehr.

---

<sup>137</sup> vgl. BIRKMANN 2009, S. 96

<sup>138</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 96

<sup>139</sup> vgl. HÜBEL ET. AL. 2007, S. 80

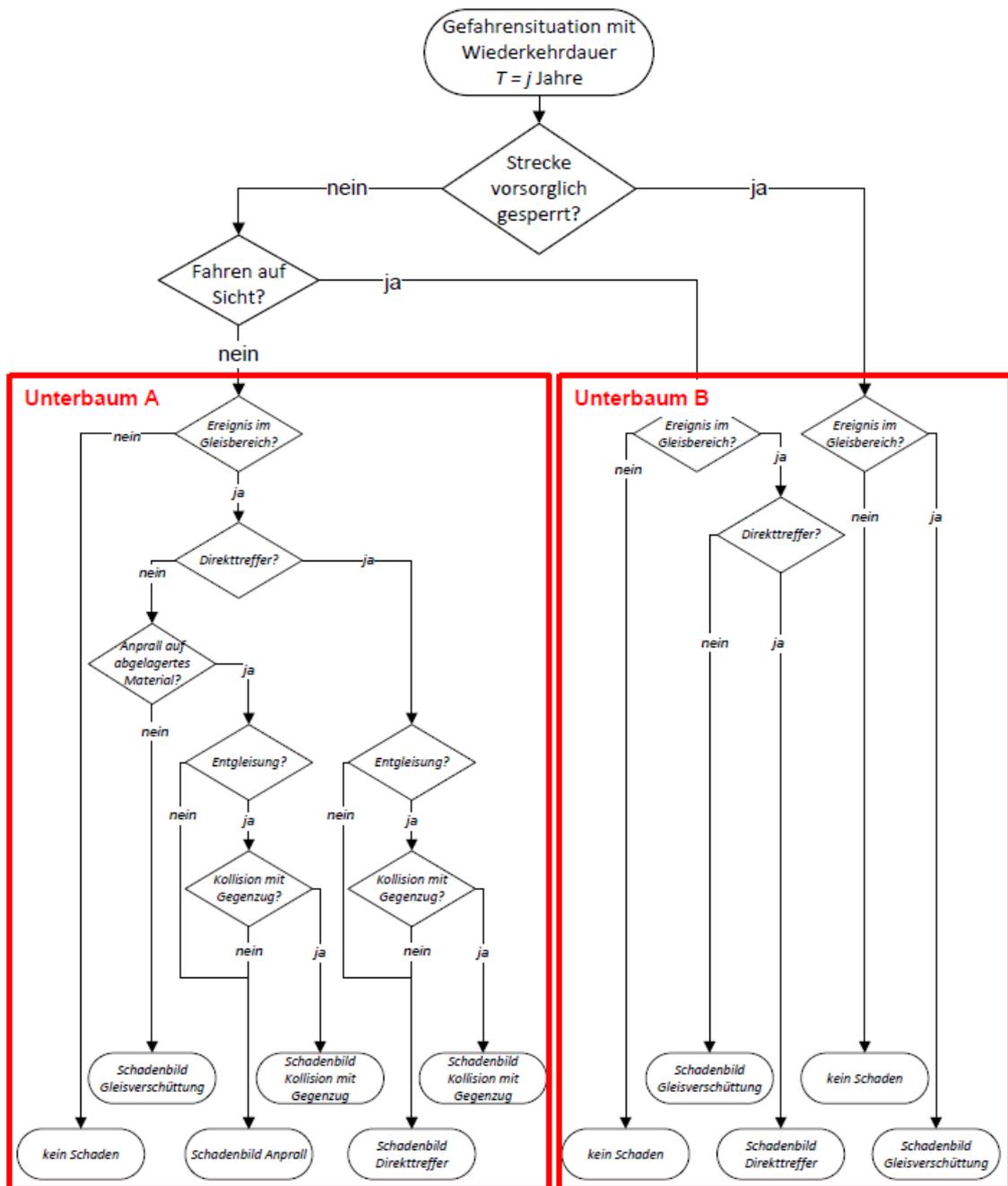


Abbildung 20: Ereignisbaum aller etwaigen Schadensbilder  
 Quelle: BAFU 2015A, S.53

Bei den wahrscheinlichen Schadensbildern wird unterschieden zwischen Direkttreffer – wobei ein abgehender Prozess einen Zug direkt erfasst (siehe Abbildung 21), Anprall auf abgelagertes Material und Kollision mit einem Gegenzug.<sup>140</sup> Das gesamte Schadensausmaß ergibt sich aus der Summe der Schadensausmaße der differenzierten Expositionssituationen.

<sup>140</sup> vgl. BAFU 2015 A, S.11

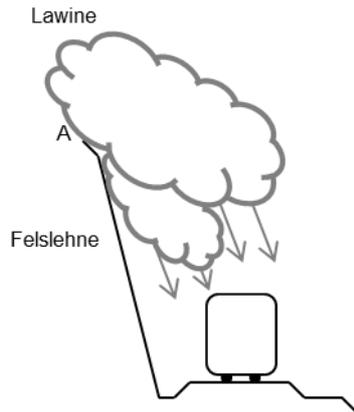


Abbildung 21: Modell eines Ereignisses im Gleisbereich  
Quelle: eigene Erstellung

### Objektschutz

Maßgeblich wird die Schadenempfindlichkeit von Objekten durch bauliche Maßnahmen, welche direkt am Objekt angebracht wurden beeinflusst. Ziel dieser Maßnahme ist es, Schaden beim Eintreten eines Ereignisses abzuwenden.<sup>141</sup>

In Abbildung 22 wird ein Steinschlagschutznetz für den Bahnhof St. Anton abgebildet. Ziel dieser Schutzmaßnahme ist es, jenen Schaden welcher durch Steinschläge am Bahnhof entstehen könnte, zu verhindern.



Abbildung 22: Steinschlagschutz für den Bf. St. Anton  
Quelle: eigene Erstellung

### Präsenzwahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Zug von einem abgehenden Prozess erfasst wird, ergibt sich aus der durchschnittlichen Anzahl der Zugsdurchfahrten pro Tag, der räumlichen Auftretungswahrscheinlichkeit am Ort in Abhängigkeit des Prozesses, der Länge der gesamt

---

<sup>141</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 21

gefährdeten Strecke, der durchschnittlichen Zuglänge und der durchschnittlichen Geschwindigkeit des Zuges.

Das Schadensausmaß gibt Auskunft über das Ausmaß eines Schadens im Zuge des Ereignisses. Durch das Schadensausmaß wird die Größe des Schadens quantifiziert.<sup>142</sup> Dabei variiert das Schadenspotential in lang- und kurzfristigem Zeitraum. Um diese zeitlichen Veränderungen zu modellieren, lässt sich die Schadenpotentialanalyse in GIS einbetten.<sup>143</sup>

Neben den direkten, skalierbaren bzw. beobachtbaren Schäden können auch indirekte Folgen entstehen. Diese verursachen Kosten, welche können daher auch als Folgekosten definiert werden können. Im Speziellen entstehen bei Streckenunterbrechungen für Eisenbahnunternehmen Folgekosten durch Umleitungen sowie Ersatzleistungen z.B. Schienenersatzverkehr. Dieser Zusatzaufwand wird als indirekter Schaden identifiziert. Bei der Höhe der Schadensvolumina ist bei indirekten Schäden vorrangig die Dauer der Streckenunterbrechung entscheidend. Bei zunehmender Dauer der Unterbrechung nimmt das Schadensausmaß nicht linear zu. Die Kosten der Streckenunterbrechung pro Tag nehmen zuerst zu und mit Andauer der Unterbrechung wieder ab.<sup>144</sup>

Das gesamte Schadensausmaß ergibt sich aus direkten und indirekten Sachschäden sowie monetarisierten Personenschäden.<sup>145</sup>

### Verknüpfung der Faktoren

Zur Bestimmung des Schadensausmaßes werden die Faktoren Schadensempfindlichkeit, Objektschutz, räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit und Präsenzwahrscheinlichkeit mit den exponierten Objekten verknüpft. Dabei wird für jede Expositionssituation überprüft, und in welcher Intensität ein Objekt betroffen ist. Darauf basierend wird für jedes Objekt das Schadensausmaß berechnet.<sup>146</sup>

#### 2.6.1.4 Risikoermittlung und Risikodarstellung

In diesem und letzten Teil der Risikoanalyse gilt es die maßgebenden Risikogrößen zu bestimmen. Dabei werden neben Personenrisiken die Sachrisiken bestimmt.

Als Orientierung für die Bewertung von Risikogrößen dienen das individuelle und das kollektive Risiko. Bei beiden Kennwerte geht es um völlig unterschiedliche Anliegen an die Sicherheit. Beim Sicherheitsbedürfnis des Individuums wird die Größe der einzelnen Person definiert, welche infolge einer Gefahr ums Leben kommt. Das bedeutet, dass unter dem Begriff individuelles Risiko das Risiko verstanden wird, bei welcher Wahrscheinlichkeit eine Person in einer gegebenen Risikosituation zu Tode kommen wird. Das individuelle Risiko  $r_i$  einer Person resultiert aus der Summe von Risiken in allen möglichen Szenarien, in jenen sich die Person befinden kann. Generell ist die Einheit des individuellen Risikos die Sterbewahrscheinlichkeit pro Jahr bzw. pro Einheit einer bestimmten Tätigkeit (z.B. pro Zugkm).

---

<sup>142</sup> vgl. BAFU o.J.

<sup>143</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S. 80

<sup>144</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 33

<sup>145</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 34

<sup>146</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 21

Als kollektives Risiko wird das Risiko für eine bestimmte Personengruppe bzw. Gemeinschaft definiert und verstanden. Daraus resultiert, dass das Risiko  $R$  das Produkt der Häufigkeit eines möglichen Szenarios und dem wahrscheinlichen Schadensausmaßes ist. Verdeutlicht wird dies in Abbildung 23, dabei sind in beiden Fällen das kollektive Risiko  $R$  und der Erwartungswert an Todesopfern gleich hoch. Im Fall (a) sind drei Personen, welche mit einem hohen (in jenem Fall gleichen) individuellen Risiko zum Gesamtrisiko  $R$  beitragen (z. B. Personen in einem Zug, welcher auf einer sehr exponierten Trasse fährt). Bei Fall (b) ist die Anzahl der Personen höher und das individuelle Risiko kleiner. Daraus resultiert, dass die Risikosituation immer durch das kollektive Risiko  $R$  und die Verteilung der individuellen Risiken oder die Form der resultierenden Risikofläche charakterisiert wird.<sup>147</sup>

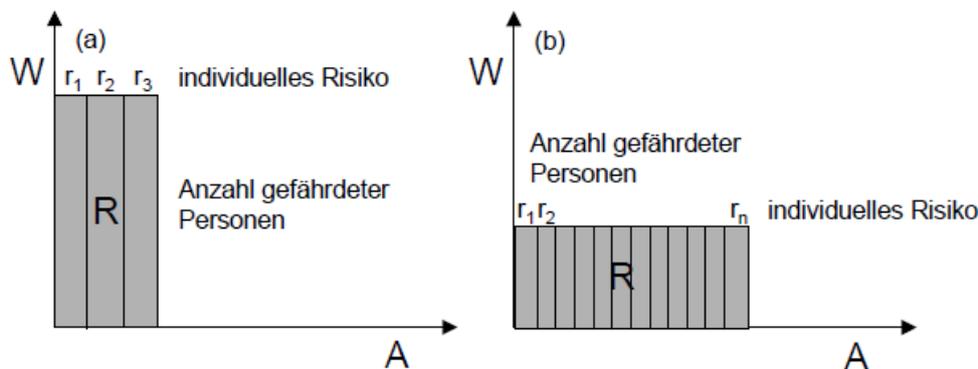


Abbildung 23: Differenziertes Ausmaß von individuellem Risiko bei gleichem kollektivem Risiko  $R$ ,  $W$ =Wahrscheinlichkeit,  $A$ =Schadensausmaß

Quelle: Bründl 2009, S. 35

Wenn eine große Anzahl an Personen einem geringen individuellen Risiko ausgesetzt ist, kann für das Kollektiv trotzdem noch ein hohes kollektives Risiko bestehen (hohe Opferanzahl). Das bedeutet, dass das Bedürfnis nach Sicherheit nicht gegeben ist, wenn für alle Individuen ein genügend tiefes Risiko vorhanden ist.<sup>148</sup>

### 2.6.2 Risikobewertung

Nach der objektiven Bewertung der bestehenden Risiken durch die Risikoanalyse, gilt es in der Risikobewertung zu überprüfen, ob diese Risiken von der Gesellschaft getragen werden können, oder ob diese gemindert werden müssen.<sup>149</sup>

Beim Prozess Lawine können Personen und Sachwerte betroffen sein, daher müssen Personen- und Sachrisiken bewertet werden. Dabei müssen bei Personen jeweils die individuellen sowie die kollektiven Risiken beurteilt werden.<sup>150</sup>

<sup>147</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 35

<sup>148</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 67

<sup>149</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 68

<sup>150</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 97ff

Um eine Voraussetzung für die objektive Entscheidung über die geeignetste Maßnahme zur Risikoreduktion zu entwickeln, gilt es bei der quantitativen Risikobewertung unterschiedliche Risiken nach einheitlichen Maßstäben zu vergleichen.<sup>151</sup> Dabei kann das wahrgenommene Risiko anhand von Werten und Wertepreferenzen bewertet werden.<sup>152</sup> Allerdings ist die Quantifizierung von Risiken durch Naturgefahren nur differenziert möglich, da die Schäden und ihre negativen Auswirkungen, ebenfalls subjektiv bewertet werden.<sup>153</sup>

*„Schäden durch Naturkatastrophen sind die ökonomische Triebfeder des modernen Naturgefahrenmanagements.“<sup>154</sup>*

Ein Schaden ist die Summe aus den Folgen eines Ereignisses. Dies bedeutet am Beispiel von Naturereignissen, welches zu Personenschäden, Sachschäden und Umweltschäden führt, dass das Schadensausmaß sich aus der Größe des Schadens in Bezug auf seine Ausdehnung sowie den Grad der Zerstörung und die daraus resultierenden Folgen ergibt.<sup>155</sup>

In Bezug auf Schäden durch Naturereignisse wird in folgenden Schadenskategorien differenziert:<sup>156</sup>

- Personen
- Sachwerte – Infrastruktur, Fahrzeuge, Maschinen usw.
- Natürliche Ressourcen
- Wirtschaft
- Sozial
- Umwelt

Die Risikobewertung fußt auf der Wertung durch die Gesellschaft, dabei stellt sich die Frage, wer diese Wertung vornehmen darf. Dabei bewegt sich die Risikobewertung im Spannungsfeld zwischen den Natur- und Ingenieurwissenschaften auf der einen, und Sozialwissenschaften auf der anderen Seite.<sup>157</sup>

### 2.6.2.1 Schutzziele für Personen

Schutzziele definieren das angestrebte Maß an Sicherheit für unterschiedliche Raumnutzungen. In Abhängigkeit vom zu schützenden Objekt wird das Schutzziel höher bzw. tiefer angesetzt. Sind Menschen oder erhebliche Sachwerte betroffen, wird ein höheres Schutzziel definiert. Geeignete Maßnahmen können in vielen Fällen Schutzdefizite ausgleichen, allerdings kann in einigen Fällen dies nicht mit vertretbarem Aufwand möglich sein. Das Schutzziel muss - abhängig von Stellenwert und Verletzbarkeit - höher bzw. niedriger angesetzt werden. Die Festlegung von Schutzzielen muss auf quantitative Risikoüberlegungen gestützt werden, dabei muss die Frage beantwortet werden, welcher Schutz gewährleistet werden kann.<sup>158</sup>

---

<sup>151</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 15

<sup>152</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2009, S. 67

<sup>153</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 15

<sup>154</sup> RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 12

<sup>155</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 12

<sup>156</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 39

<sup>157</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 39

<sup>158</sup> vgl. CAMENZIND 2005, S. 18

### Vorschlag Personen Schutzziel

In Österreich werden die Personenschäden durch Naturereignisse und -katastrophen bis dato nicht statistisch einheitlich erfasst. Laut Statistik Austria haben nur 3,8% der jährlichen Todesfälle ihre Ursachen in Unfällen, wobei Naturereignisse als Unfallursache gar nicht ausgewiesen werden.<sup>159</sup>

Voraussetzend, dass sich der Bahnverkehr und die Unfallgefahr über die gesamte Bevölkerung in Österreich gleich verteilen, kann die Todesfallwahrscheinlichkeit für den Schienenverkehr mit  $1,20 \cdot 10^{-7}$  angegeben werden (siehe Tabelle 4). Da sich allerdings die absolute Anzahl des Personenverkehrs auf die Ballungszentren konzentriert und der Anteil der naturgefahrenrelevanten Streckenabschnitte mit ca. 25% abzuschätzen ist, kann der angegebene Todesfallwahrscheinlichkeitswert als obere Schwelle angesehen werden. Seit dem Jahr 1950 (Beginn der systemischen Aufzeichnung) kamen im Personenverkehr fünf Fahrgäste durch gravitative Massenbewegung zu Tode. Dabei wurden zwei Personen im fahrenden Zug und drei im Bahnhofsbereich getötet.<sup>160</sup>

**Tabelle 4: Rechnerische sowie empirische Todesfallwahrscheinlichkeit im Schienenverkehr (Österreich)**

Quelle: ÖGG 2014, S. 9

Parameter	Einheiten	Quelle	Wert
Gesamtbevölkerung Österreich	[EW]	Eustat Median 2008-2012	8.351.643
Anzahl Unfälle im bewegten Zug	[Anz]	Eustat Median 2008-2012	4
Anzahl verunfallte Personen in bewegtem Zug <sup>1)2)</sup>	[EW]	Eustat Median 2008-2012	22
Anzahl getötete Personen in bewegtem Zug <sup>1)2)</sup>	[EW]	Eustat Median 2008-2012	1
Zurückgelegte Bahnkilometer Gesamtbevölkerung	[km]	Eustat Median 2008-2012	10.737.327.661
Beförderte Personen Österreichweit	[EW]	Eustat Median 2008-2012	240.900.000
Km/Personen	[km/EW]		1.285,65
Verkehrsbeteiligungsdauer je Person	[h/EW]		26,78
Gesamtverkehrsbeteiligungsdauer Gesamtbevölkerung	[h]		223.694.326
Getötetenzeitrate Österreichweit	[Getötete/h]		4,47E-09
Todesfallwahrscheinlichkeit Österreich	[Getötete/EW]		1,20E-07
<sup>1)</sup> Zugentgleisungen, Zusammenstöße			
<sup>2)</sup> Passagiere, Bahnbedienstete			

<sup>159</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 31

<sup>160</sup> vgl. ÖGG 2014, S. 7,8

In Bezug auf den menschlichen Todesfall wird im österreichischen Straßenverkehr eine Wahrscheinlichkeit von  $6 \cdot 10^{-5}$  als gesellschaftlich akzeptiert angesehen (Tabelle 5). Als empfohlenes Schutzziel legt die Österreichische Gesellschaft für Geomechanik die Wahrscheinlichkeit durch eine gravitative Naturgefahr ums Leben zu kommen, mit einem maximal Wert von  $1 \cdot 10^{-5}$  /Jahr fest.<sup>161</sup> Dabei liegt der Wert von  $10^{-5}$  deutlich über dem natürlichen Sterberisiko von  $10^{-2}$  (über alle Altersgruppen in Österreich).<sup>162</sup>

**Tabelle 5: Todesfallwahrscheinlichkeit**

Quelle: ÖGG 2014, S. 10

Individuelles Todesfallrisiko durch Naturgefahren in Österreich	
Todesfallwahrscheinlichkeit in gelben und roten Gefahrenzonen bei Wildbächen (abhängig nach exponierten Personen)	$4,00 \times 10^{-6}$
Todesfallwahrscheinlichkeit in gelben und roten Gefahrenzonen bei Lawinen (abhängig nach exponierten Personen)	$2,00 \times 10^{-4}$
Todesfallwahrscheinlichkeit im österreichischen Straßenverkehr (bezogen auf GesamteinwohnerInnenanzahl, Annahme: jede/r ÖsterreicherIn nimmt am Straßenverkehr teil)	$6,00 \times 10^{-5}$

### 2.6.2.2 Schutzziele für Sachwerte

Abhängig von Naturgefahrenprozessen haben nicht Personen, sondern Sachwerte einen maßgebenden Einfluss. Unter den Sachwerten werden speziell im Hinblick auf die Eisenbahninfrastruktur Gebäude wie Fahrdienstleitungen, Gleisanlagen und Züge verstanden.<sup>163</sup> Infrastrukturanlagen zählen zu den wichtigen zu schützenden Objekten, wobei zwischen Anlagen von internationaler, nationaler, regionaler Bedeutung unterschieden werden muss.<sup>164</sup> Dabei setzt sich das kollektive Risiko hinsichtlich der Sachwerte aus der Summe des Schadensausmaßes von jedem Objekt im Gefahrenbereich, verknüpft mit der Häufigkeit des Schadensausmaßes zusammen. Das Risiko wird bezüglich der Sachwerte als Schadenerwartungswert in Geldeinheiten pro Jahr (€/Jahr) definiert.

Bei der Verhinderung von Sachschäden gilt grundsätzlich, dass zur Verhinderung eines Euro Schadens nicht mehr als ein Euro für Sicherheitsmaßnahmen aufgewendet werden soll. In der Praxis ergeben sich daraus - speziell aus den indirekten Schäden - Problemstellungen.<sup>165</sup> Die indirekten Schäden erfolgen nicht durch das Ereignis selbst, sondern durch die daraus resultierenden mittelbaren Folgen. Als Beispiel können hier die Umwegkosten, welche Resultat von Betriebsunterbrechungen auf Grund von Schäden an der Bahntrasse sind,

<sup>161</sup> vgl. ÖGG 2014, S. 10

<sup>162</sup> vgl. ÖGG 2014, S. 10

<sup>163</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 44

<sup>164</sup> vgl. CAMENZIND 2005, S. 18

<sup>165</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 44

genannt werden.<sup>166</sup> Die Monetarisierung von indirekten Schäden stellt sich häufig aus sehr umfangreich, schwierig oder gar unmöglich dar. Weiters ist eine Abgrenzung zwischen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Schäden nicht immer eindeutig, weshalb indirekte Schäden häufig kaum oder gar nicht in Risikoanalysen einfließen.<sup>167</sup>

### 2.6.3 Maßnahmenplanung und Maßnahmenbewertung

Die Ergebnisse aus der Risikoanalyse und -bewertung bilden die Grundlage für das Risikokzept sowie die Maßnahmenplanung und -bewertung.<sup>168</sup> Das Ziel des Risikokzeptes ist es, Lösungskonzepte und optimale Maßnahmenpaketen festzulegen.<sup>169</sup> Dies bedeutet, dass die Maßnahmenplanung mögliche Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete entwirft, welche das kollektive Risiko im Sinne der ökonomischen Effizienz nach dem Grenzkostenprinzip verringert. Zudem sollen die individuellen Risiken die bei Bedarf unter eine Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr von  $1 \cdot 10^{-5}$  (siehe Kapitel 2.6.2.1) verringert werden.<sup>170</sup>

In Tabelle 1 werden die standartmäßigen Maßnahmen zur Reduktion von Lawinen typisiert. Dabei kann gesagt werden, dass jede dieser Maßnahmentypen eine relevante Wirkung haben kann, diese jedoch für den Einzelfall quantifiziert werden muss.<sup>171</sup>

**Tabelle 6: Gliederung der Lawinenschutzmaßnahmen**

Quelle: Neuhold 2008, S. 8

<b>technische Schutzmaßnahmen</b> Galerie, Tunnel, Ablenkwerke	<b>biologische Schutzmaßnahmen</b> Schutzwaldpflege, Ingenieurbiologie, Aufforstung
	<b>organisatorische Schutzmaßnahmen</b> Warnsysteme, Sperrung, künstliche Auslösung, Lawinenkommission, fahren auf Sicht
	<b>Raumplanerische Schutzmaßnahmen</b> Nutzungsbeschränkung, Trassenverlegung

Etwaige Schutzmaßnahmen können sowohl permanent (Abbildung 24) wie auch temporär sein und technische, forstliche-biologische und raumplanerische Maßnahmen umfassen.<sup>172</sup> Die generelle Vorgehensweise hinsichtlich der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen soll einheitlich sowie nachvollziehbar und transparent erfolgen.<sup>173</sup>

<sup>166</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 14

<sup>167</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 34

<sup>168</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 97FF

<sup>169</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 97FF

<sup>170</sup> vgl. BAFU 2016, S. 42

<sup>171</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 96

<sup>172</sup> vgl. ONR 24806 2011, S. 19

<sup>173</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 97

### Technische Schutzmaßnahmen

Technische Schutzmaßnahmen haben in der öffentlichen Wahrnehmung im Naturgefahrenmanagement die Stellung der wirkungsvollsten Maßnahmen, allerdings sind diese mit einem hohen Kostenaufwand und einem oftmaligen Eingriff in die Umwelt verbunden. Weiters sind technische Schutzmaßnahmen in ihre Funktion mit einem erheblichen Erhaltungsaufwand verbunden.<sup>174</sup>

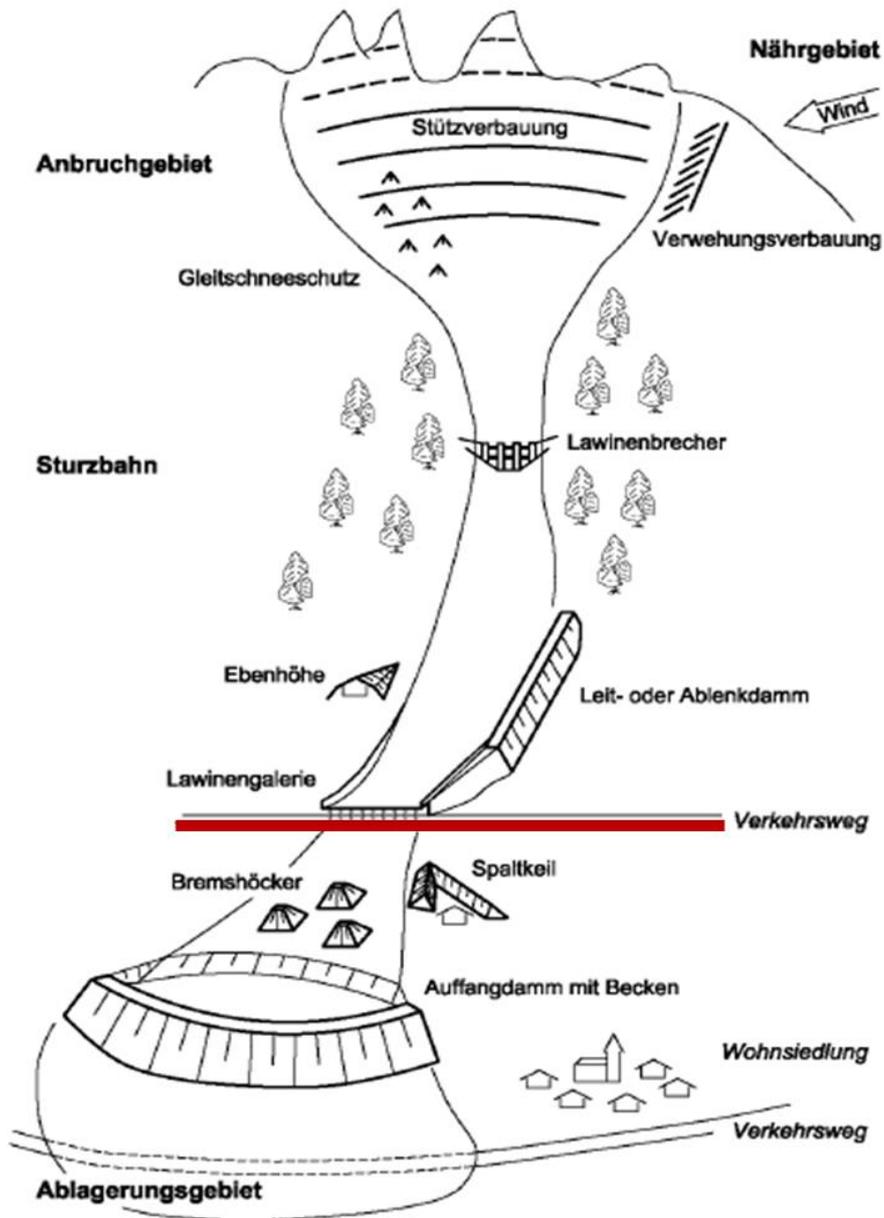


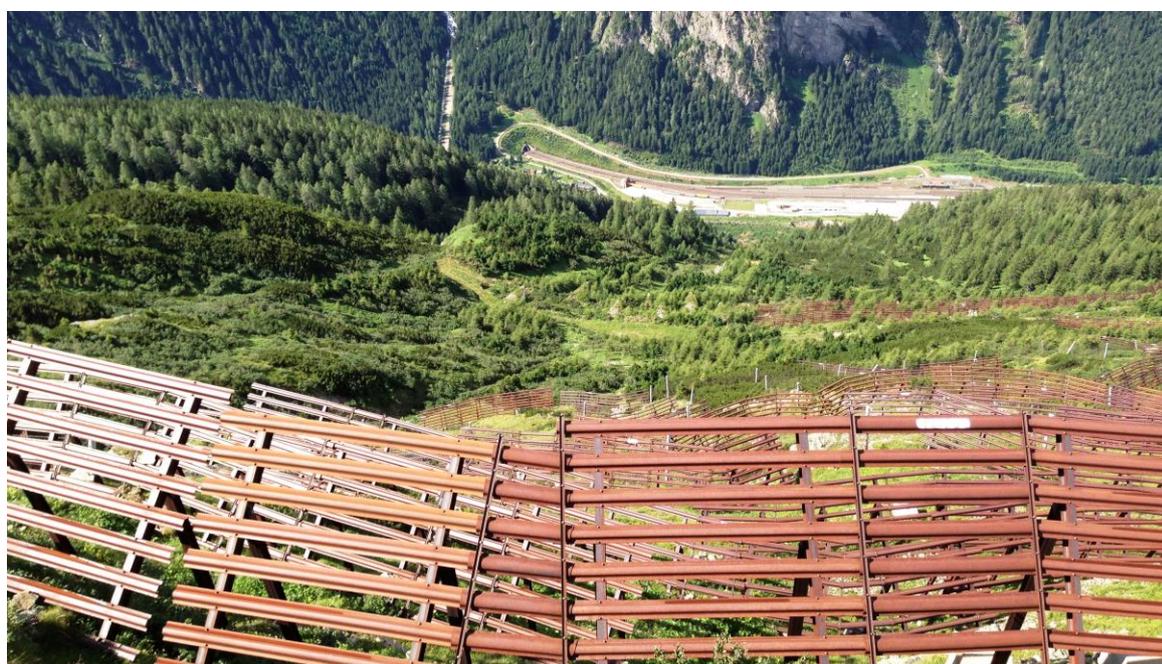
Abbildung 24: Übersicht über den permanenten technischen Lawinenschutz  
Quelle: ONR 24806 2011

<sup>174</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 148

### Lawinenanbruchverbauungen

Die Lawinenanbruchverbauung ist eine der wirkungsvollsten Maßnahmen der Lawinenverbauung. Dabei wird die Schneedecke mit oberhalb der Waldgrenzen errichteten Stahlschneebrücken im Anbruchgebiet abgestützt.<sup>175</sup> Durch diese Art der Lawinenverbauung entsteht eine Stauwirkung; dies bedeutet, dass die Kriech- sowie die Gleitgeschwindigkeit hangabwärts zum Hindernis stetig abnehmen.<sup>176</sup>

In Abbildung 25 wird eine Lawinenschutzverbauung im Bereich des Bahnhofes Böckstein visualisiert. Bremsbauwerke und Auffangdämme, welche in den Sturzbahnen der Lawinen gebaut werden, können Schneemassen vor dem Gefahrengebiet zum Ablagern bringen.<sup>177</sup> Entstehen Anbrüche, verhindert die Stützverbauung das Mitreißen der Altschneedecke. Ebenso werden die Flächen, in welchen sich die Scherrisse fortpflanzen können, beschränkt und die Geschwindigkeit mittels der Bremswirkung der Bauwerke in Schranken gehalten. Diese Auffangvermögen der Stützwerke wirkt sich positiv aus.<sup>178</sup>



**Abbildung 25: Lawinenschutzverbauung aus Stahlschneebrücken**  
Quelle: ÖBB Infrastruktur 2017d

### Kolktafeln

Kolktafeln bestehen aus Holz, sind vollständig geschlossen und haben meist einen Bodenspalt. Sie werden im Übergangsbereich zwischen Luv und Lee aufgestellt. Dabei hat die Kolktafel die Aufgabe, dass durch die seitliche Kompression des Windes, es zu Weiter- bzw. Abtransport der Schneekristalle kommt und diese unmittelbar hinter den Kolktafeln aufgrund von Turbulenzen zur Schneeablagerung kommt.<sup>179</sup>

---

<sup>175</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 153

<sup>176</sup> vgl. ONR 24806, S. 25

<sup>177</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 153

<sup>178</sup> vgl. ONR 24806, S. 25

<sup>179</sup> vgl. ONR 24806, S. 46



**Abbildung 26: Kolktafeln**

*Quelle: ÖBB Infrastruktur 2017d*

### **Überleitbauwerke**

Überleitbauwerke werden zum Schutz der Schieneninfrastruktur errichtet. Mit dieser Maßnahme wird als einzige ein hundertprozentiger Lawinenschutz für den überdeckten Abschnitt geboten.<sup>180</sup> Dabei werden Lawinen über den gefährdeten Streckenabschnitt geleitet, damit es zu keinen Streckenunterbrechungen kommt. Neben der Vermeidung von Streckensperren ist aufgrund des hohen Schutzgrades die Sicherheit von Personen entscheidend.<sup>181</sup>

---

<sup>180</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 153

<sup>181</sup> vgl. ONR 24806, S. 46



Abbildung 27: Lawingalerie  
Quelle: ÖBB Infrastruktur 2017d

### Biologische Schutzmaßnahmen

Unter den Biologischen Schutzmaßnahmen haben bei der Eisenbahn die forstlich-biologische Maßnahmen eine bedeutende Rolle. Diese Schutzmaßnahmen beinhalten alle Maßnahmen, bei welchen die Schutzwirkung des Waldes hergestellt bzw. verbessert wird. Zu diesen Maßnahmen zählen sowohl Aufforstungsmaßnahmen, Schutzwaldpflege und die Erschließung von Schutzwäldern mit Bringungsanlagen.<sup>182</sup> Die forstliche Raumplanung ist so zu vollziehen, dass die Waldverhältnisse hinsichtlich der Schutzwirkung bezüglich der Elementargefahren, der schädigenden Umwelteinflüsse und des Erhalts der Bodenkraft gewährleistet sind und bleiben.<sup>183</sup>

---

<sup>182</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 173

<sup>183</sup> vgl. § 6 (1), (2) B FORSTGESETZ 1975

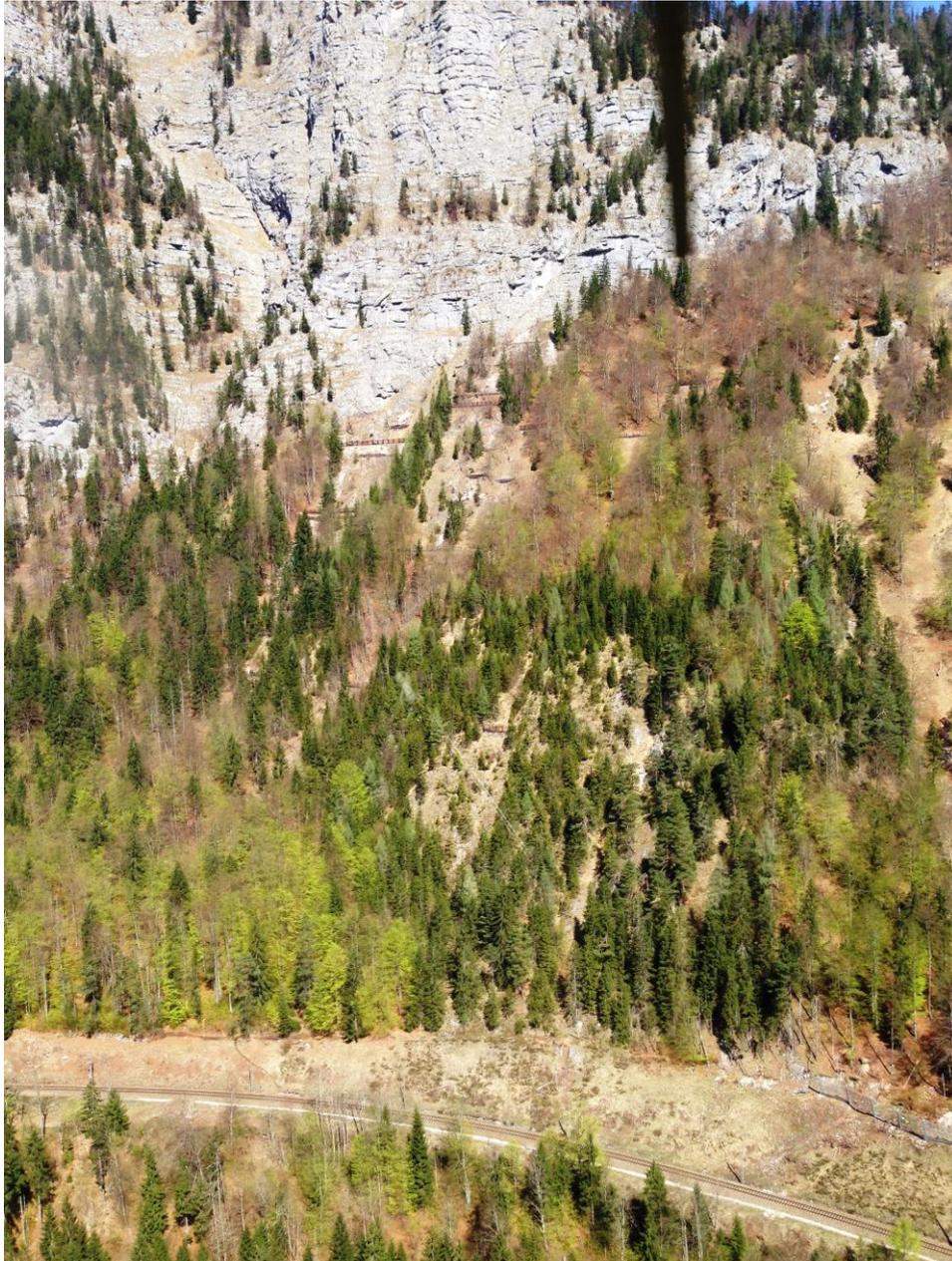


Abbildung 28: Objektschutzwald  
Quelle: ÖBB Infrastruktur 2017d

### Organisatorische Schutzmaßnahmen für die Eisenbahn

Organisatorische Schutzmaßnahmen haben speziell bei der ÖBB lange Tradition. So wurde, wie bereits erwähnt, im Gesäuse ein Beobachtungsposten zur Abschätzung der Lawensituation installiert. Bei der Betrachtung der unterschiedlichen organisatorischen Maßnahmen müssen diese für jeden Einzelfall beurteilt werden.<sup>184</sup>

Beim Erkennen von Gefahrensituationen können Bahnunternehmen auf unterschiedliche Weise reagieren. Einerseits kann der Infrastrukturbetreiber die Bahnlinie sperren oder Warnposten auf der Strecke positionieren, andererseits kann das Fahren auf Sicht veranlasst und somit das Risiko eines Unfalls wesentlich reduziert werden. Beim Fahren auf Sicht wird

---

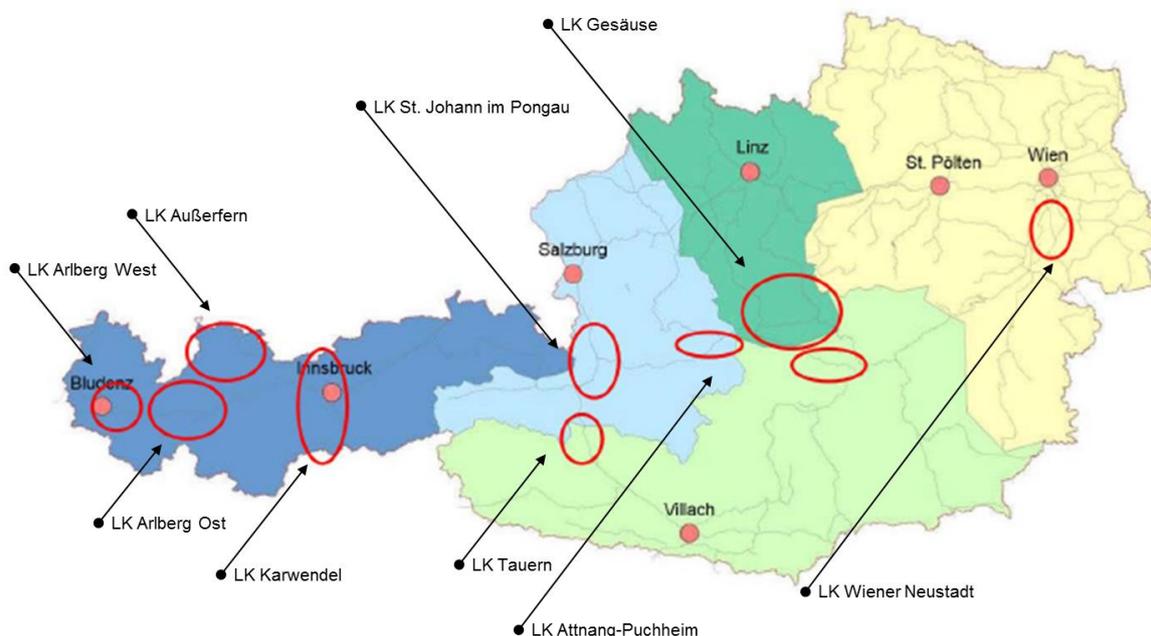
<sup>184</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 97

die Fahrgeschwindigkeit so gedrosselt, dass der Lokführer jederzeit stehen bleiben kann. Dadurch kann ein Anprall auf abgelagertes Material im Gleisbereich verhindert werden und die Wahrscheinlichkeit eines Anpralls verringert sich auf null.

Da diese Maßnahmen ein Erkennen der Gefahr voraussetzen, sind sie nur für Gefahren wie Lawinen, Überschwemmungen, Murgängen und Hangmuren oder Felstürze (wenn sie sich durch vorherige Aktivitäten abzeichnen) geeignet.

Die ÖBB internen Lawinenkommissionen haben die zentrale Aufgabe, sich abzeichnende Naturgefahren, im speziellen Lawinen, zu erkennen und in Folge vorsorgliche Streckensperren zu empfehlen. Diese sehr wirksame Maßnahme verursacht in den meisten Fällen nur geringe direkte Kosten, ist jedoch durch Fehleinschätzung gefährdet.<sup>185</sup> Diese sehr verantwortungsvolle Aufgabe, benötigt sehr viel Wissen und Erfahrung rund um die Themen Schnee und Lawine.

Bereits kurz nach der Eröffnung der Arlbergbahn wurde auf Grund der Lawinengefahr entlang der Eisenbahnstrecke die erste Lawinenkommission der ÖBB und somit auch in Österreich errichtet. Heute verfügt die ÖBB Infrastruktur AG über zehn Lawinenkommissionen in fünf Regionen. Die Komponenten Streckenkenntnis bzw. Dienst- und/oder Wohnsitz entlang von lawinengefährdeten Streckenabschnitten sind für die Aufnahme von Personen in einen Lawinenwarndienst (LWD) ausschlaggebend. Das LWD-Personal wird in internen ÖBB-Lawinenkursen geschult. Bei Spezialthemen werden vereinzelt Personen in externen Lawinenkursen geschult.<sup>186</sup> Auf Grund der Stellung eines Sachverständigen agiert die ÖBB Lawinenkommission weisungsfrei.<sup>187</sup>



**Abbildung 29: Zuständigkeitsbereiche der ÖBB Lawinenkommissionen**  
Quelle: Rachoy 2012 + eigene Bearbeitung, online

<sup>185</sup> vgl. BAFU 2015 A, S.56

<sup>186</sup> vgl. BRUCKER 2013, S 61

<sup>187</sup> vgl. RACHOY 2012, ONLINE

Die ÖBB-Lawinenkommissionen sind als Bestandteil der regionalen Lawinenwarndiensten in den Anlagen-Service-Center Standorten (ASC) der ÖBB Infrastruktur AG, in denen sich lawinengefährdete Streckenabschnitte befinden, eingerichtet. Der Obmann der Lawinenkommissionen hat deren fachliche Leitung inne.<sup>188</sup> Der ÖBB-Lawinenwarndienst unterteilt sich in einen Zentralen und mehrere Regionale Lawinenwarndienste,<sup>189</sup> deren Standorte in Abbildung 29 dargestellt werden.

Der ÖBB Lawinenwarndienst hat die Aufgabe die Situation nachvollziehbar, standardisiert zu beurteilen und dokumentieren. Dies dient der Beratung für Entscheidungsträger wie der Betriebsleitung und den Fachkoordinatoren. Grundsätzlich wird der Lawinenwarndienst in einem ÖBB internen Regelwerk und in der Lawinenwarndienst-Geschäftsordnung geregelt.

### Maßnahmen des Regionalen Lawinenwarndienstes

Der Lawinenwarndienst der ÖBB definiert Art und Auswirkungen von Maßnahmen nach Lawinenalarmstufen (LAS). Dabei werden bei Lawinenwarnstufe 1 keine betrieblichen Einschränkungen oder Schäden erwartet. Diese Lawinenalarmstufe ist ab einer amtlichen Lawinenwarnstufe 4 für entsprechende Gebiete zu definieren. Bei der Lawinenalarmstufe 2 sind bereits betriebliche Einschränkungen möglich, allerdings werden diese aufgrund von betrieblichen und/oder technischen Maßnahmen (z.B. Fahren auf Sicht) nicht erwartet. Ab Lawinenalarmstufe 3 können betriebliche Einschränkungen wie Streckensperren erwartet und von Schäden durch Lawinen ausgegangen werden.

Die Lawinenalarmstufen 2 und 3 werden vom Obmann der jeweiligen Lawinenkommission ausgerufen.<sup>190</sup>

---

<sup>188</sup> vgl. SAUERMOSE 2014, S. 14

<sup>189</sup> vgl. SAUERMOSE 2014, S. 68

<sup>190</sup> vgl. ÖBB INFRASTRUKTUR AG 2017B, S. 6,7

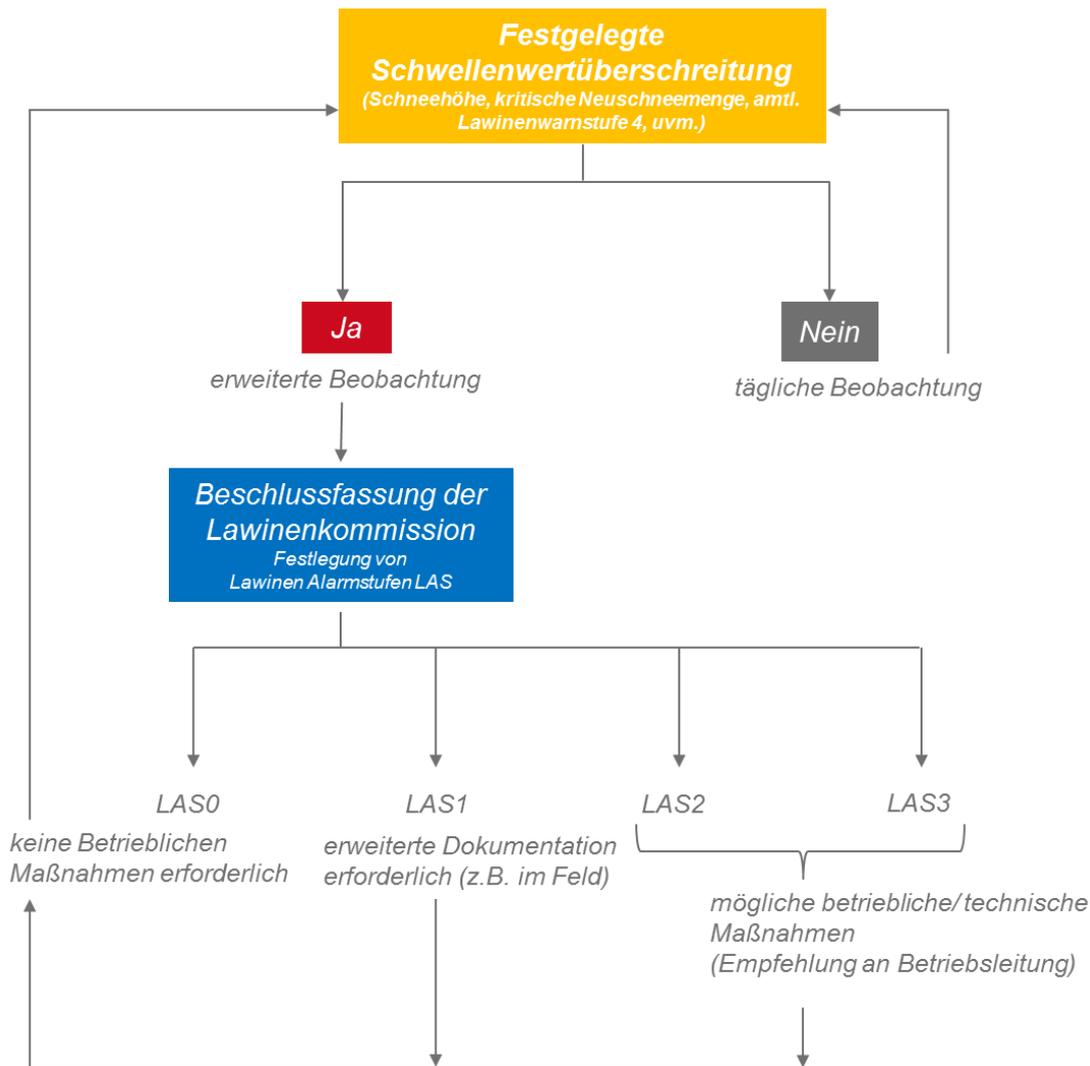


Abbildung 30: Arbeitsablauf des regionalen Lawinenwarndienst

Quelle: Eigene Erstellung

Die Aufgabe des zentralen ÖBB-Lawinenwarndienstes liegt in der Unterstützung bei der Beurteilung der Lawinengefahr. Dabei werden in Abstimmung mit den regionalen Lawinenkommissionen bei Bedarf Begehungen und Befliegungen durchgeführt. Die Aufgaben der regionalen Lawinenexperten sind die Abgrenzung der lawinengefährdeten Streckenabschnitte sowie, die Organisation von Übungen, die Überwachung der Dokumentation und die Koordination bei regionalen Krisenanlagen. Festzuhalten ist, dass die Lawinenkommission der ÖBB kein dauerhafter „Ersatz“ für technische Schutzmaßnahmen ist. Wo zur Sicherung der Schienengebundenen Infrastruktur technische Schutzverbauung möglich sind, müssen diese bevorzugt werden.<sup>191</sup>

In der Geschäftsordnung der Lawinenwarndienste werden die jeweiligen Streckenabschnitte genau definiert. Entsprechende Übersichts- und Detailkarten mit den jeweiligen Lawineneinzugsgebieten befinden sich im Anhang der Geschäftsordnung. Ebenso werden die für die ÖBB relevanten Wettermessstationen angegeben.<sup>192</sup>

<sup>191</sup> vgl. SAUERMOSER 2014, S. 14

<sup>192</sup> vgl. ÖBB INFRASTRUKTUR AG 2017B, S. 6,7

In Abbildung 31 werden die Streckenabschnitte der Salzkammergutbahn, welche für die ÖBB Lawinenwarndienste im Bereich Bad Aussee-Obertraun relevant sind dargestellt, welche für die ÖBB Lawinenwarndienste für die Beurteilung relevant sind.

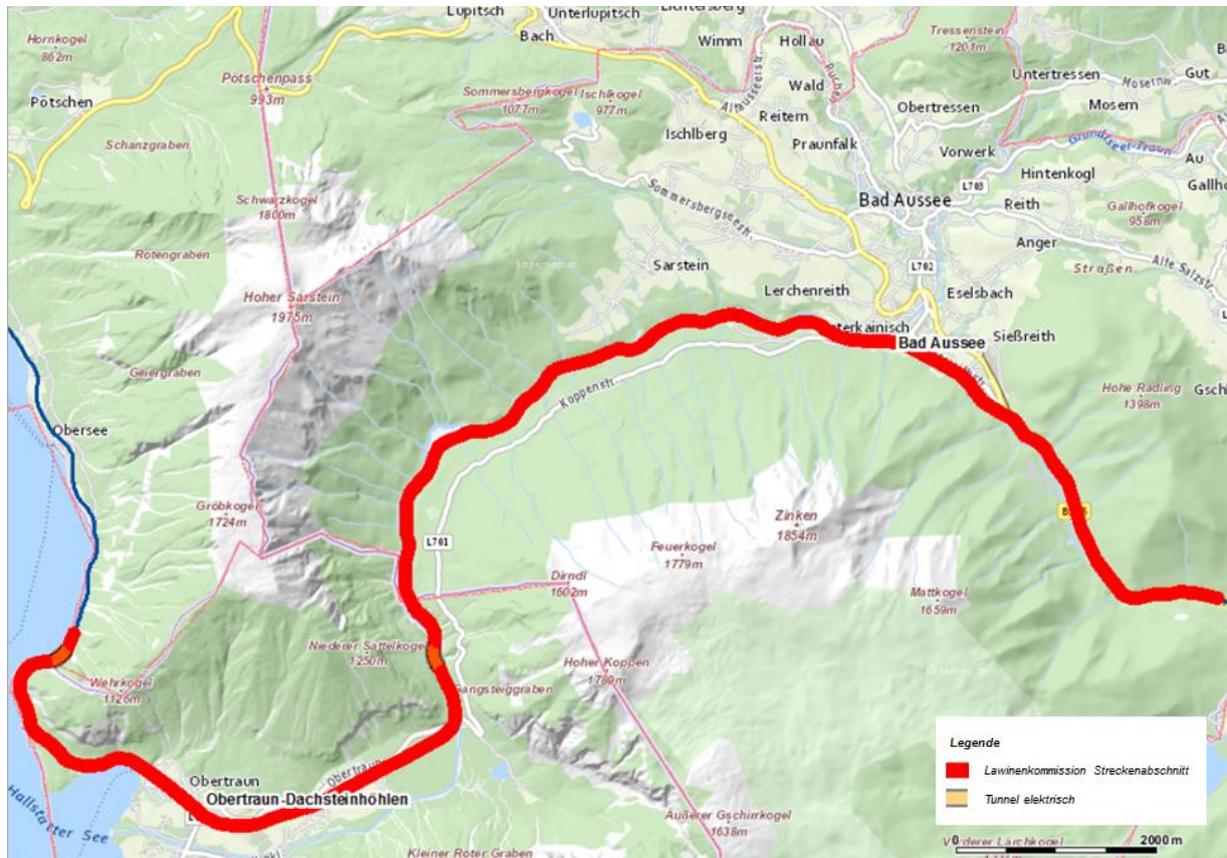


Abbildung 31: ein Streckenabschnitte auf welchen die Lawinenkommission der ÖBB tätig ist  
Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2017

In Abbildung 32 werden die Schnee- und Windmessstationen des Lawinenwarndienst Tirols und der ÖBB dargestellt. Die Lawinenwarndienste der Bundesländer sind in engem Kontakt mit den Lawinenkommissionen und betreiben ein Beobachtungsnetz von Messstationen, wo Wetter- und Schneedaten erfasst werden.<sup>193</sup> Die in Abbildung 32 abgebildeten ÖBB Messstationen befinden sich am Talboden im Bahnhofsbereich von St. Anton am Arlberg, Strengen und Flirsch. Durch die Tallagen der Messstationen kann eine Aussage über die Exposition nicht durchgeführt werden.<sup>194</sup>

<sup>193</sup> vgl. Rudolf-Miklau 2009, S. 199

<sup>194</sup> vgl. SAUERMOSENER 2014, S. 40

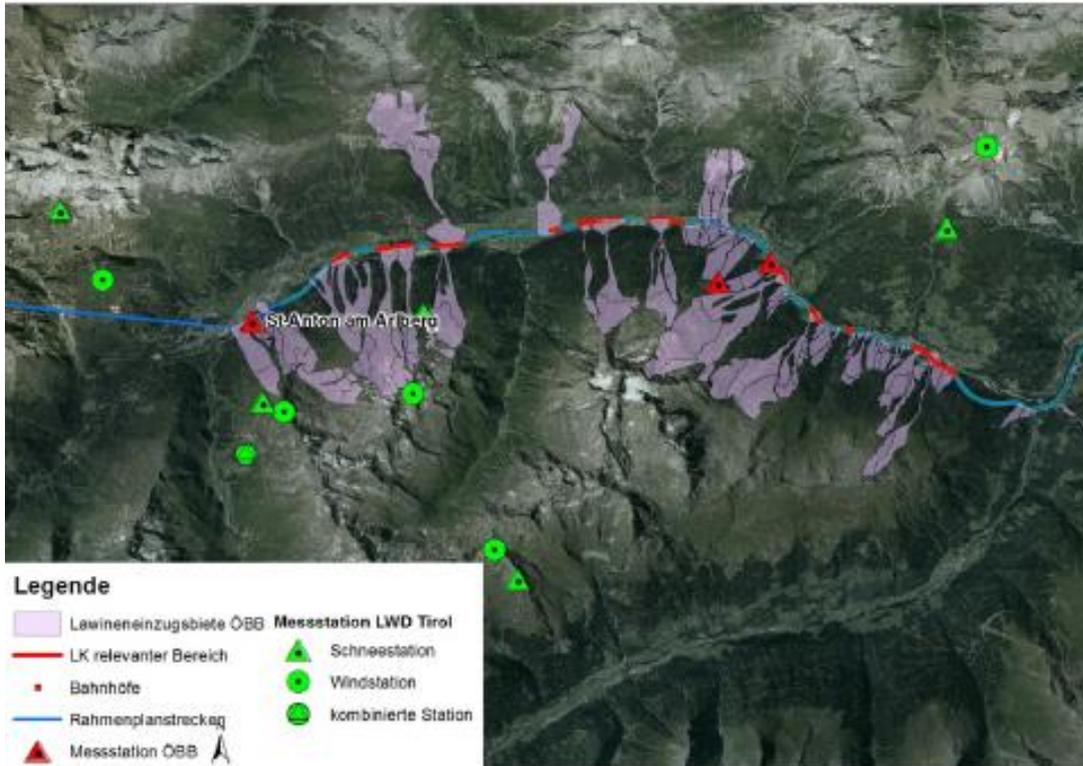


Abbildung 32: Visualisierung der Schnee- und Windmessstationen an der Arlberg Ostrampe  
Quelle: Sauermoser 2014, S. 39

### Beispiel

Im Jänner 2018 kam es aufgrund von langanhaltenden Schneefällen und stürmischen Wetterbedingungen im Zeitraum 18.01.2018 bis 22.01.2018 zur Sperrung der Arlbergbahnstrecke zwischen Landeck-Zams und Bludenz. Ebenso wurde durch die hohe Lawinengefahr die Arlberg Straße (B197) gesperrt, wodurch die Gemeinde St. Anton nicht erreichbar war. Mitarbeiter der ÖBB räumten maschinell (Abbildung 33) bzw. händisch die Strecke über den Arlberg wieder frei, wodurch der sichere Bahnbetrieb am 24.01.2018 wieder aufgenommen werden konnte.<sup>195</sup>



Abbildung 33: Schneeräumarbeit über den Arlberg  
Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2018

<sup>195</sup> vgl. DIE ARLBERGBAHN 2016 ONLINE

## Raumplanerische Schutzmaßnahmen

Obwohl unterschiedliche Zuständigkeiten von Eisenbahn und Raumordnung vorliegen, sind beide in ähnlichem Ausmaß mit Naturgefahren konfrontiert. Im oberösterreichischen Raumordnungsgesetz steht, dass das Risiko ausgehend von Naturgefahren für bestehende und künftige Siedlungsräume vermieden und verringert werden muss.<sup>196</sup> Weiters wird in der vorläufigen schweizerischen Definition von risikobasierter Raumplanung erörtert, dass „unter ‚risikobasierter Raumplanung‘ eine der Gefahren- und Risikosituation angepasste Raumnutzung mit Blick auf künftige Entwicklungen verstanden wird. Sie geht nicht von einer vollständigen Risikovermeidung aus, sondern legt den Fokus auf den bewussten Umgang mit den Risiken unabhängig der Gefahrenstufe.“<sup>197</sup>

Demgegenüber wird deutlich, dass aufgrund von Trassierungsanforderungen passive Schutzmaßnahmen in der Naturgefahrenprävention bei der Eisenbahn oft eine untergeordnete Rolle als wie beim Siedlungswesen einnehmen. Die Eisenbahn ist speziell in alpinen Gefilden mit Naturgefahren konfrontiert und hat mit diesen umzugehen gelernt.

Bei Neu- bzw. Ausbauprojekten der Eisenbahn werden in der Variantenfindung die relevanten ÖBB internen Fachexperten hinzugezogen. In Abstimmung mit der Abteilung Geotechnik und Naturgefahrenmanagement erfolgt mit den anderen internen Fachdiensten eine Variantenentscheidung. Diese fußt auf dem Gesichtspunkt der betrieblichen, technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Machbarkeit. Bei dieser Variantenentscheidung hat die Raumplanung naturgemäß Relevanz: einerseits in der räumlichen Darstellung der Gefahren bzw. Risikoräume und andererseits bei der Verringerung möglicher Gefahren... und dem damit einhergehenden Vorbeugen von Schäden.<sup>198</sup>

Wird dem Naturprozess Lawine genügend Fläche für die Ausbreitung zur Verfügung gestellt, so kann die Gefahr in einem anderen Gebiet, z.B. in einem Streckenabschnitt der Eisenbahn deutlich reduziert werden.<sup>199</sup> Dies bedeutet, dass es für die Eisenbahninfrastrukturplanung von großer Relevanz ist, den Naturprozessen (Lawinen) wenn möglich genügend Platz zu lassen.

In der Raumplanung sollte der Fokus auf die Raumnutzung und das damit verbundene Schadenspotential gerichtet sein.<sup>200</sup> Dies würde für die Eisenbahninfrastrukturplanung bedeuten, dass eine Hierarchisierung der unterschiedlichen Eisenbahnstrecken in Bezug auf Raumnutzung (Eisenbahnanlagen) und Schadenspotential (Zugfrequenz, Besetzungsgrad usw.) erfolgen müsste. Dabei müssen alle Gefahrenstufen berücksichtigt und alle existierenden und künftigen Risiken ermittelt sowie visualisiert werden.<sup>201</sup> Im Gegensatz zum Siedlungswesen, wo durch Nutzungsbeschränkungen sicherstellt werden kann, dass keine Personen bzw. Sachwerte in einem potentiell gefährdeten Bereich Vorort sind, ergeben sich für die Eisenbahn maßgebend Herausforderungen.

Die Raumnutzung muss auch künftig auf unerwartete und wandelnde Umweltbedingungen, welche nicht vorhersagbar oder beeinflussbar sind, eingestellt sein. Die Eisenbahninfrastrukturplanung steht wie die Raumplanung vor der Aufgabe, dass die Vorhersagbarkeit und Steuerbarkeit von Extremereignissen bezweifelt werden und daher die Bildung von resilienten Systemen im Vordergrund stehen muss.<sup>202</sup>

---

<sup>196</sup> vgl. § 2 (1) 2A OÖ RAUMORDNUNGSGESETZ 1994

<sup>197</sup> LOAT 2015, S. 25

<sup>198</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 199

<sup>199</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 199

<sup>200</sup> vgl. CAMENZIND, LOAT 2014, S. 2

<sup>201</sup> vgl. CAMENZIND, LOAT 2014, S. 2

<sup>202</sup> vgl. BIRKMANN 2008, S. 10

Da die Raumplanung und die Eisenbahninfrastrukturplanung auf die Raumnutzung Einfluss nehmen müssen diese in die Festlegung von Schutzziele mit einbezogen werden.<sup>203</sup> Schutzmaßnahmen der Raumplanung können für die Eisenbahn ein breites Spektrum, von Flächenfreihaltung über bauliche Maßnahmen, beinhalten.

Raumplanerische Maßnahmen bilden in gewissem Sinne einen Rahmen, in welchem langfristige und risikogerechte Raumnutzung erfolgen kann. Allerdings können, wie für die übrigen Maßnahmen, die Grenzkosten sowie Schutzziele für individuelle Risiken nicht analysiert werden.<sup>204</sup>

### 2.6.4 Bestimmung der Wirksamkeit

Bei der Bestimmung der Wirksamkeit geht es um die Differenz vom Ausgangsrisiko zum verbleibenden Risiko welches nach einer Schutzmaßnahme besteht. Das verbleibende Risiko wird für den Einfluss der jeweiligen Schutzmaßnahme auf die verschiedenen Parameter der Risikoformel bestimmt. Dabei bestehen große Unterschiede hinsichtlich konkreter Bestimmung der Wirksamkeit.<sup>205</sup>

### 2.6.5 Berechnung der Kosten

Die Kosten ergeben sich aus den Faktoren Investitionskosten (Kapitalkosten) und laufende Kosten (Betriebskosten). Die indirekten Kosten spielen bei den organisatorischen Maßnahmen, wie z.B. Streckensperren, eine zentrale Rolle, sind allerdings schwer quantifizierbar. Die Kosten für gesperrte Strecken können sehr differenziert sein, so liegen diesen für eine unterbrochene Strecke des Kernnetzes naturgemäß deutlich über jener einer Streckensperre im Ergänzungsnetz. Ziel der Kostenberechnung ist es, differenzierte Projektvarianten in Bezug auf die Kosten zu vergleichen. Dabei werden die unterschiedlichen Parameter maßnahmenpezifisch bestimmt.<sup>206</sup>

### 2.6.6 Ermittlung optimaler Maßnahmenkombination

Damit eine gleichwertige Bewertung von Sachrisiken und Personenrisiken erfolgen kann, muss letzteres in Geldeinheiten umgewandelt werden. Dabei wird nicht das Leben an sich monetär bewertet, sondern die finanziellen Ressourcen sowie die gesellschaftliche Bereitschaft, Todesfälle zu verhindern. Durch das Multiplizieren des Ausgangsrisikos mit dem verminderten Personenrisiko, welches aus den jeweiligen Maßnahmen resultiert, kann das Personenrisiko monetarisiert werden. Damit aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die optimalen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen gefunden werden, werden die Maßnahmen im Risiko-Kosten Diagramm dargestellt (siehe Abbildung 34). Als erste Schutzmaßnahme müssen jene mit dem höchsten Kosten-Nutzen Verhältnis gewählt werden. Danach werden in absteigender Reihenfolge die restlichen Maßnahmen ausgewählt. Dabei muss bei der

---

<sup>203</sup> vgl. CAMENZIND 2005, S. 18

<sup>204</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 51

<sup>205</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 54

<sup>206</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 85-87

Maßnahmenbewertung das individuelle Risiko weiter überprüft werden und unter dem Grenzwert mit der gewählte Variante liegen.<sup>207</sup>

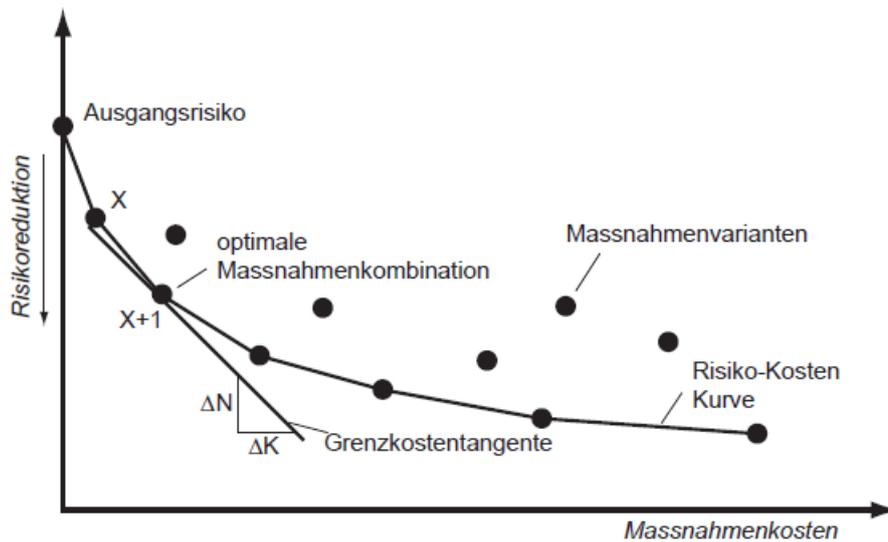


Abbildung 34: Ermitteln der optimalen Maßnahmenkombination nach dem Grenzkostenkriterium  
Quelle: Bründl 2009, S. 60

## 2.7 Prozess Hochwasser

Hochwasser gilt als natürlicher Bestandteil eines Wasserkreislaufes.<sup>208</sup> Durch die menschlichen Einflüsse in die Flusslandschaften mittels Verkehrswegebau, Energienutzung und Siedlungsentwicklung verringert sich die Fläche und unterbricht das Wirkungsgefüge Fließgewässer – Umland.<sup>209</sup> Laut Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des europäischen Rates hinsichtlich der Bewertung und des Managements von Hochwasserrisiken wird der Begriff Hochwasserrisiko wie folgt definiert: „Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten.“<sup>210</sup>

Durch die Hochwasser in jüngerer Vergangenheit entstand ein Umdenkprozess bezüglich der Risikokultur.<sup>211</sup> Die Definition Hochwasser wird im Zusammenhang mit dem Pegelstand eines Gewässers verstanden.<sup>212</sup> Ungefähr 39% aller Naturkatastrophen in einem Jahr entstehen durch hydrologische Ereignisse.<sup>213</sup>

<sup>207</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 87-88

<sup>208</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 1

<sup>209</sup> vgl. FLORINETH 2012, S. 90

<sup>210</sup> Richtlinie 2007/60/EG Kap. 1 Art. 2 Abs. 2

<sup>211</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 316

<sup>212</sup> vgl. ANDRECS, HAGEN 2010, S. 7

<sup>213</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 316



**Abbildung 35: Überflutung Linz-Puchenau**  
Quelle: ÖBB Infrastruktur 2013

Werden bestimmte Werte hinsichtlich Wasserstand oder Abfluss erreicht bzw. überschritten, spricht man von einem Hochwasser. Weiters kann der Prozess Hochwasser in der Kategorie Überschwemmung in statisch und dynamisch unterteilt werden. Das Wasser bei der statischen Überschwemmung fließt sehr langsam, außerhalb des Gerinnens steigt der Wasserstand zeitverzögert an. In Bezug auf das Schadensausmaß sind die Kriterien Anstiegsgeschwindigkeit, Mächtigkeit der Feststoffablagerung und die Überschwemmungsdauer von Bedeutung. Bei der dynamischen Überschwemmung erfolgt die Gefährdung durch den Strömungsdruck. Durch die Wucht der dynamischen Überschwemmung können Menschen (am Bahnhof) und Materialien mit sich gerissen werden. Die Tiefenerosion unterspült mitunter Gebäude, Brücken, Infrastruktur sowie Eisenbahntrassen, welche dadurch einbrechen können. Das mitgeschleppte Geschiebe eines Hochwassers kann Gebäude und Infrastruktureinrichtungen beschädigen. Dieser Prozess ist oft Gerinne unabhängig und kann relativ große Flächen betreffen. Die durch Hochwasser verursachten Auswirkungen können in Überschwemmung, Ufererosion und Übermürung unterteilt werden.<sup>214</sup>

Um eine hochwasserorientierte Risikosteuerungsstrategie anzuwenden, müssen wie bei der Lawine vorab die Risiken identifiziert und analysiert werden.<sup>215</sup> Daraus resultierend muss hinsichtlich einer zeitgemäßen Risikokultur neben der Realisierung von Vorbeugemaßnahmen, welche in einem verhältnismäßigen Aufwand stehen, auch die Bereitschaft vorhanden sein, dass bei Extremereignissen Schäden hingenommen werden und dieses Risiko offen kommuniziert wird.<sup>216</sup> Allerdings werden die systemische Analyse und Bewertung von Risiken sowie die daraus abzuleitenden Maßnahmen zur Risikosteuerung nur ansatzweise zur Reduktion der Hochwasserrisiken angewendet. Demgegenüber verdeutlichen die letzten Hochwasserereignisse, dass nur eine gesamtheitliche Betrachtung des Hochwasserkreislaufes zu einer maximalen Hochwasserrisikoverminderung, -begrenzung bzw.

---

<sup>214</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 7

<sup>215</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 318

<sup>216</sup> vgl. MÜLLER 2010, S. 6

-vermeidung und damit einhergehend zur Reduktion der Hochwasserschäden führen kann.<sup>217</sup> Um umfassende Risikoverminderungsstrategien zu entwickeln, müssen umfassende Kenntnisse über die risikoverursachenden Hochwasserprozesse durch Analysen vorhanden sein.<sup>218</sup>

### 2.7.1 Risikoanalyse

Beim Prozess Hochwasser haben Sachwerte einen größeren Einfluss auf das Risiko als Personen.<sup>219</sup> Um ein ganzheitliches Risikomanagement zu ermöglichen, gilt es vorab die Risiken systematisch zu erfassen und zu bewerten.<sup>220</sup> Allerdings gibt es bis dato kaum ausgereifte Methoden zur Erfassung des Schadensausmaßes.<sup>221</sup> Das Produkt des Hochwasserrisikos setzt sich aus der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Hochwasserereignisses und der daraus bedingten potentiellen negativen Folgen zusammen. Allerdings muss die Vulnerabilität der differenzierten Schutzgüter in die Betrachtung mit inbegriffen werden, denn erst dadurch kann die Exposition, das Schadenspotential und die Anfälligkeit der Schutzgüter mit einbezogen werden.<sup>222</sup>

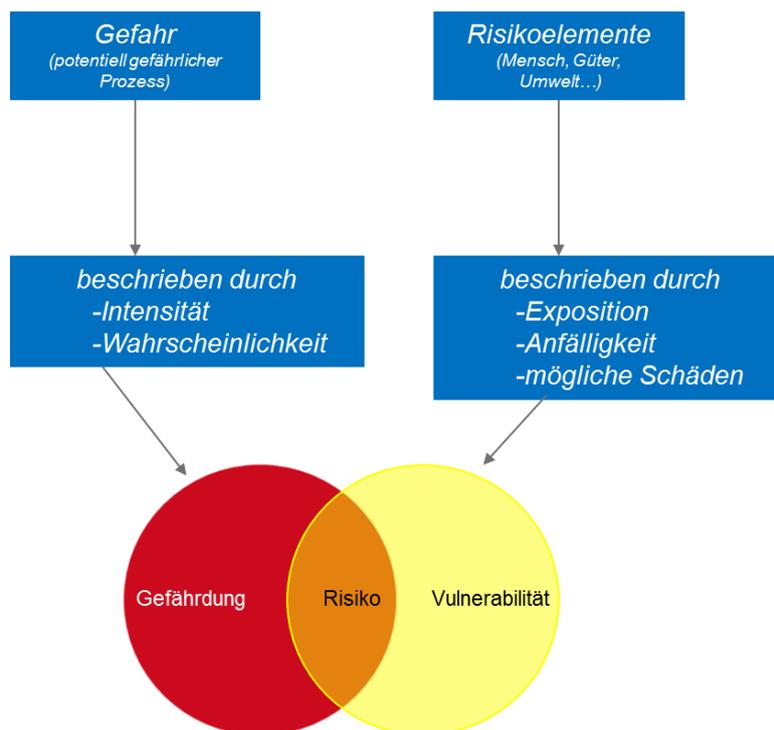


Abbildung 36: Risiko als Interaktion von Gefährdung sowie Vulnerabilität  
Quelle: Grünwald 2004, S.9

<sup>217</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 318

<sup>218</sup> vgl. MÜLLER 2010, S. 6

<sup>219</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 85

<sup>220</sup> vgl. MÜLLER 2010, S. 7

<sup>221</sup> vgl. KEILER, FUCHS O.J., S. 3

<sup>222</sup> vgl. MÜLLER 2010, S. 8

### 2.7.1.1 Gefahrenanalyse

Zum Erkennen von Risiken dienen Hochwasserhinweiskarten, Gefahrenzonenpläne und die Hochwasserrisikozonierung.

#### **Ereignisanalyse hinsichtlich Naturgefahren**

Auf Basis früherer Ereignisse, lokalem Expertenwissen, Geländeanalysen und der Analyse klimatischer Bedingungen (typische Wetterlagen, Niederschlagsregime) erfolgt die Beurteilung von Gefährdung. Augenmerk muss auf hydrologische und hydraulische Eigenschaften eines Gewässers gelegt werden.<sup>223</sup>

Bei der Ermittlung von Bemessungswerten steht auch künftig die in der Vergangenheit eminent große Variabilität der Hochwasser im Mittelpunkt.<sup>224</sup> Hinsichtlich hydrologischer Eigenschaften sind mögliche Kapazitäten des Abflussregimes bzw. Hochwassertypen von Bedeutung. Bei der hydraulischen Eigenschaft von Gewässern liegt die Aufmerksamkeit auf die Kapazität des Abflussgerinnes, dem Geschiebepotential sowie dem Gerinnegefälle. Ein weiterer Eckpfeiler ist die Analyse von Schwachstellen wie Durchlässe und Brücken im Längsprofil. Die Funktionalität von bestehenden Schutzbauten ist ebenfalls von Bedeutung, da basierend auf diesen Analysen, die maßgebenden Szenarien festgelegt werden. In der Gefahrenkartierung werden diese Szenarien für unterschiedliche Jährlichkeiten visualisiert. Ebenso können die Auswirkung im Überlastfall approximiert werden.<sup>225</sup>

Im Gegensatz zur Lawine (Lawineneinzugsgebiete), verfügt die ÖBB Infrastruktur beim Prozess Hochwasser über keine visuellen Ereigniskataster.

#### **Wirkungsanalyse hinsichtlich Naturgefahren**

Bei der Wirkungsanalyse wird die Intensität der als maßgebend betrachteten Szenarien bestimmt. Für die statische Überschwemmung resultiert die Intensität aus Überflutungshöhe und Überflutungsdauer, bei der dynamischen Überschwemmung noch zusätzlich aus Fließgeschwindigkeit und dem Geschiebegehalt des Wassers. Das Resultat der Ereignisanalyse und Wirkungsanalyse ist eine Intensitätskarte für den Prozess Hochwasser.<sup>226</sup>

---

<sup>223</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 135

<sup>224</sup> vgl. BMVIT 2005, S. 8

<sup>225</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 135

<sup>226</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 136

Da es unterschiedliche methodische Ansätze zur Bewertung von Hochwasserrisiken gibt, werden in Tabelle 7 die differenzierten Hochwasserzonen zur Risikoabschätzung dargestellt.

**Tabelle 7: Mögliche Bewertungsgrundlage für eine Risikobewertung**

Quelle: Neuhold 2008, S. 8

Zonen	Entsprechende Betrachtungsskala
Rote & gelbe Zone der Gefahrenzonenplanung	Lokale Betrachtungsskala Maßstabsbereich 1:2000 – 1:5:000
HQ <sub>10</sub> , HQ <sub>30</sub> , HQ <sub>100</sub> , HQ <sub>300</sub> etc.	Entsprechend der Gefahrenzonenplanung
HORA	Großräumige Betrachtungsskala Maßstabsbereich 1:25000 – 1:50000 Untersuchungsflächen: mehr 100 km <sup>2</sup>

Für eine lokale Betrachtung des Risikos bieten sich zwei unterschiedliche Variante an. Einerseits die Beurteilung mittels simulierter Abflussereignisse für die Überflutungsbereiche und andererseits die ausgewiesenen Gefahrenzonen der BWV sowie der WL<sub>V</sub>.<sup>227</sup>

#### Hochwasserhinweiskarten

Mit der Hochwasserhinweiskarte der ÖBB werden jene Strecken visualisiert, welche in Bezug auf die Betriebssicherheit sowie die Streckenverfügbarkeit durch Hochwasser potentiell betroffen sind.<sup>228</sup> Dabei haben Hinweiskarten die Aufgabe, einen Überblick über potenzielle Gefahrenggebiete zu geben. Hierbei wird der Blick auf Schlüsselstellen, welche einer genaueren Betrachtung unterzogen werden müssen, gelegt.<sup>229</sup> Somit werden mit diesen Hinweiskarten etwaige Hinweisbereiche entlang des ÖBB- Schienennetzes visualisiert.<sup>230</sup>

Treten kurzfristige Wetterszenarien auf, fungieren diese Hinweiskarten als wesentliche Unterstützung hinsichtlich Präventionsmaßnahmen. Dadurch können diese Schutzmaßnahmen sowohl besser geplant und umgesetzt werden als auch für die Projektumsetzung als Argumentationsunterstützung dienen. Ebenso werden sie bei Verhandlungen hinsichtlich Beitragszahlungen an Hochwasserschutzobjekten von Dritten herangezogen.

Vom Bund, den Ländern als auch von diversen Ziviltechnikerbüros werden entlang des gesamten Streckennetzes die aktuellen Abflussuntersuchungen eingeholt. Diese Untersuchungen werden für die Fragestellung der ÖBB analysiert und im ÖBB Infra GIS dargestellt. Dabei erfolgt ein Vergleich der Hochwasseranschlagslinie sowie des absoluten Wasserspiegels mit der Höhe des Bahndammes bzw. der Schienenoberkante.<sup>231</sup> Die Angabe sowie die Ausweisung von Überflutungstiefen sind für die Eignung von Überflutungsrechnungen zu Risikoabschätzung von zentraler Bedeutung. Ebenso ist die Beschreibung von Überflutungsgefährdungen, unter Berücksichtigung der von diversen Schutzbauten und der räumlichen Visualisierung von Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeit, für die Analyse essentiell.<sup>232</sup> Ebenfalls werden bei Bedarf mögliche

<sup>227</sup> vgl. NEUHOLD 2008, S. 9,10

<sup>228</sup> vgl. SCHÖNBERGER 2017

<sup>229</sup> vgl. ÖROK 2017, S. 9

<sup>230</sup> vgl. ÖROK 2015, S. 213

<sup>231</sup> vgl. SCHÖNBERGER 2017

<sup>232</sup> vgl. NEUHOLD 2008, S. 10

Maßnahmen, beispielweise Dammsicherungen, Retentionsflächen, usw. vorgeschlagen.<sup>233</sup> In Abbildung 37 wird ein betroffener Streckenabschnitt ein technisches Maßnahmenkonzept hinterlegt. Dieses dient als Grundlage für mittel- und langfristige Planungsprojekte.

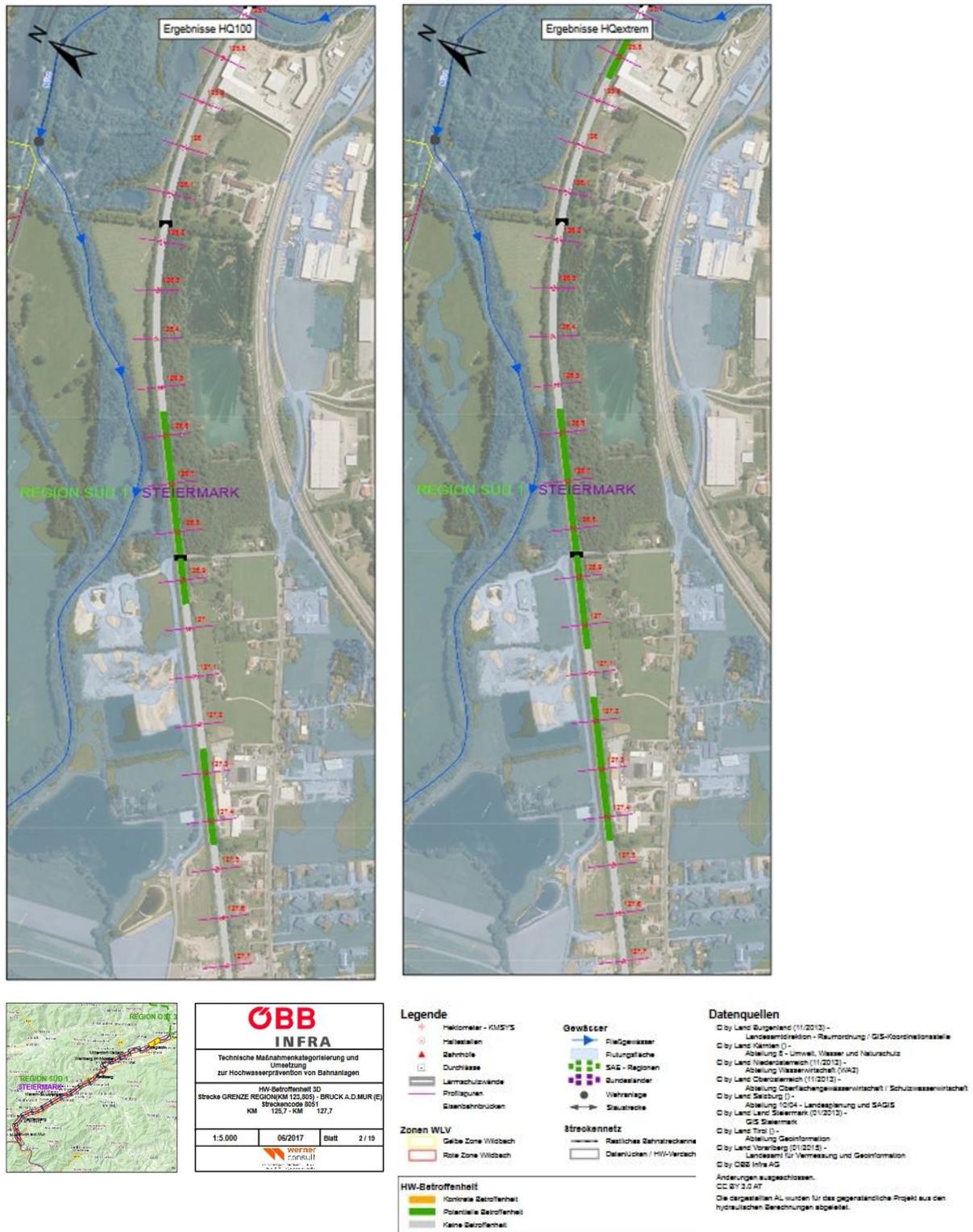


Abbildung 37: Hinweiskarten für den Prozess Hochwasser  
Quelle: ÖBB Infrastruktur AG, 2017c

<sup>233</sup> vgl. SCHÖNBERGER 2017

Werden die Streckenteilbereiche (siehe Abbildung 37) grau dargestellt, ist mit keiner Gefährdung zu rechnen. Bei der Visualisierung von grünen Streckenabschnitten ist die Infrastruktur potentiell betroffen. Dies bedeutet, der Dammfuß befindet sich im Überflutungsbereich. Bei der gelben Darstellung der Streckenabschnitte kann von einer konkreten Betroffenheit ausgegangen werden, dabei geht das Wasser bis zum Planum der Bahntrasse.<sup>234</sup>

### Gefahrenzonenpläne der BWV

Die Risikoabschätzung mittels der Gefahrenzonenpläne der BWV ist begrenzt. Die Informationen über Hochwassergefahren liegen nur flächig bzw. zum Teil nur qualitativ vor. Weiters ist nur ein Szenario beschrieben und die Gefahrenzonenpläne erlauben nur grobe Rückschlüsse auf Überflutungstiefen sowie Fließgeschwindigkeit.<sup>235</sup> Die durch die BWV erstellten Gefahrenzonenpläne gemäß Wasserrechtsgesetz erfolgen im Zuge von Grundsatzkonzepten bzw. als eigenständige Planung. Der GZP der BWV dient als fachliches Gutachten über Gebiete, welche durch Überflutung, Vermurung sowie Rutschung gefährdet sind.<sup>236</sup> Durch die Wasserrechtsgesetz-Novelle 2011, BGBl. I Nr. 14/2011, wurde definiert, dass Gebiete mit potentiell signifikanten Hochwasserrisiko Gefahrenzonenpläne zu erstellen sind.<sup>237</sup> Dabei müssen die Art und das Ausmaß der Gefahr bei Hochwasser einer Eintrittswahrscheinlichkeit dargestellt werden. Die Erstellung der Gefahrenzone sowie die Abgrenzung der Zonen für bauliche Anlagen haben den Nachweis des Standes der Technik zur Voraussetzung.<sup>238</sup>

Es ist möglich, dass Risikoaussagen als mögliches Produkt von der Wahrscheinlichkeit des Bemessungsereignisses nur auf einem Szenario basieren. Dabei wird von der Gefahrenzonenplanung die davon hervorgerufenen Schadwirkungen abgeleitet. Im Einzelfall kann dies ausreichend sein, generell ist davon allerdings abzuraten, da der Kurvenverlauf der Schadenshäufigkeit nicht berücksichtigt wird.<sup>239</sup>

In Tabelle 8 werden die Abgrenzungskriterien zwischen roter und gelber Gefahrenzone dargestellt. Bei der Bemessung wird ein Ereignis mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren verwendet und die Anschlaglinie des HQ<sub>30</sub> im Gefahrenzonenplan visualisiert. In der roten Gefahrenzone befinden sich jene Flächen, die keine Eignung für Siedlungen und Verkehr aufweisen.<sup>240</sup> Aufgrund ihrer mittleren bzw. hohen Hochwassergefährdungen sind diese Flächen grundsätzlich von Widmungen, welche eine Bauführung zulassen, freizuhalten.<sup>241</sup> In geringerem Ausmaß können unterschiedliche Gefahren in den gelben Gefahrenzonen auftreten.<sup>242</sup> Diese Gefährdungen sind bei der Planung und unter dem Prinzip der Risikovermeidung und Risikoreduktion zu berücksichtigen.<sup>243</sup>

---

<sup>234</sup> vgl. SCHÖNBERGER 2017

<sup>235</sup> vgl. NEUHOLD 2008, S. 129,130

<sup>236</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S. 12

<sup>237</sup> vgl. § 42a Abs. 2 WRG 1959

<sup>238</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S. 12

<sup>239</sup> vgl. NEUHOLD 2008, S. 129,130

<sup>240</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S. 12,13

<sup>241</sup> vgl. ÖROK 2017, S. 6

<sup>242</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S. 12,13

<sup>243</sup> vgl. ÖROK 2017, S. 6

Die BWV verwendet zwei Ansätze zur Zonenfestlegung. Einerseits wird der Aufwand zur Nutzbarmachung der Fläche für das Bemessungsereignis definiert, andererseits ist die Zerstörung bzw. Beschädigung an Gebäuden Ausgangspunkt für die Bemessungsereignisse.<sup>244</sup>

**Tabelle 8: Abgrenzungskriterien für Gefahrenzonen der BWV**

Quelle: Hübel et al 2007, S. 18

Gefahrenzone	Rot	Gelb
Gewässer- und Überflutungsbereiche	Gewässerbett & Bereiche mögl. Uferanbrüche & Verwerfungen einschl. dadurch ausgelöster Rutschungen	Bereich zwischen der Abgrenzung der Roten Zone und dem HQ <sub>100</sub>
Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit	$t \geq 1,5 - 0,5 \times v$ oder $v \leq 3,0 - 2,0 \times t$ für $0 \leq v \leq 2,0$	-
Fließgeschwindigkeit und Schleppspannung	Überschreitung der für die jeweiligen Boden- & Geländebeziehungen zulässige Grenzwerte	-
Hochwasserabfluss	Bereiche möglicher & wesentlicher Beeinträchtigung	-
Hochwasserrückhalt	Bereiche überörtlicher Abflusswirksamkeit	-

Im Falle von Änderungen der Bearbeitungsgrundlagen bzw. ihrer Bewertung sind die Gefahrenzonenpläne an die geänderten Rahmenbedingungen anzupassen. Dabei wird die Revision von der BWV veranlasst, eine periodische Überprüfung ist jedoch nicht vorgesehen.<sup>245</sup>

In Abbildung 32 verläuft die Bahntrasse direkt durch einen hochwassergefährdeten Bereich in Salzburg. Dabei wird die Eignung eines Standorts für den Verkehr durch die Hochwassergefährdung erheblich eingeschränkt.<sup>246</sup> Allerdings kann hier keine Aussage über die Gefährdung der Bahntrasse getätigt werden, als einziges Instrument sind hierfür derzeit die Hochwasserhinweiskarten der ÖBB geeignet.

<sup>244</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S. 37

<sup>245</sup> vgl. HÜBEL ET AL. 2007, S. 12,13

<sup>246</sup> vgl. ÖROK 2017, S. 2

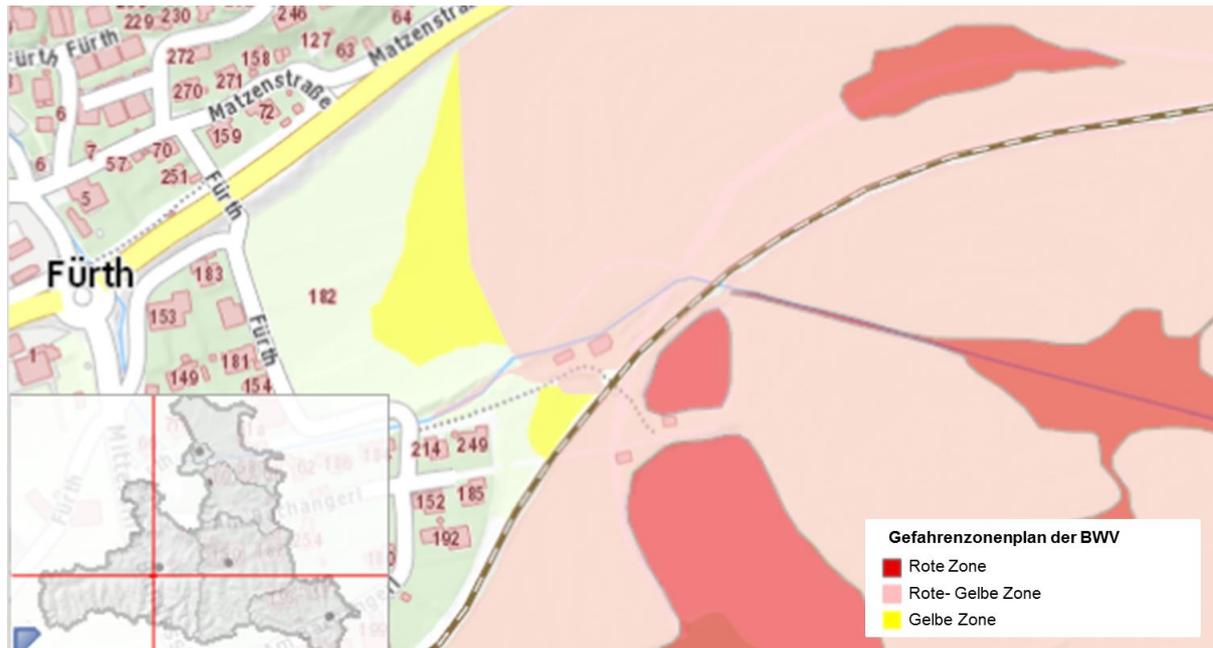


Abbildung 38: Hochwasser GZP  
Quelle: SAGis 2017

### Hochwasserrisikozonierung

Ziel der EU Richtlinie über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken ist es, einen Rahmen hinsichtlich der Bewertung sowie dem Management von Hochwasserrisiken zur Reduzierung der hochwasserbedingten negativen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Natur sowie ökonomische Tätigkeiten zu schaffen.<sup>247</sup> Die Umsetzung der EU-Hochwasserrichtlinie erfolgt in Österreich im Wasserrechtsgesetz (WRG 1959). Dabei wurden speziell die planerischen Zielsetzungen im Bereich des Hochwasserrisikomanagements vertieft und konkretisiert. Für die Bereiche mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko wurden Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erarbeitet. Im Anschluss daran wurde der nationale Hochwasserrisikomanagementplan für den Zeitraum 2016 bis 2021 erstellt. Dabei wurden Ziele zur Risikominderung definiert und Maßnahmen zur Zielerreichung festgelegt. Hierbei gilt es, neue Risiken zu vermeiden, bestehende Risiken zu reduzieren, nachteilige Folgen während und nach einem Hochwasser zu reduzieren und das Risiko- bzw. das Gefahrenbewusstsein zu stärken.<sup>248</sup>

Ob eine Zone für die Risikoabschätzung geeignet ist, hängt primär von der Betrachtungsskala, dem Grad der Detailierung sowie der Verfügbarkeit von Überflutungstiefen ab. Der Schadensgrad und die damit verbundene Schadenshöhe sind neben der Nutzung, vorrangig von der Tiefe und der Fließgeschwindigkeit abhängig. Mit der Hochwasserrisikozonierung Austria (HORA) ist eine großräumige Risikoabschätzung möglich. In Abbildung 47 wird über das gesamte Streckennetz der ÖBB Infrastruktur eine Risikoabschätzung visualisiert. Diese lässt sich allerdings nur schwer auf lokalen Maßstab übertragen.<sup>249</sup>

Die Abbildung 39 visualisiert auf lokaler Ebene eine Eisenbahntrasse im Bereich von Hochwasserrisikozonen. Allerdings kann hier keine detaillierte Aussage über Hochwasserrisiko

<sup>247</sup> vgl. Art 1 RL 2007/60/EG

<sup>248</sup> vgl. BMLFUW 2016, S.6

<sup>249</sup> vgl. NEUHOLD 2008, S.9-10



### 2.7.1.3 Konsequenzanalyse

Bei der Konsequenzanalyse wird das vorhandene Schadenspotential mit dem Gefahrenprozess Hochwasser überlagert. Wie beim Prozess Lawine fehlen hierfür die eisenbahnspezifischen Intensitätskarten.

#### Schadensempfindlichkeit

Wie bei der Lawine wird die Schadensempfindlichkeit mit einer Zahl zwischen 0 (keine Beeinträchtigung) und 1 (totale Beeinträchtigung) quantifiziert.<sup>252</sup>

**Tabelle 9: Schadensempfindlichkeit Verkehrswege im Prozess Hochwasser**

Quelle: *bmlfuw 2006, S. 19*

	Gefahrenzone gelb	Gefahrenzone rot
Autobahn, Straßen, sonst. Wege	0,20	0,70
Eisenbahn	0,30	0,70
Hochwasser mit leichter Geschiebeführung		

Schäden an der linearen Infrastruktur treten als Gleisverschüttung auf und werden durch das wahrscheinliche Schadensausmaß für Linieninfrastrukturobjekte des Schienenverkehrs gegeben.<sup>253</sup> In den Naturgefahrenhinweiskarten werden genau die gefährdete Streckenbereiche visualisiert. Ebenso wird Auskunft, ob Dammfuß oder Planum des Gleisoberbaus betroffen sind, gegeben.

Ebenfalls sind Gebäude betroffen, welche sich in einem potentiellen Überflutungsbereich befinden.<sup>254</sup> Bei Gebäuden, welche für die betriebliche Abwicklung von Bedeutung sind (Fahrdienstleitungen) spielt es eine zentrale Rolle, wie und in welchem Ausmaß technische Ausrüstungen für den Bahnbetrieb betroffen sind. Da einerseits die lokale Position und andererseits die Öffnung des Gebäudes für die Schäden und dadurch auch für das Risiko von Bedeutung sind, ist die Definition einer homogenen, einheitlichen Schadenempfindlichkeit sehr problematisch. Da speziell bei der Eisenbahn unterschiedliche Anlagen von Hochwasser betroffen sein können (Fahrdienstleitungen, Aufnahmegebäude, Stellwerke, uvm.), ist eine detaillierte Analyse und Situationsbeurteilung unabdingbar.<sup>255</sup> Es gilt die hydraulischen Berechnungsergebnisse sowie die verwendeten Schadensfunktionen aufeinander abzustimmen. Als Schadensfunktion gelten die mathematischen Zusammenhänge zwischen Intensität der Hochwassereinwirkung sowie des Schädigungsgrades. Dieser wird meist in Prozent bzw. als Absolutschaden in €/Objekt und in betroffener Grundfläche [m<sup>2</sup>] angegeben.<sup>256</sup>

<sup>252</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 19

<sup>253</sup> vgl. BRÜNDL ET AL 2016, S. 23

<sup>254</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 136

<sup>255</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 136

<sup>256</sup> vgl. NEUHOLD 2008, S. 10

## Objektschutz

Ausschlaggebend für die Schadenempfindlichkeit von Objekten sind jene Schutzmaßnahmen, welche direkt am Objekt befestigt sind.<sup>257</sup>

## Präsenzwahrscheinlichkeit

Aufgrund der relativ langen Vorwarnzeit von Hochwasser, ist mit einem Aufeinandertreffen von Überflutung und Menschenansammlung sowie besetzte Züge im Allgemeinen nicht zu rechnen.<sup>258</sup>

## Verknüpfung der Faktoren

Wie beim Prozess Lawine gilt es für die Bestimmung des Schadensausmaßes, die oben Angeführten Faktoren miteinander zu verknüpfen.

### 2.7.1.4 Risikoermittlung und Risikodarstellung

Im letzten Teilbereich der Risikoanalyse werden die maßgebenden Risikogrößen definiert. Dabei erfolgt eine Verknüpfung der Schadensausmaße mit der Häufigkeit der Szenarien wodurch die kollektiven Risiken ermittelt werden können.<sup>259</sup>

### 2.7.2 Risikobewertung

Beim Prozess Hochwasser werden vorrangig Sachwerte beschädigt, diese müssen quantitativ bewertet werden. Die Bewertung der Personenrisiken kann bei Hochwasser als untergeordnet verifiziert werden.<sup>260</sup>

Als Frage des Maßes kann die Sicherheit und daraus resultierend die Verhältnismäßigkeit von Schutzmaßnahmen gesehen werden. Daher soll sich die Definition und Festlegung von Schutzziele auf Risikoüberlegungen stützen. Dies bedeutet, dass etwaige Schäden sowie Risiken auch quantitativ erfasst werden müssen. Erst durch die Vergleichbarkeit von potentiellen sowie tatsächlichen Schäden kann die Frage nach einem akzeptablen Risiko beantwortet werden.<sup>261</sup>

### 2.7.3 Maßnahmenplanung und Maßnahmenbewertung

Im speziellen kann gesagt werden, dass jede dieser Maßnahmen (siehe Tabelle 10) eine relevante Wirkung entfalten kann, allerdings muss die Wirkung für jeden Einzelfall analysiert werden.<sup>262</sup> Bei Nichterreichen der Schutzziele müssen (weitere) Schutzmaßnahmen geplant

---

<sup>257</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 21

<sup>258</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 136

<sup>259</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 148

<sup>260</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 137

<sup>261</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 13

<sup>262</sup> vgl. PLANAT 2004, S. 20

und ausgeführt werden.<sup>263</sup> Dabei gilt es, die Schadensanfälligkeit zu verringern bzw. zu vermeiden, sowie bei der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen neben den bautechnischen Belangen eine Vielzahl an weiteren Anforderungen zu berücksichtigen (z.B. ökologische Entwicklung von Fließgewässern). Um einen optimalen Hochwasserschutz zu ermöglichen, müssen die Maßnahmenkombinationen auf Grundlage der örtlichen Voraussetzungen geklärt werden.<sup>264</sup> Eine Kombination von planerischen und technischen Maßnahmen sowie gefahrenangepassten Nutzungskonzepten stellt das effizienteste Schutzkonzept dar.<sup>265</sup> Daher sind die Ziele neuer Maßnahmen an Fließgewässern einerseits die Erhaltung, Sicherung und die Wiederherstellung der ökologischen Funktion sowie andererseits der Schutz des Lebens- und Wirtschaftsraumes.<sup>266</sup> Hochwasserschutzmaßnahmen können nur realisiert werden, wenn der benötigte Flächenbedarf mit den unterschiedlichen Nutzungen abgestimmt ist. Dies betrifft sowohl aktive als auch passive Schutzmaßnahmen.<sup>267</sup>

**Tabelle 10: Gliederung der Hochwasserschutzmaßnahmen**  
 Quelle: Bründl 2009, S.137

<b>technische Maßnahmen</b>	<b>biologische Maßnahmen</b>
Wasserrückhalt	ingenieurbioologische Ufersicherung
Geschiebemanagement	<b>organisatorische Maßnahmen</b>
Sohlenstabilität	Mobiler Hochwasserschutz
Ufersicherung	Fahren auf Sicht
Hochwasserschutzdamm	Warnposten
Gerinneausbau	Sperren
Brückenverkleidung, Hubbrücken	<b>Raumplanerische Maßnahmen</b>
Hochwasserentlastung	Nutzungsbeschränkung, Trassenverlegung
Objektschutz	

### Technische Schutzmaßnahmen

Beim Schutzwasserbau werden alle technischen Hochwasserschutzmaßnahmen umfasst. Die Regulierung der Flüsse sowie die Ablenkung des Hochwassers durch Dammbauwerke stellen die klassischen Schutzbauwerke dar. Zum effizienten Schutz durch technische Schutzmaßnahmen werden Kenntnisse über deren Wirkungsbereiche, die Grenzen der Anwendung sowie die Lebensdauer der Maßnahmen vorausgesetzt. Dabei bieten technische Schutzmaßnahmen einen aktiven Schutz, da diese direkt in die Naturgefahrenprozesse eingreifen und entweder die Entstehung dieses Prozesses verhindern, bzw. seine Wirkung mindern oder vollständig abpuffern.<sup>268</sup>

<sup>263</sup> vgl. SUDA, RUDOLF-MIKLAU 2012, S.249

<sup>264</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 334

<sup>265</sup> vgl. SUDA, RUDOLF-MIKLAU 2012, S.249

<sup>266</sup> vgl. FLORINETH 2012, S. 91

<sup>267</sup> vgl. BMLFUW 2009, S. 136

<sup>268</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 149 - 151

Zum technischen Hochwasserschutz zählen der Bau, bzw. die verstärkte Nutzung von Stauanlagen zur Hochwasserrückhaltung, bauliche Maßnahmen zur Beseitigung von hydraulischen Engstellen, der Bau von Deichen, Dämmen, Hochwasserschutzmaßnahmen sowie mobilen Schutzanlagen, die Freihaltung von Hochwasserabflussquerschnitten im Flächennutzungsbereich und das Management des Oberliegigers.<sup>269</sup>

Prinzipiell kann man den technischen Hochwasserschutz in zwei Kategorien unterteilen. Einerseits in den punktuellen Hochwasserschutz, wie z.B. Retentionsbecken, welche an einem bestimmten Punkt des Gewässers errichtet werden, sowie andererseits linienhaften Hochwasserschutz, bei welchem z.B. Deiche parallel zum Fließgewässer errichtet werden. Beide Maßnahmen können in Folge sowohl eine örtliche als auch eine überörtliche Wirkung haben.<sup>270</sup>

Ebenfalls werden Objektschutzmaßnahmen an gefährdeten Anlagen (z.B. Fahrdienstleitung, Stellwerk uvm.) zum technischen Hochwasserschutz gerechnet. Dabei zählen nicht nur die baulichen Anlagen zu den technischen Schutzmaßnahmen, sondern auch Vorrichtungen bzw. Bauteile wie etwa die Abdichtungen von Schutzkonstruktionen.<sup>271</sup>

Dennoch gilt auch für Bereiche welche durch technische Hochwasserschutzvorkehrungen abgesichert sind, dass Hochwasserschutzanlagen versagen können und der theoretische Bemessungswert für die Schutzanlage überschritten wird.<sup>272</sup>

### Murbrecher

Obwohl Murbrecher und –überleitbauwerke zum Prozess Wildbach gehören werden diese, aufgrund ihrer Relevanz für die Eisenbahninfrastruktur in diesem Kapitel angeführt. Zu den Schutzmaßnahmen der Wildbachverbauung zählen die Stabilisierung des Oberlaufs sowie der Rückhalt von Geschiebe und Holz. Die Umwandlung der Energie von Muren erfolgt mittels spezieller Bremsbauwerke.<sup>273</sup> Dabei werden Murbrecher üblicherweise als oberstes Bauwerk einer Funktionskette angeordnet. Es gilt multifunktionale Bauwerke zu vermeiden, dies bedeutet, dass es einer funktionalen Trennung von Sperren zur Energieumwandlung anderer Funktionen bedarf.<sup>274</sup>

---

<sup>269</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 333

<sup>270</sup> vgl. MÜLLER 2010, S. 239

<sup>271</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 4

<sup>272</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 4

<sup>273</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 153

<sup>274</sup> vgl. ONR 24802, S. 53



**Abbildung 40: Murbrecher**

Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2017c

#### Murüberleitbauwerk

Wie bei Lawinen werden zum Schutz der Eisenbahninfrastruktur Überleitbauwerke errichtet. Mit dieser Maßnahme wird als einzige ein hundertprozentiger Schutz für den überdeckten Abschnitt ermöglicht. Ziel dieser Schutzmaßnahme ist ebenfalls das Aufrechterhalten der Streckenverbindung und übergeordnet der Schutz von Personen.



**Abbildung 41: Murüberleitbauwerk**

Quelle: ÖBB Infrastruktur AG 2017c

## Biologische Schutzmaßnahmen

In der Vergangenheit wurden die Gewässer auf die technische Transportfunktion von Wasser, Geschiebe und Schmutzstoffen reduziert.<sup>275</sup> Allerdings wird mittlerweile auf die ökologische Verbesserung des Gewässerzustandes durch z.B. Renaturierungen im „modernen“ Schutzwasserbau gesetzt. Ebenso zählen die Rückgewinnung und Sicherung von Retentionsräumen zu den Strategien des Schutzwasserbaus.<sup>276</sup>

In Abhängigkeit zum Gewässertyp soll die Sicherung der Uferböschung erfolgen,<sup>277</sup> denn die Art der Uferausbildung hängt von verschiedenen Faktoren ab, wobei Wassermenge, Geländeneigung, Fließgeschwindigkeit und Begleitflora eine zentrale Bedeutung einnehmen.<sup>278</sup> Als Baustoffe werden dabei hauptsächlich lebende Pflanzen bzw. Pflanzenteile verwendet. Damit das Pflanzenwachstum optimal unterstützt werden kann, werden Hilfsstoffe wie Holz oder Geotextil verwendet.<sup>279</sup>

## Temporäre, organisatorische Maßnahmen im Schienenverkehr

### Mobiler Hochwasserschutz

Wo aufgrund von begrenzten Platzverhältnissen schutzwasserbauliche Maßnahmen an ihre Grenzen stoßen, gewinnt der mobile Hochwasserschutz immer mehr an Bedeutung. Der mobile Hochwasserschutz wird nicht als dauerhafte Anlage konzipiert. Dieser wird nur im Ereignisfall unter engem zeitlichen Korsett aufgebaut und gehört somit prinzipiell zu den temporären Schutzmaßnahmen.<sup>280</sup> Für die Eisenbahn spielt der mobile Hochwasserschutz kaum bis keine Rolle. Falls es dennoch zu temporären oder organisatorischen Maßnahmen kommt, sind diese rein betrieblicher Natur.

### Betrieblicher Hochwasserschutz

Die ÖBB Infrastruktur AG verfügt über unterschiedliche innerbetriebliche Instrumente, um die Infrastruktureinrichtungen adäquat zu schützen. Dabei bedient sich die ÖBB Infrastruktur des internen Wetterdienst (ÖBB-Infrawetter) sowie der Hochwasserpegelmessgeräte an neuralgisch wichtigen Positionen.<sup>281</sup>

Wie bereits erwähnt, können Eisenbahnunternehmen beim Erkennen von Gefahrensituationen auf unterschiedliche Weise reagieren. Einerseits kann die Bahnlinie gesperrt oder Warnposten auf der Strecke positioniert werden, andererseits kann das Fahren auf Sicht veranlasst werden. Diese Schutzmaßnahmen setzen eine mögliche Vorhersage der Gefährdung voraus und sind nur auf Prozesse wie Lawinen, Überschwemmungen, Murengänge oder Felsstürze anwendbar.<sup>282</sup>

In Bezug auf eine Vorhersagbarkeit verfügt die ÖBB Infrastruktur AG über den betriebsinternen Wetterdienst. Dabei wird vom internationalen Wetterdienst UBIMET eine Wetterprognose erstellt, welcher die ÖBB Infrastruktur AG vor möglichen Sonderwetterlagen

---

<sup>275</sup> vgl. FLORINETH 2012, S. 90

<sup>276</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 150-151

<sup>277</sup> vgl. FLORINETH 2012, S. 91

<sup>278</sup> vgl. NIESEL 2002, S. 405

<sup>279</sup> vgl. FLORINETH 2012, S. 91

<sup>280</sup> vgl. RUDOLF-MIKLAU 2009, S. 150-151

<sup>281</sup> vgl. STERN 2015, INFORMATION

<sup>282</sup> vgl. BAFU 2015 A, S.56

warnet. Damit optimal auf die Gefahrensituation, welche aus der Sonderwetterlage resultiert, reagiert werden kann, benötigt die ÖBB Infrastruktur AG eine Vorlaufzeit von rund 72 Stunden. Nach der Information über eine Sonderwetterlage informieren die zuständigen ÖBB Infrastruktur internen Fachdienste die Betriebsleitung, welche im Anschluss an die Analyse und Diskussion der diversen Szenarien die betriebsinterne Vorgehensweise entscheidet. Nach Abklingen der Sonderwetterlage wird die Betriebsleitung erneut informiert und die Maßnahmen gegebenenfalls wieder aufgehoben.<sup>283</sup>

Der Entscheidungsbaum wird in Abbildung 42 dargestellt. Dabei gilt es, adäquat auf Sonderwetterlagen zu reagieren. Sowohl eine Über- als auch Unterschätzung der Gefahrensituation ist für die Betriebsführung der Eisenbahn nicht optimal.

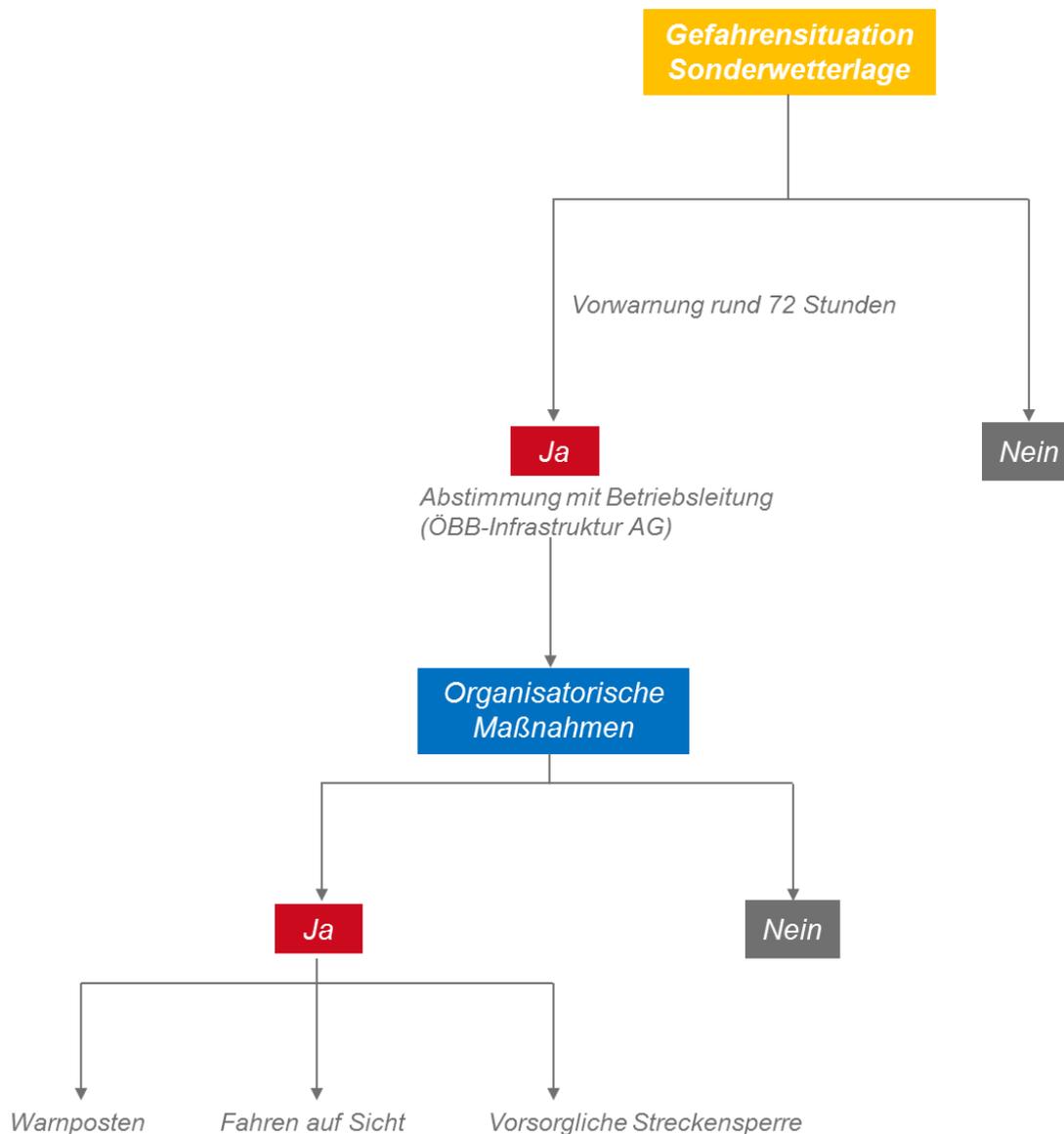


Abbildung 42: Organisatorische Maßnahmen  
Quelle: eigene Bearbeitung

<sup>283</sup> vgl. STERN 2015, INFORMATION

### **Raumplanerische Schutzmaßnahmen**

Die Raumplanerischen Schutzmaßnahmen des Prozesses Hochwasser sind beinahe die Gleichen wie jene des Prozesses Lawine. Als wesentliches Anliegen der Raumplanung gelten die Risikovermeidung sowie die -verminderung für Siedlungsgebiete.<sup>284</sup> Dieses Anliegen der Risikovermeidung und-minderung gilt ebenfalls für die Eisenbahninfrastrukturplanung.

Die Aufgabe einer risikobasierten Raumplanung sowie der Eisenbahninfrastrukturplanung liegt darin, die Risikoentwicklung aktiv zu steuern. Dies kann zum einen dadurch erreicht werden, dass man sich über bestehende Gefahren sowie Risiken bewusst wird. Zum anderen kann das frühzeitige Sorgetragen in der Planungsphase zum frühzeitigen Erkennen etwaiger Konflikte führen. Weiters muss der Einfluss des möglichen Vorhabens auf die Risikobewertung beurteilt werden. Dies kann durch die Flächenvorsorge erzielt werden, wobei eine wasserrechtliche Festsetzung von Überschwemmungsgebieten sowie die planerische Sicherung von angepasster Flächennutzung in von hochwassergefährdeten Bereichen vorgenommen wird.<sup>285</sup>

Im Bereich des Bahnhofes Lavanttal an der Koralmbahn wurde durch die Umlegung der Lavant ein 100-jähriger Hochwasserschutz errichtet. Beim Festsetzen solcher Maßnahmen werden mögliche Überschwemmungsgebiete visualisiert und Flächen für den vorbeugenden Hochwasserschutz sowie für überregionale Hochwasserrückhaltebecken gesichert.<sup>286</sup>



**Abbildung 43: Renaturierung im Bereich Bahnhof Lavanttal**  
*Quelle: Kärntner Landesregierung, 2016*

Darüber hinaus muss in der Eisenbahninfrastrukturplanung die Risikoentwicklung über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Allerdings darf bei all den Sicherheitsüberlegungen nicht vergessen werden, dass die Nutzung in gefährdeten Gebieten nicht nur Risiken, sondern

---

<sup>284</sup> vgl. ÖROK 2017, S. 1

<sup>285</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 322

<sup>286</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 322

auch Chancen mit sich bringt.<sup>287</sup> Darunter kann beispielsweise bei einem mehrgleisigen Ausbau verstanden werden, dass dadurch eine Steigerung des ÖV Angebots gewährleistet wird.

### 2.7.4 Bestimmung der Wirksamkeit

Bei der Bestimmung der Wirksamkeit soll eine einheitliche, nachvollziehbare und transparente Vorgehensweise gewählt werden.<sup>288</sup>

### 2.7.5 Berechnung der Kosten

Wie bereits erwähnt (Kapitel 2.6.5), bilden die beiden Faktoren Investitionskosten (Kapitalkosten) und laufende Kosten (Betriebskosten) gemeinsam die Auslagen.<sup>289</sup> Durch wasserwirtschaftliche Eingriffe in den Hochwasserschutz wird das Ökosystem signifikant beeinflusst, wodurch Ressourcen langfristig gebunden werden und in der Regel ein hoher Kapitalbedarf notwendig ist. Daher müssen bei der Bewertung die positiven und negativen Folgen der Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft, Umwelt, Wirtschaft und Technik sorgfältig abgewogen werden.<sup>290</sup>

### 2.7.6 Ermittlung optimaler Maßnahmenkombinationen

Um die optimale Maßnahmenkombination zu gewährleisten, gibt es einerseits die Möglichkeit des Grenzkostenansatzes (Abbildung 34), wobei mehrere Maßnahmen bezüglich der Kostenwirksamkeit verglichen werden, oder andererseits die Möglichkeit das Nutzen-Kosten-Verhältnis zu bestimmen.<sup>291</sup> Für das gesamte Gewässer sollte, aufgrund der Vielzahl an Maßnahmenarten und der technischen Möglichkeiten, eine Vorzugsvariante pro Schutzmaßnahme ermittelt werden.<sup>292</sup>

---

<sup>287</sup> vgl. LOAT O.J., S. 7,8

<sup>288</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 136

<sup>289</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 85

<sup>290</sup> vgl. PATT, JÜPNER 2013, S. 538

<sup>291</sup> vgl. BRÜNDL 2009, S. 139

<sup>292</sup> vgl. MÜLLER 2010, S. 239

### 3. Internationaler Vergleich des Risikokonzepts am Beispiel der SBB

Unterschiedliche Naturgefahren wie Lawinen, Felsstürze, Hochwasser bedrohen seit jeher die Bahninfrastruktur sowie den Zugsverkehr der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB).<sup>293</sup> Um sich besser vor Naturgefahren und dem Klimawandel zu schützen, entwickelte die SBB eine eigene Naturgefahrenstrategie.<sup>294</sup> Lange Zeit war der Umgang mit Naturgefahren durch reaktives Handeln geprägt, allerdings wird heute eine proaktivere Haltung eingenommen, wodurch Naturgefahrenereignisse durch gezielte Gefahrenprävention verhindert werden. Dabei orientiert sich die SBB an den nationalen Richtlinien der Schweiz, welche weg von der Gefahrenabwehr hin zur Risikokultur geht. Dabei wird bei der SBB der Risikobegriff vorwiegend auf Personenrisiken angewendet, dies bedeutet das Verletzungen von Passagieren vermieden werden müssen. Da in der Vergangenheit verschüttete Gleise immer wieder Ursache für Zugsunfälle waren, stellen diese, vor allem weil in der Analyse von Naturgefahrenereignissen im Bahnverkehr deutlich wird, dass bei den dadurch verursachten Entgleisungen meist Personen zu Schaden kommen, ein hohes Risiko dar. Damit das Risiko auf ein Tolerierbares verringert werden kann, errichteten die SBB eine Vielzahl an Schutzbauwerken, überwachen die kritischen Streckenabschnitte und setzt verschiedene Alarmsysteme ein.<sup>295</sup> Gemeinsam mit unterschiedlichen Privatbahnen und dem BAFU entwickelten die SBB das Risikotool EconoMe 3.0. Mit diesem Tool können die Personenrisiken für Bahnstrecken ermittelt werden. Mit der Zunahme des Personenrisikos sowie dem Leistungsausbau steigen das Schadenspotential und das Risiko für die Bahn.<sup>296</sup>

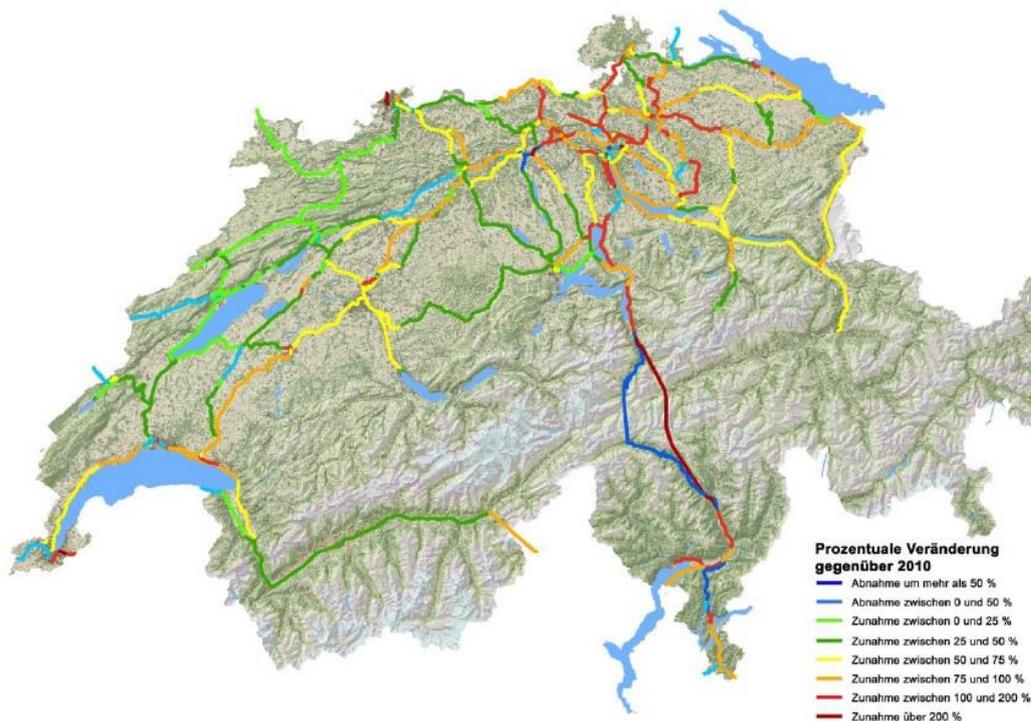


Abbildung 44: Prognose der Naturgefahren-Risikoentwicklung auf dem Streckennetz der SBB im Zeitraum 2010 bis 2014

Quelle: Hess et. al. 2012, S. 52

<sup>293</sup> vgl. MÜLLER, WORN 2016, 165

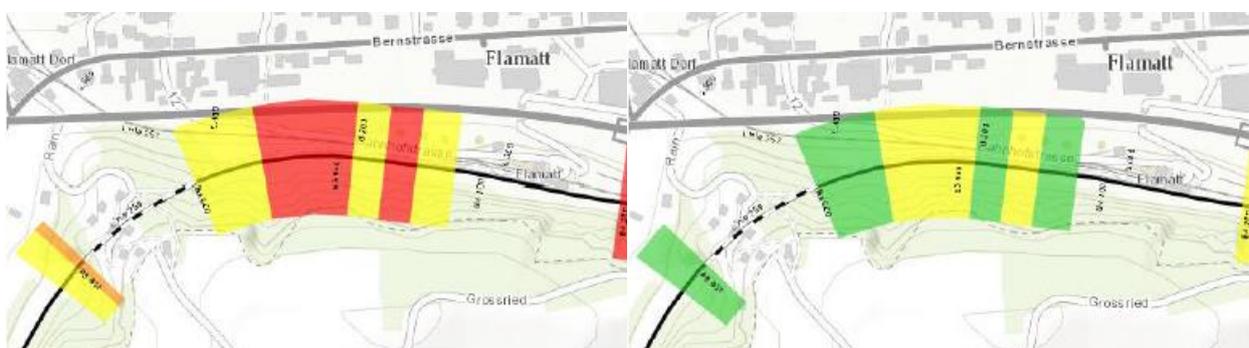
<sup>294</sup> vgl. SBB 2017

<sup>295</sup> vgl. MÜLLER, WORN 2016, 165F

<sup>296</sup> vgl. HESS ET. AL. 2012, 51

Hinsichtlich des Klimawandels werden Großereignisse voraussichtlich häufiger auftreten und auf Grund der Steigerung des Schadenpotentials eine größere Herausforderung für die SBB bedeuten. Obwohl die Risiken stetig steigen, hat das Naturgefahrenmanagement der SBB sich zum Ziel gesetzt, einen hohen Sicherheitsstandard zu gewährleisten. Gleichzeitig ist den SBB bewusst, dass eine absolute Sicherheit im Umgang mit Naturgefahren weder technisch möglich noch finanziell tragbar ist. Daraus resultierend legt die SBB Schutzziele fest, welche das Maß des tolerierbaren Risikos umschreiben. Dabei gilt es die begrenzten Mittel mit maximalem Nutzen einzusetzen. Um allerdings eine risikobasierte Naturgefahrenstrategie zu realisieren, gilt es genaue Kenntnis über die Risiken zu haben. Daher wurde schweizweit auf dem SBB-Streckennetz, ausgehend von den Gefahrenprozessen Sturz, Lawinen, Wassergefahren sowie Rutschungen, ein individuelles und kollektives Personenrisiko berechnet (Abbildung 45). Diese Darstellung der Risiken ermöglicht etwaige Handlungsdefizite zu identifizieren und zielgerichtete Maßnahmen zu setzen. Weiters können dadurch Investitionsgrenzkosten streckenabschnittsbezogen definiert werden. Um in Erfahrung zu bringen mit welcher Wahrscheinlichkeit Passagiere in einem definierten Streckenabschnitt durch Naturgefahren ums Leben kommen werden, galt es das individuelle Todesfallrisiko zu definieren. Als Parameter für das individuelle Todesfallrisiko gelten einerseits die zu erwartenden Intensitäten und Häufigkeiten der Ereignisse, die Bahnverkehrsfrequenzen, statistisches Aufeinandertreffen von Ereignis und Zug und andererseits die zu erwartenden Auswirkungen des Unfalls auf die Unfallbeteiligten. Bei einem höheren Risiko pro Streckenabschnitt als  $10^{-5}$  gilt es die bestehenden Handlungsdefizite umgehend zu beseitigen.

Durch die Festlegung eines Grenzkostenwertes sollen bei der SBB Risiken reduziert werden und simultan die Mittel hinsichtlich Gefahrenprävention ökonomisch optimal verwendet werden. Dabei gilt es, das sogenannte Nutzen-Kosten-Verhältnis einer Schutzmaßnahme zu berechnen. Um dies zu ermöglichen, werden die Kosten der Maßnahmen und die monetisierten Risiken streckenspezifisch erhoben. Für das Risiko wird dabei eine theoretische Anzahl an Todesfällen ermittelt. Pro getöteter Person wird dabei ein Wert von CHF 10 Mio. angenommen. Sollte ist dabei das Verhältnis von Kosten für Schutzmaßnahmen zu monetisiertem Risiko geringer als 1, werden diese Schutzmaßnahmen als kostenwirksam definiert und sollen umgesetzt werden.<sup>297</sup>



**Abbildung 45: Berechnetes individuelles Todesfallrisiko auf der SBB-Strecke nahe Flamatt (links ohne Berücksichtigung der Schutzbauten, rechts mit Berücksichtigung der Schutzbauten) rot: individuelles Risiko  $>10^{-5}$ ; gelb: individuelles Risiko  $= 10^{-5} - 10^{-6}$ ; grün: individuelles Risiko  $<10^{-6}$**

Quelle: Hauser, 2014 S. 124

<sup>297</sup> vgl. MÜLLER, WORN 2016, 172FF

Das zentrale Ziel der SBB ist dabei, den hohen Schutzgrad zu halten sowie alle Risikostellen – soweit technisch möglich – kosteneffizient und integral abzusichern bzw. zu verbauen.<sup>298</sup>

---

<sup>298</sup> vgl. HAUSER 2014, 124

## 4. Empfehlungen

Ziel dieser Empfehlungen ist die Erstellung und Etablierung von Strategien für ein risikobasiertes Naturgefahrenmanagement für die Eisenbahninfrastruktur. Dabei ist die Schutzmaßnahmenplanung hinsichtlich sicheren Bahnbetriebs und dem nachhaltigen Mitteleinsatz von übergeordneter Priorität.

### **Empfehlung 1: Etablierung eines risikobasierten Naturgefahrenmanagements für die Eisenbahninfrastrukturplanung**

In Zukunft muss speziell auch bei der Eisenbahninfrastrukturplanung der Paradigmenwechsel vom reaktiven zum proaktiven Naturgefahrenmanagement erfolgen. Dabei gilt es, bei der Planung bestehendes Naturgefahrenrisiko zu mindern sowie Neues zu verhindern. Die Schutzmaßnahmen bzw. Schutzmaßnahmenkombinationen müssen dabei auf die etwaigen Schutzziele gewichtet abgestimmt werden. Als Beispiel kann durch das Flächenbereinstellen für Naturprozesse in anderen Bereichen das Risiko reduziert bzw. verhindert werden. Dabei kann allerdings, wie in Empfehlung 6 definiert, eine Gewichtung der unterschiedlichen Schutzmaßnahmen für Eisenbahnanlagen nach Kernnetz und Ergänzungsnetz unter dem Gesichtspunkt der Netzwirkung ebenso relevant sein.

Somit können mittels eines risikoorientierten Naturgefahrenmanagement für die Eisenbahninfrastrukturplanung etwaige Beeinträchtigungen durch Naturgefahren auf das gesamte österreichische Eisenbahnnetz möglichst gering gehalten werden.

### **Empfehlung 2: Adaptierung der Gefahrenzonenpläne der WLW und BWL.**

Damit ein qualitatives Risikomanagement für die Eisenbahninfrastruktur etabliert werden kann, gilt es die bestehenden Informationsmaterialien zu adaptieren.

Um dies zu ermöglichen, müssen die Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinenverbauung sowie der Bundeswasserbauverwaltung für das gesamte Bundesgebiet erstellt und mehrere Bemessungsszenarien definiert werden. Dabei wären 30, 100 und 300 jährliche Ereignisse für die Berücksichtigung der Schadenshäufigkeit von Vorteil. Speziell die Betrachtung eines Extremereignisses wie des 300 jährlichen Ereignisses, ist für die Eisenbahninfrastrukturplanung aufgrund der teilweise langen Lebensdauer von Eisenbahnanlagen von Vorteil. Allerdings müssen die Wiederkehrwahrscheinlichkeiten bzw. die Eintrittswahrscheinlichkeiten speziell auf die Anforderungen der Eisenbahninfrastruktur adaptiert werden.

Da die Schadenssumme primär von der Nutzung abhängt, muss das Schadenspotential in den Gefahrenzonenplänen berücksichtigt werden. Dabei spielt z. B. die Visualisierung der Wassertiefen und der Fließgeschwindigkeiten in den Überflutungsgebieten eine zentrale Rolle. Durch die Quantifizierung der unterschiedlichen Bemessungsereignisse können die Schutzmaßnahmen in Verhältnis zur Schadensauswirkung gesetzt werden.

### **Empfehlung 3: Ermöglichung von vertiefter und detaillierter Risikobetrachtung mittels HORA (Hochwasserrisikozonierung Austria)**

Die Hochwasserrisikozonierung Austria dient einer groben Abschätzung von Risiko und lässt sich somit nur schwer auf lokale Maßstäbe übertragen. Aus jetziger Sicht kann mit HORA nur bedingt eine Aussage über das Risiko für die Eisenbahninfrastruktur getätigt werden. HORA

dient zum jetzigen Zeitpunkt nur hinsichtlich Risikokommunikation, Prioritätenfestlegung und Benennung von potentiell signifikanten Hochwassergebieten.

Um eine detaillierte Risikoabschätzung für die Eisenbahninfrastruktur zu erhalten, benötigt es eine vertiefte und genauere Betrachtung der potentiellen Überflutungsbereiche. Damit eine qualitative Einschätzung des Risikos getätigt werden kann, müssen genauere Simulationen erfolgen. Wie bei den Gefahrenzonenplänen gilt es bei HORA, detaillierte Informationen über Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit, in Bezug auf die Höhe des Schadens, zu simulieren.

### **Empfehlung 4: Rechtsverbindliche Verankerung des Begriffes Risiko im Naturgefahrenschutz**

Damit eine umfassende Risikokultur etabliert werden kann, gilt es die Risiken aus Naturgefahren, deren Veränderungen sowie Schutzmaßnahmen transparent und vergleichbar zur Beurteilung darzustellen. Dabei benötigt es nationalen Richtlinien und Gesetze, welche weg vom reaktiven zum proaktiven Naturgefahrenschutz gehen. Die Politik und die Gesellschaft muss definieren, welche Risiken akzeptabel bzw. inakzeptabel sind. Dabei müssen die etwaigen Interessensabwägungen naturgemäß im Sinne des Nachhaltigkeitsgedankens erfolgen.

Erst durch die rechtliche Absicherung des Risikoansatzes kann dieser voll und ganz angewendet und etabliert werden. Dadurch wird es erst möglich, die Gefahr zu quantifizieren und daraus resultierend die Schutzmaßnahmen, im Sinne des sicheren Bahnbetriebs, prioritätengerecht zu errichten.

### **Empfehlung 5: Definition von einheitlichen Schutzzielen**

Die Ergebnisse der naturwissenschaftlich-ökonomischen Risikoanalyse gilt es mittels Schutzziele in sozialwissenschaftlich-politische Risikobewertung zu beurteilen. Die Risikobewertung basiert auf der Wertung und Gewichtung von Schutzziele welche es durch die Gesellschaft zu definieren gilt, wobei diese Schutzziele unter dem Prinzip der Nachhaltigkeit definiert werden müssen. Zurzeit gibt es in Österreich keine einheitlichen, transparent vergleichbaren Schutzziele für Risiken aus Naturgefahren. Damit dies möglich wird, müssen Ziele für Personen, Sachwerte und Infrastruktureinrichtungen wie die Eisenbahn definiert und gewichtet werden. Dabei hängt die Höhe bzw. die Tiefe des Schutzziels vom zu schützenden Objekt ab. Menschen oder erhebliche Sachwerte wie die Eisenbahninfrastruktur müssen mit einem höheren Schutzziel definiert werden. Infrastrukturanlagen zählen zu den wichtigsten zu schützenden Objekten.

### **Empfehlung 6: Maßnahmenplanung auf gesamtes Netz abstimmen**

Unter dem Gesichtspunkt der sicheren Eisenbahnbetriebsführung gilt es eine Priorisierung als auch eine Hierarchisierung der Schutzmaßnahmen zu tätigen. Dabei kann diese Hierarchisierung der unterschiedlichen Eisenbahnstrecken in Bezug auf internationale, nationale (Kernnetz) bzw. regionale (Ergänzungsnetz) Bedeutung, erfolgen. Da die Kosten für eine Streckensperre nur schwer vereinheitlicht werden können und streckenabhängig sind, müssen diese projektbezogen analysiert werden. Ersichtlich ist, dass die Kosten für eine

unterbrochene Strecke des Kernnetzes deutlich über einer Streckensperre im Ergänzungsnetz liegen.

Da Maßnahmen bei der schienengebundenen Infrastruktur grundsätzlich eine Netzwirkung haben, müssen die Schutzmaßnahmen auf das Gesamtnetz abgestimmt werden. Dabei gilt es die Parameter der Raumnutzung (Eisenbahnanlagen) und des Schadenspotential (Zugfrequenz, Besetzungsgrad usw.) mitzudenken.

### **Empfehlung 7: Erarbeitung und Etablierung von resilienten Eisenbahninfrastrukturanlagen**

Die Eisenbahninfrastruktur muss künftig auf unerwartete und wandelnde Umweltbedingungen, welche nicht vorhersagbar oder beeinflussbar sind, eingestellt werden. Weiters muss aufgrund der Prämissen der langen Lebensdauer der Eisenbahninfrastruktur, steigender Unsicherheit in der Naturgefahrenprognostizierung sowie der Häufung der Naturgefahrenkatastrophen und den immer geringer werdenden Ressourcen resiliente Systeme für die Eisenbahn entwickelt werden.

Ausgehend vom Standpunkt des sicheren Bahnbetriebs muss betrachtet werden, wie schnell der voll funktionsfähige Zustand wieder sichergestellt werden kann. Ebenso muss geklärt werden ob bzw. welche Grundfunktionen das System Bahn während und nach dem Schock aufrechterhalten kann und muss.

## 5. Schlussfolgerung und Ausblick

Da die Eisenbahninfrastruktur eine Lebensdauer von mehreren Generationen aufweist, wird der Ressourcenaufwand für die Planungs- sowie Errichtungszeitspannen immer länger. Der damit einhergehende immer geringer werdende finanzielle Einsatz von Mitteln der öffentlichen Hand sowie die Steigerung der Naturgefahren, verdeutlicht, dass die finanziellen Ressourcen zielgerichtet eingesetzt werden müssen.

**Mit jedem eingesetzten Euro muss der maximale Schutz generiert werden.**

Um dies zu gewährleisten, muss ein Paradigmenwechsel von der Naturgefahrenreaktion zum integralen Naturgefahrenrisikomanagement erfolgen. Damit eine umfassende Risikokultur etabliert werden kann, gilt es nationale Richtlinien und Gesetze, welche weg vom reaktiven zum proaktiven Naturgefahrenschutz gehen, zu beschließen.

In Bezug auf ein integrales Naturgefahrenmanagement müssen die unterschiedlichen Risiken quantifiziert und weiterführend verifiziert werden. Ziel für die Eisenbahninfrastruktur ist daher, dass hinsichtlich der Naturgefahrenabwehr keine Schadens- und Kostenexplosion entsteht. Aus diesem Grund galt es früher bei der Analyse von Naturgefahrenrisiken primär ökonomische Ziele (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit) zu erreichen. Dabei untersucht die Risikoanalyse jetzt die Frage: „Was kann passieren?“ Um dies zu erheben, nehmen in der Risikoanalyse bestehende Informationsmaterialien eine zentrale Rolle ein. Allerdings benötigen die Planungsinstrumente, um Aussagen hinsichtlich des Risikos zu tätigen, einige Adaptierungen.

Um für die Eisenbahninfrastrukturplanung die Relevanz zu erhöhen, müssen die Gefahrenzonenpläne der BWV und WLW flächendeckend zu Verfügung stehen. Zum derzeitigen Zeitpunkt fließen keinerlei Schadensintensitäten in die Betrachtung der Gefahrenzonenpläne mit ein. In der Gefahrenzonenplanverordnung wird allerdings auf die Verhältnismäßigkeit von Schutzmaßnahmen hingewiesen, wobei die voraussichtlichen Schadensauswirkungen des Bemessungsereignisses quantifiziert werden müssen, denn rein die Visualisierung der Gefährdung ist für ein umfassendes Risikomanagement nicht ausreichend. Ebenso wird zum jetzigen Zeitpunkt in den Naturgefahrenhinweiskarten der ÖBB keinerlei Aussage über die Höhe der Risiken getätigt. Da die Schadenssumme primär von der Nutzung abhängt, müsste das Schadenspotential in den Naturgefahrenhinweiskarten berücksichtigt werden. Dabei spielt z.B. die Visualisierung der Wassertiefen und der Fließgeschwindigkeiten in den Überflutungsgebieten beim Prozess Hochwasser sowohl für die Gefahrenzonenpläne als auch für die ÖBB Naturgefahrenhinweiskarten hinsichtlich Risikoanalyse eine zentrale Rolle.

Ebenfalls ermöglicht HORA, als Planungsinstrument aufgrund ihres Maßstabs, nur bedingt aussagekräftige Detailbetrachtungen für den Naturgefahrenschutz der Eisenbahninfrastruktur. HORA dient zum jetzigen Zeitpunkt nur hinsichtlich Risikokommunikation, Prioritätenfestlegung und Benennung von potentiell signifikanten Hochwassergebieten. Um HORA für eisenbahnspezifische Schutzprojekte zukünftig anzuwenden, benötigt es detailliertere Simulationen. Wie bei den Gefahrenzonenplänen und den Naturgefahrenhinweiskarten der ÖBB gilt es bei HORA konkrete Informationen über Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit, in Bezug auf die Höhe des Schadens, zu simulieren.

Ebenso benötigt es hinsichtlich der Bemessungsgrundlagen zu klären, welche Wiederkehrwahrscheinlichkeiten bzw. Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Risikoeinschätzung bei Eisenbahninfrastruktur zu berücksichtigen ist. Dabei müssen die unterschiedlichen Lebenszyklen von Eisenbahnanlagen mit betrachtet werden. Erst durch die

Quantifizierung der unterschiedlichen Bemessungsereignisse können die Schutzmaßnahmen hinsichtlich Schadensminderungswirkung in Verhältnis gesetzt werden. Daraus resultiert, dass zum jetzigen Zeitpunkt die Planungsinstrumente zur Analyse, Bewertung und Maßnahmenplanung hinsichtlich eines Naturgefahrenrisikokzeptes für die Eisenbahn nur bedingt ausreichen und Adaptionen benötigt werden.

Damit der optimale Schutz erreicht wird, gilt es die Risiken aus der Analyse zu bewerten. Dabei muss definiert werden ob diese Risiken von der Gesellschaft getragen werden können, oder ob es eine Reduktion des Risikos bedarf. Um dies zu ermöglichen, muss die Gesellschaft Schutzziele definieren, gewichten und werten. Da dies in Österreich zurzeit nicht bzw. nur eingeschränkt erfolgt, gilt es eine ganzheitliche Schutzzieldiskussion zu führen. Dabei muss die Einstufung der Höhe bzw. der Tiefe des Schutzziels objektabhängig erfolgen. Menschen oder erhebliche Sachwerte wie die Eisenbahninfrastruktur müssen mit einem höheren Schutzziel definiert werden.

Diese definierten Schutzziele haben wiederum eine direkte Auswirkung auf die Schutzmaßnahmen. Weiters haben diese Maßnahmen bei der Eisenbahninfrastruktur eine direkte Netzwirkung, daher gilt es die Schutzmaßnahmen auf das Gesamtnetz abzustimmen.

Unter diesem Gesichtspunkt gilt es jene Schutzmaßnahmen zu priorisieren, welche das höchste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. In absteigender Reihenfolge sollen die restlichen Maßnahmen bis zum Erreichen der Schutzziele realisiert werden. Das individuelle Risiko muss dabei kontinuierlich überprüft werden.

Die Abwägung unterschiedlicher Naturgefahrenschutzmaßnahmenvarianten hat speziell bei den ÖBB lange Tradition. Bereits 1924 wurde nach dem Lawinenunglück in Hieflau die mögliche Schutzmaßnahmenvariante in Bezug auf Ressourcenaufwand abgewogen. Allerdings ermöglicht ein modernes Risikomanagement etwaige Kombinationen von unterschiedlichen Schutzmaßnahmen, hinsichtlich der optimalen Schutzwirkung.

Aus den Prämissen der langen Lebensdauer, steigender Unsicherheit in der Naturgefahrenprognostizierung sowie der Häufung der Naturgefahrenkatastrophen und den immer geringer werdenden finanziellen Ressourcen resultierend, muss sich die Eisenbahn in naher Zukunft vermehrt mit einem integralen Naturgefahrenrisikokzept auseinandersetzen.

### **Dabei muss der sichere Bahnbetrieb weiterhin außer Frage stehen!**

Gerade deswegen und weil die Eisenbahn speziell in den Alpen mit Naturgefahren leben muss, gilt es die optimale Schutzmaßnahmenkombination für das jeweilige Schutzprojekt zu wählen. Dabei muss bei der Planung bestehendes Naturgefahrenrisiko gemindert sowie Neues verhindert werden. Dahingehend können raumplanerische Maßnahmen für die Eisenbahninfrastruktur einen sinnvollen Rahmen bilden, in welchem langfristige und risikogerechte Raumnutzung erfolgen kann. Dabei stehen die beiden Materien, Raumordnung und Eisenbahn, vor der Aufgabe, dass Extremereignisse in Zukunft schwerer steuerbar und vorhersagbar werden. Aus diesem Grund wird es, für beide Bereiche wichtig sein, resiliente Systeme zu entwickeln. Obwohl unterschiedliche Zuständigkeiten beider Fachbereiche vorliegen, sind sie im ähnlichen Ausmaß von Naturgefahren konfrontiert. Daher gilt es für die Raum- sowie für die Eisenbahninfrastrukturplanung gemeinsame Synergien zu nutzen und sinnvolle Kooperation hinsichtlich der Verringerung des Naturgefahrenrisikos zu forcieren.

Vor dem Hintergrund all dieser Herausforderungen bietet das risikobasierte Naturgefahrenmanagement für die Raumordnung und Eisenbahninfrastruktur einen sinnvollen Lösungsansatz. Denn letztlich müssen alle Schutzmaßnahmen darauf abzielen Menschenleben sowie Hab und Gut optimal vor Naturgefahren zu schützen.

## 6. Quellen

### 6.1 Literaturverzeichnis

- ALPENKONVENTION (2017):** Alpenkonvention – Protokoll „Verkehr“ (P5), Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002265>, (01.02.2017)
- ALPENBAHNEN (2017):** Salkammergutbahn, Attnang-Puchheim – Gmunden – Bad Ischl – Stainach-Irdning, online unter: [http://www.alpenbahnen.net/html/salzkammergutb\\_.html](http://www.alpenbahnen.net/html/salzkammergutb_.html) (08.11.2017)
- ANDRECS, PETER; HAGEN, KARL (2010):** Analyse der Sicherheit von Bemessungswerten bei gravitativen alpinen Naturgefahren und Ableitung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel, AdaptEvent, Endbericht des BFW im Auftrag des BMLFUW, Wien S.322
- ANDRECS, PETER; OBERNDORFER, STEFAN (2008):** Beurteilung von Naturgefahren – Gefahren, Risiko und Vulnerabilität, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien S. 24
- BAHNBILDER (2009):** Lawinenabgang auf der schoberpass-Strecke, online unter: <http://bahnbilder.warumdenn.net/8225.htm> (10.11.2017)
- BAUER, JOSEF (2017):** ÖBB Produktions GmbH, Zugbereitstellung Flechennetzwerk Ost, e-mail Korrespondenz (06.04.2017)
- BAFU (2015A):** Bundesamt für Umwelt, EconoMe, Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren, Formelsammlung. Bern S.33
- BAFU (O. J.):** Bundesamt für Umwelt, ECONOME, Online unter: <http://www.econome.admin.ch/glossar.php>, (30.11.2015)
- BAFU (2016):** Bundesamt für Umwelt: Von der Risikoanalyse zur Maßnahmenplanung. Arbeitsgrundlage für Hochwasserschutzprojekte. Bundesamt für Umwelt, Bern. S. 89
- BÄTZING, WERNER (2015):** Die Alpen. Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft, München S.483
- BIRKMANN, JÖRN (2008):** Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz, Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung, Bonn S.22
- BMLFUW (2009):** Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, FloodRisk II, Vertiefung und Vernetzung zukunftsweisender Umsetzungsstrategien zum integrierten Hochwassermanagement, Synthesebericht, Wien S.274
- BMLFUW (2006):** Richtlinien für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung gemäß § 3 Abs. 2 Z 3 Wasserbautenförderungsgesetz 1985. Wien S.56
- BMFLUW (2012):** Lawinengefahr für Eisenbahn, Katastrophenereignisse von Beginn des Bahnbaus bis zum Lawinenwinter 1924, online unter: [http://www.naturgefahren.at/karten/chronik/Katastrophen\\_oestr/Lawinengefahr.html](http://www.naturgefahren.at/karten/chronik/Katastrophen_oestr/Lawinengefahr.html) (08.11.2017)
- BMLFUW (2012A):** Lawinenkatastrophe 1951 und 1954, Zwei extreme Lawinenwinter fordern in kurzer Folge zahlreiche Todesopfer, online unter: [http://www.naturgefahren.at/karten/chronik/Katastrophen\\_oestr/Lawinenkata1951\\_1954.html](http://www.naturgefahren.at/karten/chronik/Katastrophen_oestr/Lawinenkata1951_1954.html), (08.11.2017)
- BMLFUW (2015):** Hochwasser Juni 2013 Ereignisdokumentation, Wien S. 90

- BMLFUW (2016):** Nationaler Hochwasserrisikomanagementplan RMP 2015, Wien S. 177
- BMVIT (2016):** Österreich unterwegs 2013/2014. Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“. Wien S.340
- BMVIT (2017):** Leitstrategie Eisenbahninfrastruktur. Leitstrategie des bmvit über die Ausgestaltung der Eisenbahninfrastruktur, gemäß § 55a Eisenbahngesetz 1957., Villach S. 25
- BRAUNER, MICHAEL; LAIMER, HANS-JÖRG; RACHOY, CHRISTIAN; SCHÖNBERGER, CHRISTINE (2013):** Risikomanagement für Verkehrsinfrastruktur, Wildbach- und Lawinenverbauung, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Wien S.303
- BRUCKER, ANJA (2013):** Künstliche Lawinenauslösung zur Sicherung von Verkehrswegen in Österreich – Status-Quo und Einschätzung aus Sicht von Experten. Masterarbeit. Innsbruck Universität, Innsbruck S.257
- BRÜNDL, MICHAEL (2009):** Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bernd S. 420
- BUNDESBAHNGESETZ:** Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Bundesbahngesetz, Fassung vom 30.11.2015, Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10007278&ShowPrintPreview=True>, Stand: 30.11.2015
- BUWAL (1998):** Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren, Bern S.200
- BUWAL (1999):** Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Bern S. 117
- B-VG (1999):** Bundes-Verfassungsgesetz
- CAMENZIND, RETO; LOAT, ROBERTO (2014):** Risikobasierte Raumplanung – Synthesebericht zu zwei Testplanungen auf Stufe kommunaler Nutzungsplanung. Nationale Plattform Naturgefahren / Bundesamt für Raumentwicklung / Bundesamt für Umwelt, Bern. S. 2
- CAMENZIND, RETO; BAUMANN, RETO; GUGGISBERG, CLAUDIA; LOAT, ROBERTO; DIETHELM, IRENE (2005):** Empfehlung, Raumplanung und Naturgefahren, Bern S. 50
- DIE ARLBERGBAHN (2019):** Lawinengefahr - Sperre der Arlbergbahn. Online unter: <http://www.arlbergbahn.at/2018/01/22/lawinengefahr-sperre-der-arlbergbahn/> (03.02.2018)
- EGNER, HEIKE; POTT, ANDREAS (O.J):** Risiko und Raum, Das Angebot der Beobachtungstheorie, Geographische Risikoforschung. Stuttgart, Steiner Verlag: S.25
- EISENBHNGESETZ 1957 (2017):** Bundesgesetz über Eisenbahnen, Schienenverkehr auf Eisenbahnen und den Verkehr auf Eisenbahnen
- FLORINETH, FLORIN (2012):** Pflanze statt Beton. Sicherung und Gestaltung mit Pflanzen. Berlin-Hannover S.340
- FORSTGESETZ (1975):** Bundesgesetz des Forstwesens (17.11.2017)
- FRISCH, MAX (1979):** Der Mensch erscheint im Holozän. Frankfurt am Main S. 142
- FPDWL (2013):** Fanpage der Wiener Linien, ÖBB-Fernverkehr wegen Hochwasser eingestellt. Online unter: <http://www.fpdwl.at/forum/sonstiges/v-im-restlichen-sterreich/12370-pm-salzburg-bb-fernverkehr-wegen-hochwasser-eingestellt/> (08.07.2015)
- GEMEINDEAMT DALAAS (2017):** Lawinenunglück im Bahnhof Dalaas, online unter: <http://www.arlbergbahn.at/die-schneeraeumung-auf-der-arlbergbahn-22/> (14.12.2017)
- GUSS, CHRISTOPH (2017):** ÖBB Infrastruktur AG, Asset Management und Strategische Planung, Strategische Entwicklung, Verkehrssystemplanung, Wien

- GRÜNWALD, UWE; KALTOFEN, MICHAEL; SCHÜMBERGER, SABINE (2004):** Hochwasserversorgung in Deutschland, Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Bonn S. 72
- HABERMANN, KLAUS (2007):** Winterliche Gefahren im Xeis, Online unter: <https://www.drehscheibe-online.de/foren/read.php?o17,3236482,3236643> (08.11.2017)
- HAUSER, MARC (2014):** Praktische Erfahrungen der SBB bei der risikobasierten Dimensionierung sowie Bewirtschaftung von Steinschlagschutzanlagen, Stand der Technik im Naturgefahreningenieurwesen (Tagungsband), Wien S.124
- HESS, JOSEF; LAGGER, SIEGFRIED; MANSER, ROLF; WILLI, HANS PETER (2012):** Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz, Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 12.4271 Darbellay vom 14.12.2012
- HÜBEL, JOHANNES; AGNER, PETER; FUCHS, SVEN (2007):** Optimierung der Gefahrenzonenplanung: Weiterentwicklung der Methode der Gefahrenzonenplanung, Wien S. 37
- HÜBEL, JOHANNES; KEILER, MARGRETH; FUCHS, SVEN (2009):** Risikomanagement für alle Naturgefahren. Wien S. 75
- KAMMERHOFER, HARALD (2014):** ÖBB Streckenrang, Rangeinteilung der Strecken nach Oberbautechnischen Gesichtspunkte (Grundlage DB IS Teil 1)
- KÄRNTNER LANDESREGIERUNG (2016):** Abteilung 8 – Umwelt, Wasser und Naturschutz, Uabt. Schutzwasserwirtschaft, online unter: [http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE10\\_NAT\\_AT\\_000017\\_LAYMAN\\_DE.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE10_NAT_AT_000017_LAYMAN_DE.pdf), (27.12.2017)
- KEILER, MAGRET; FUCHS, SVEN (O.J.):** Das Risikokzept in der Naturgefahrenforschung, Berlin S.6
- KLEEMAYR, KARL (2008):** Risikomanagement von Naturgefahren Probleme und Perspektiven, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien, S. 3
- KOCH, HELMUT; MOLITOR, ROMAIN; OBERMAYER, CHRISTIAN; REINBERG, SEBASTIAN; FEUFELSBRUCKER, DORIS (2013):** Salzkammergutbahn Stainach-Irdning – Attnang-Puchheim, Potenzial- und Umfeldanalyse, Schlussbericht; Gmunden-Wien, S.7
- KODYM, ERICH (2017):** Verein Freunde der Semmeringbahn. Online unter: <http://www.semmeringbahn.at/galerie-his.php?start=1&max=15&ct=8> (26.12.2017)
- KRISCH, LAURENZ (2011):** Das große Lawinenunglück bei Böckstein vom März 1909, Online unter: <https://www.ak-ansichtskarten.de/ak/100-Ansichtskarten-AK-Geschichten/208-Das-grosse-Lawinenunglueck-bei-Boeckstein-oesterreich-vom-Maerz-1909/?&lang=1> (08.11.2017)
- LOAT, ROBERTO (2015):** Zukunftsperspektiven und Risiken der alpinen Raumentwicklung, Erfahrung aus der Schweiz, Wein S.30
- LOAT, ROBERTO (O.J.):** Risikoorientierter Umgang mit gravitativen Naturgefahrenrisiken in der Raumplanung am Beispiel der Schweiz, Bern S. 6
- MAUSER, HARALD (2008):** Naturgefahren und Risiken, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien S. 2
- MATTHEWS, VOLKER (2007):** Bahnbau, Auflage 7, Wiesbaden S.252
- MEIER, ANDREAS (2006):** Naturgefahren und die SBB, Von der Gefahrenabwehr (Reagieren) zum Integralen Naturgefahrenmanagement (Agieren/Prävention), Bern S.19
- MUNTER, WERNER (2009):** 3x3 Lawinen, Risikomanagement im Wintersport. Garmisch-Partenkirchen, S.230

- MÜLLER, ALBERT; WORN, RAPHAEL (2016): Freie Fahrt für die Bahn, Umgang mit Naturgefahren bei der SBB – gestern und heute, Katastrophen kennt allein der Mensch, sofern er sie überlebt; die Natur kennt keine Katastrophen. Kriens S. 319
- MÜLLER, UWE (2010): Hochwasserrisikomanagement, Theorie und Praxis. Wiesbaden S.440
- NACHTNEBEL, HANS-PETER; APPERL, BENJAMIN (2013): Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten: Instrumentenevaluierungsstudie, Wien S.153
- NEUHOLD, CLEMENS (2008): Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten, Modul II, Risikobewertung, Wien S. 8
- NEUMAYR, GEBHARD (2013): Schutz vor Wildbächen, Lawinen und Erosion, Generelle Projekt Taxenbach 2013, Marktgemeinde Taxenbach, Online unter: <https://www.bmlfuw.gv.at/forst/wildbach-lawinenverbauung/aktuelles-dienststellen-fachabteilung/projekte-faktenblaetter/Factsheet-Taxenbach.html> (13.11.2017)
- NIESEL, ALFRED (2002): Bauen mit Grün. Die Bau- und Vegetationstechnik des Landschafts- und Sportplatzbau. 3., neubearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin S. 592
- RACHOY, Christian. (2012): Lawinenwarndienst der ÖBB-Infrastruktur AG. Integriertes Streckenmanagement – Naturgefahrenmanagement. Online unter: [http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=oCB8QFjAAhU-KEwiW946\\_hgvGAhWCuBQKHZ9ZA5c&url=http%3A%2F%2Fwww.paramount-project.eu%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D699%26Itemid%3D9&ei=BjulVZbcDYLxUp-zjbgJ&usq=AFQjCNGXTdVILQyUzVsvFix6XT9sYnog&sig2=JKim2\\_PaPwjK99fjz-G3-g](http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=oCB8QFjAAhU-KEwiW946_hgvGAhWCuBQKHZ9ZA5c&url=http%3A%2F%2Fwww.paramount-project.eu%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D699%26Itemid%3D9&ei=BjulVZbcDYLxUp-zjbgJ&usq=AFQjCNGXTdVILQyUzVsvFix6XT9sYnog&sig2=JKim2_PaPwjK99fjz-G3-g) (14.07.2015)
- RICHTLINIE 2007/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES (2007): über die Bewertung und das Management von Hochwasser, Amtsblatt der Europäischen Union
- RUDOLF-MIKLAU, FLORIAN (2009): Naturgefahrenmanagement in Österreich: Vorsorge – Bewältigung – Information. Wien: LexisNexis. S. 191
- OEBB (2016): Immer in Bewegung, Zahlen Daten Fakten, ÖBB kompakt. Online unter: [http://konzern.oebb.at/file\\_source/corporate/presse-site/Downloads/Publikationen/OEBB\\_in\\_Zahlen\\_2016.pdf](http://konzern.oebb.at/file_source/corporate/presse-site/Downloads/Publikationen/OEBB_in_Zahlen_2016.pdf) (11.10.2017)
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2012): Netzkarte. Online unter: [http://www.oebb.at/infrastruktur/de/\\_p\\_3\\_o\\_fuer\\_Kunden\\_Partner/3\\_2\\_Schienenutzung/3\\_3\\_Schieneninfrastruktur/3\\_3\\_6\\_Karten/02\\_DMS\\_Dateien/Infrastrukturnetzuebersichtskarte.jsp](http://www.oebb.at/infrastruktur/de/_p_3_o_fuer_Kunden_Partner/3_2_Schienenutzung/3_3_Schieneninfrastruktur/3_3_6_Karten/02_DMS_Dateien/Infrastrukturnetzuebersichtskarte.jsp) (11.10.2017)
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2011): Zielnetz 2025+, Wien S. 88
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2013): Bilder der ÖBB Infrastruktur AG, Wien
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2015): Netznutzungsbericht. Wien S. 7
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2017): Infra GIS, Online (16.06.2017)
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2017A): Schienennetz-Nutzungsbedingungen 2018 der ÖBB-Infrastruktur AG, Wien, S. 55
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2017B): ÖBB-Lawinenwarndienst, Geschäftsordnung des Regionalen Lawinenwarndienst der ÖBB-Infrastruktur AG. Wien S. 14
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2017C): Naturgefahrenhinweiskarten der ÖBB Infrastruktur AG, Wien
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2017D): Bilder der ÖBB Infrastruktur AG, Wien
- ÖBB INFRASTRUKTUR AG (2018): Bilder der ÖBB Infrastruktur AG, Wien

- OBERÖSTERREICHISCHES RAUMORDNUNGSGESETZ (1994):** Landesgesetz vom 6. Oktober 1993 über die Raumordnung im Land Oberösterreich (17.11.2017)
- ÖGG (ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOMECHANIK) [HRSG.] (2014):** Empfehlung für das Schutzziel bei gravitativen Naturgefahren in Österreich, Salzburg S.24
- ONR 24800 (2009):** Österreichisches Normungsinstitut, Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung, S.33
- ONR 24802 (2015):** Österreichisches Normungsinstitut, Schutzbauwerke der Wildbachverbauung Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbindung, Wien S. 96
- ONR 24806 (2011):** Österreichisches Normungsinstitut, Permanenter technischer lawinenschutz-Bemessung und konstruktive Ausgestaltung, Wien S. 19
- ÖROK (ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ) [HRSG.] (2005):** Präventiver Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung. Wien (Schriftenreihe Nr. 168) S. 154
- ÖROK (ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ) [HRSG.] (2013):** Flächenfreihaltung von linienhaften Infrastrukturvorhaben. Grundlagen, Handlungsbedarf & Lösungsvorschläge. – Wien. (= ÖROK-Schriftenreihe 189). S.160
- ÖROK (ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ) [HRSG.] (2015):** Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung. – Wien. (ÖROK-Schriftenreihe 193) S. 288
- ÖROK (ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ) [HRSG.] (2017):** zum Hochwassermanagement, zur Aktualisierung und Anpassung der ÖROK-Empfehlung zum präventiven Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung, Schwerpunkt Hochwasser – Wien. (ÖROK-Empfehlung Nr. 57) S. 43
- PATT, HEINZ; JÜPNER, ROBERT (2013):** Hochwasser-Handbuch, Auswirkungen und Schutz. 2., neue bearbeitete Auflage, Bonn S. 708
- PLANAT (2004):** Sicherheit von Naturgefahren, Vision und Strategie, Planat, Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Biel S.41
- PLANAT (2013):** Sicherheitsniveau für Naturgefahren, Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern S.15
- PLANAT (2014):** Risikobasierte Raumplanung, Synthesebericht zu zwei Testplanungen auf Stufe kommunaler Nutzungsplanung. Bern S. 21
- POPULORUM, MICHAEL (2010):** Die Salzkammergutbahn von Attnang-Puchheim nach Stainach-Irdning – Ein Reader in mehreren Teilen. Teil: Prolog und Überblick, Dokumentationszentrum für Europäische Eisenbahn-Forschung, online unter: <http://www.dokumentationszentrum-eisenbahnforschung.org/salzkammergutbahn.htm>
- PXT (2017):** Zugdarstellungen, online unter: <http://pc.pxtr.de/stocke.htm> (16.11.2017)
- RL 2007/60/EG (2007):** Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken
- SAGIS (2017):** Salzburger Geoinformationssystem, online unter: [85](https://www.salzburg.gv.at/sagisonline/(S(a3gck4cq1c2uwksojnoovixt))/init.aspx?karte=basis&geojuhuschema=Adressen/Namensgut&defaultlogo=bauenwohnen&gdiservices=raumordnung&gdiservices=naturgefahren&gdiservices=wasser&sichtbar=Wildbach%20Rote%20Zone&sichtbar=Wildbach%20Gelbe%20Zone&sichtbar=Lawine%20Rote%20Zone&sichtbar=Lawine%20Gelbe%20Zone&sichtbar=Gefahrenzonen%20Bundeswasserbauverwaltung&massstab=50000&koord=412000;254000, (07.12.2017)</a></p><p><b>SAUERMOSE, CLAUDIA (2014):</b> Analyse des ÖBB-Lawinenwarndienstes, Wien S. 257</p></div><div data-bbox=)

**SBB (2017):** Naturgefahren und Klimawandel, Online unter: <https://company.sbb.ch/de/ueber-die-sbb/verantwortung/die-sbb-und-ihre-kunden/die-sbb-und-die-sicherheit/naturgefahren.html>, (02.05.2017)

**SCHIENEN-CONTROL (2016):** Jahresbericht 2016, Ihr Recht am Zug, schienen-Control, Wien S. 74

**SUDA, JÜRGEN; RUDOLF-MIKLAU, FLORIAN (2012):** Bauen und Naturgefahren, Handbuch für konstruktiven Gebäudeschutz, Wien S.42

**STATISTIK AUSTRIA (2014):** Verkehr – Schiene – Bestand. Ergebnisse im Überblick: Schieneninfrastruktur in Österreich. Online unter: [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/verkehr/schiene/schienenfahrzeuge\\_bestand/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/schiene/schienenfahrzeuge_bestand/index.html) (30.11.2015).

**WRG (1959):** Gesamte Rechtsvorschrift für Wasserrechtsgesetz, BGBl. Nr. 215/1959

**WIESNER, MARIO (2009):** Die Tauernbahn. Schwarzach-St.Veit – Spittal-Millstättersee. Online unter: <http://www.tauernbahn.at/de/index.php?section=ig&artikel=58> (14.12.2017)

**VERORDNUNG GZP (1976):** Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft über die Gefahrenzonenpläne, BGBl. Nr. 436/1976

## 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Semmeringbahn.....	7
Abbildung 2: Lawinenunglück bei Böckstein.....	8
Abbildung 3: Lawinenunglück im Gemeindegebiet Hieflau .....	9
Abbildung 4: Lawinenunglück im Bahnhof Daalas .....	9
Abbildung 5: Hochwasser 2013 an der Salzkammergutbahn bei Bad Ischl.....	11
Abbildung 6: Luftaufnahme der vermuten Westbahnstrecke bei Taxenbach.....	11
Abbildung 7: Murgang 2013 bei Taxenbach.....	12
Abbildung 8: Organigramm des ÖBB-Konzerns .....	15
Abbildung 9: Netzzugehörigkeit (blau Kernnetz, grün Ergänzungsnetz) .....	17
Abbildung 10: Entwicklung des Schienennetzes der ÖBB – Infrastruktur AG und Privatbahnen in Österreich.....	19
Abbildung 11: Risikokreislauf .....	21
Abbildung 12: Drei Teile einer Risikobetrachtung.....	22
Abbildung 13: Schema des Umgang mit Naturgefahrenrisiken.....	23
Abbildung 14: Lawinenabgang auf der Schoberpass-Strecke .....	25
Abbildung 15: Visualisierung von Lawineneinzugsgebieten entlang der Salzkammergutbahn .....	27
Abbildung 16: Beispiel einer Visualisierung von Naturgefahrenhinweiskarte.....	29
Abbildung 17: Visualisierung von Lawineneinzugsgebieten entlang der Salzkammergutbahn .....	31
Abbildung 18: Visualisierung eines Güterzug-Modell.....	33
Abbildung 19: Visualisierung eines Railjet-Modell.....	33
Abbildung 20: Ereignisbaum aller etwaigen Schadensbilder .....	34
Abbildung 21: Modell eines Ereignisses im Gleisbereich .....	35
Abbildung 22: Steinschlagschutz für den Bf. St. Anton .....	35
Abbildung 23: Differenziertes Ausmaß von individuellem Risiko bei gleichem kollektivem Risiko R, W=Wahrscheinlichkeit, A=Schadensausmaß.....	37
Abbildung 24: Übersicht über den permanenten technischen Lawinenschutz .....	42
Abbildung 25: Lawinenschutzverbauung aus Stahlschneebrücken.....	43
Abbildung 26: Kolktafeln .....	44
Abbildung 27: Lawinengalerie .....	45
Abbildung 28: Objektschutzwald.....	46
Abbildung 29: Zuständigkeitsbereiche der ÖBB Lawinenkommissionen.....	47
Abbildung 30: Arbeitsablauf des regionalen Lawinenwarndienst .....	49
Abbildung 31: ein Streckenabschnitte auf welchen die Lawinenkommission der ÖBB tätig ist.....	50
Abbildung 32: Visualisierung der Schnee- und Windmessstationen an der Arlberg Ostrampe .....	51
Abbildung 33: Schneeräumarbeite über den Arlberg.....	51
Abbildung 34: Ermitteln der optimalen Maßnahmenkombination nach dem Grenzkostenkriterium .....	54

Abbildung 35: Überflutung Linz-Puchenau .....	55
Abbildung 36: Risiko als Interaktion von Gefährdung sowie Vulnerabilität .....	56
Abbildung 37: Hinweiskarten für den Prozess Hochwasser .....	59
Abbildung 38: Hochwasser GZP .....	62
Abbildung 39: Hochwasserrisikozonen .....	63
Abbildung 40: Murbrecher .....	68
Abbildung 41: Murüberleitbauwerk .....	68
Abbildung 42: Organisatorische Maßnahmen .....	70
Abbildung 43: Renaturierung im Bereich Bahnhof Lavanttal .....	71
Abbildung 44: Prognose der Naturgefahren-Risikoentwicklung auf dem Streckennetz der SBB im Zeitraum 2010 bis 2014 .....	73
Abbildung 45: Berechnetes individuelles Todesfallrisiko auf der SBB-Strecke nahe Flamatt (links ohne Berücksichtigung der Schutzbauten, rechts mit Berücksichtigung der Schutzbauten) rot: individuelles Risiko $>10^{-5}$ ; gelb: individuelles Risiko = $10^{-5} - 10^{-6}$ ; grün: individuelles Risiko $<10^{-6}$ .....	74
Abbildung 46: Netz der ÖBB und Lawineneinzugsgebiete der WLW .....	91
Abbildung 47: Netz der ÖBB und Hochwasserrisikobereiche .....	92
Abbildung 48: Netzkarte ÖBB .....	93

### 6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schieneninfrastruktur in Österreich 2016 .....	18
Tabelle 2: Abgrenzungskriterien für Gefahrenzonen der WLW .....	30
Tabelle 3: Schadensempfindlichkeit Verkehrswege im Prozess Lawine .....	32
Tabelle 4: Rechnerische sowie empirische Todesfallwahrscheinlichkeit im Schienenverkehr (Österreich) .....	39
Tabelle 5: Todesfallwahrscheinlichkeit .....	40
Tabelle 6: Gliederung der Lawinenschutzmaßnahmen .....	41
Tabelle 7: Mögliche Bewertungsgrundlage für eine Risikobewertung .....	58
Tabelle 8: Abgrenzungskriterien für Gefahrenzonen der BWV .....	61
Tabelle 9: Schadensempfindlichkeit Verkehrswege im Prozess Hochwasser .....	64
Tabelle 10: Gliederung der Hochwasserschutzmaßnahmen .....	66

### 6.4 Formelverzeichnis

Formel 1: Risikoformel .....	20
------------------------------	----

## 6.5 Abkürzungsverzeichnis

ASFINAG	Autobahnen- und Schnellstraßen- Finanzierungs- Aktiengesellschaft
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BMLFUW	Lebensministerium
BWV	Bundeswasserbauverwaltung
EisbG	Eisenbahngesetz
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
ForstG	Forstgesetz 1975
GIS	Geoinformationssystem
GZP	Gefahrenzonenplan/-pläne
GZPVO	Gefahrenzonenplanverordnung
HORA	Hochwasserrisikozonierung Austria
LAS	Lawinenalarmstufe
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PLANAT	Nationale Plattform für Naturgefahren
uvm	und vieles mehr
VKS	Verkehrsstation
WBFVG	Wasserbautenförderungsgesetz
WLV	Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung
WRG	Wasserrechtsgesetz
z.B.	zum Beispiel

## 6.6 Anhang



Abbildung 46: Netz der ÖBB und Lawineneinzugsgebiete der WLV  
Quelle: ÖBB Infrastruktur AG, 2017

Ausgabe  
2017

Hochwasserrisikozonen  
in Übersicht zum Netz der ÖBB-Infrastruktur

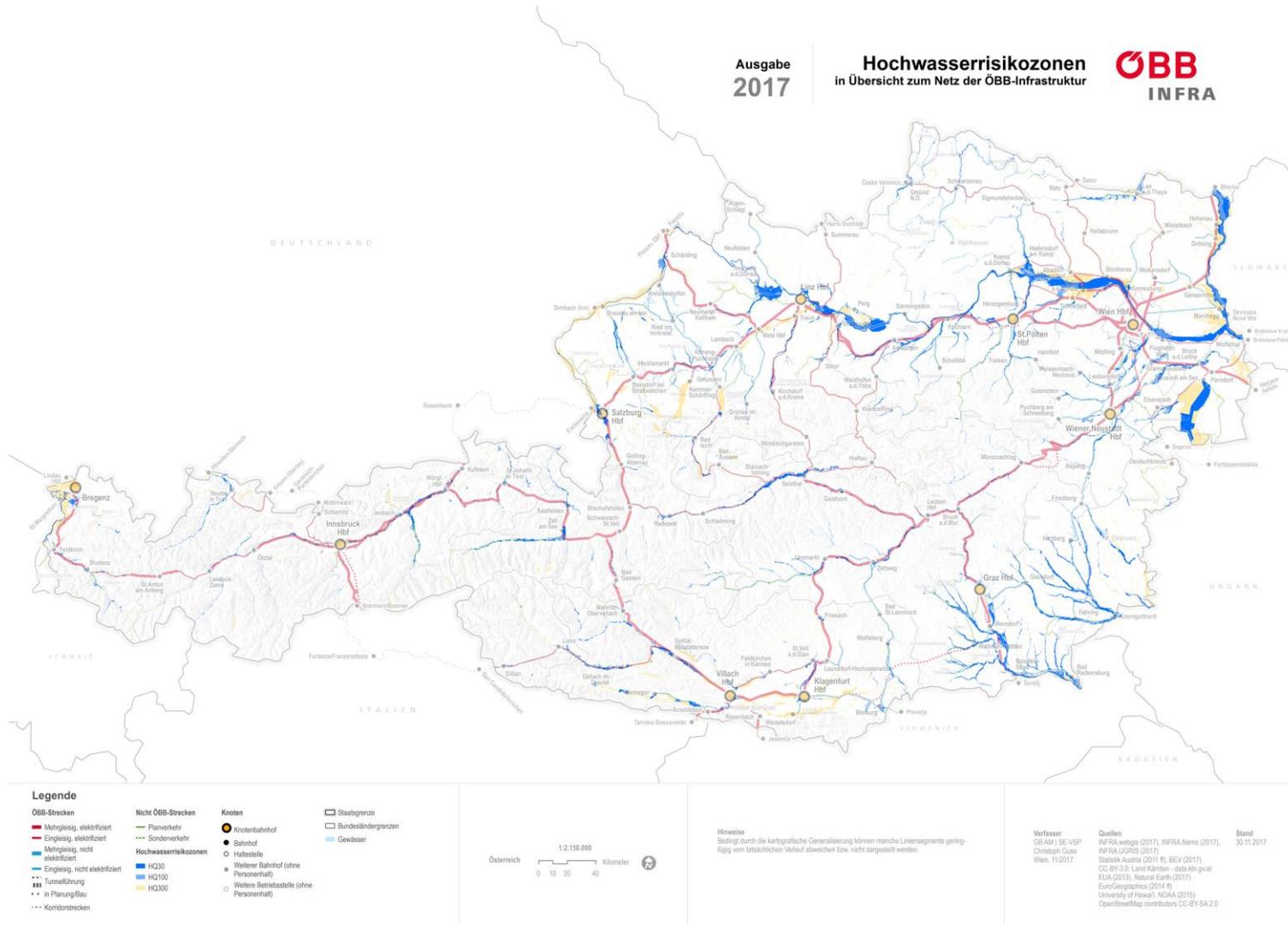


Abbildung 47: Netz der ÖBB und Hochwasserrisikobereiche  
Quelle: Guss, 2017



## **Lebenslauf Persönliche Daten**

Name DDipl.-Ing. Bernd Schweiger, BSc

Geburtstag 06.02.1986

Geburtsort Rottenmann

Land Steiermark

Staatsbürgerschaft Österreich

Familienstand verheiratet, 2 Kinder

Universität Technische Universität Wien

Universität für Bodenkultur

## **Ausbildung**

2/2005 Lehrabschluss

Elektromaschinentechner

9/2006 Dienstprüfung Wagenmeister ÖBB

3/2009 Berufsreifeprüfung

10/2016 Abgeschlossenes Studium der

Landschaftsplanung und -architektur

3/2018 Abgeschlossenes Studium der

Raumplanung und Raumordnung

## **Beruflicher Werdegang**

Werkmann bei ÖBB TS GmbH

Wagenmeister bei ÖBB Produktion GmbH

Verkehrssystemplaner bei ÖBB Infrastruktur AG

Großraming

Februar 2018