

EIN ANPASSUNGSFAHRPLAN FÜR DIE ÖSTERREICHISCHE STRASSENVERKEHRSINFRASTRUKTUR

Martin König
Brigitte Wolkingner
Birgit Bednar-Friedl
Astrid Felderer

REPORT
REP-0495

Wien 2014

Projektleitung

Birgit Bednar-Friedl (Wegener-Zentrum für Klima und globalen Wandel, Universität Graz)

AutorInnen

Martin König

Brigitte Wolkingner (Wegener-Zentrum für Klima und globalen Wandel, Universität Graz)

Birgit Bednar-Friedl (Wegener-Zentrum für Klima und globalen Wandel, Universität Graz)

Astrid Felderer

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Lisa Riss

GIS-Arbeiten

Ivo Offenthaler, Martin Hölzl

Das Projektteam dankt allen ExpertInnen, die im Laufe des Projektes vor allem zu den technischen Anpassungsmaßnahmen befragt wurden. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Andreas Schindlmayr/geo2, der mit der Gefahrenhinweiskarte Hangrutschungen Feldbach bzw. Steiermark wesentlich zur Visualisierung eines wichtigen Schadensparameters beigetragen hat.

Die Grundlagen dieser Publikation wurden im Rahmen des KLIEN/ACRP-Projektes adapt2to4 erarbeitet. Das Projektteam dankt dem Klima- und Energiefonds für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf CO₂-neutralem 100 % Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2014

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-305-9

VORWORT

Der Umgang mit Naturgefahren stellt seit jeher eine Herausforderung für Siedlungen und Infrastrukturen, und damit für unsere soziale und ökonomische Entwicklung, dar. Nach Aufzeichnungen der großen Rückversicherungsunternehmen steigen diese Schäden weltweit mit einem bemerkenswert konstanten Trend. Bedingt durch die Katastrophe in Fukushima war 2012 das weltweit bislang „teuerste“ Jahr. Das Weltwirtschaftsforum zählt in seiner Global Risk Map die Gefahren durch mangelnde Minderung der Treibhausgasemissionen und durch Naturkatastrophen zu den dringendsten Herausforderungen für die Wirtschaft.

Inspiziert durch Untersuchungen in Nordamerika, Australien und Neuseeland hat die Europäische Kommission 2009 die beiden Forschungsprojekte WEATHER (Weather Extremes: Impacts on Transport Systems and Hazards for European Regions; DOLL et al. 2011) und EWENT (Extreme weather impacts on European networks of transport) ins Leben gerufen. Darin werden die Schäden durch Extremwetterereignisse für die europäischen Verkehrssysteme mit 2,5 bis 25 Mrd. Euro jährlich angegeben. Die enorme Bandbreite lässt sich im Wesentlichen durch abweichende Definitionen des Terms „extrem“ begründen. Hydrologische Ereignisse und Winterbedingungen umfassen 90 % der Schäden, wovon wiederum knapp die Hälfte auf Infrastrukturschäden entfällt. In den Projekten wurden Gebirgs- und Küstenregionen als besonders gefährdete Regionen ermittelt. Damit fällt Österreich in die höchste Risikokategorie, was jedoch durch den hohen Standard der Verkehrswege und deren Betrieb zum Teil ausgeglichen wird.

Mitteleuropa war innerhalb von nur 11 Jahren mit dem jüngsten Hochwasser Ende Mai/Anfang Juni 2013 bereits zum zweiten Mal von einer Jahrhundertflut betroffen. Die Ostküste der Vereinigten Staaten von Amerika wird in steter Regelmäßigkeit durch Sturmfluten heimgesucht. Der Schluss liegt also nahe, die wachsenden Schäden durch Naturkatastrophen den Folgen des Klimawandels zuzuschreiben. Dies ist jedoch nur zu einem geringen Teil der Fall. Bedeutsam sind vielmehr bessere Erfassungsmethoden von Schäden, eine rasant wachsende Akkumulation höherer Werte sowie riskantere Bauweisen. Insofern kann sich eine vorausschauende Strategie zur Verminderung naturbedingter Risiken durchaus am heutigen Risikospektrum orientieren. Ein Vertagen von Entscheidungen zu Anpassungsmaßnahmen aufgrund unzureichend genauer Prognosedaten ist damit kaum zu rechtfertigen.

Es ist jedoch zu beachten, dass heutige Investitionsentscheidungen im Verkehr die Infrastrukturlandschaft am Ende unseres Jahrhunderts bestimmen werden. Bei der Änderung von Normen und Standards der Verkehrsplanung sind deshalb die verfügbaren Projektionen zu Klima- und Wetteränderungen – so vage diese auch sein mögen – zu berücksichtigen.

Nach den strategischen, internationalen und multi-modalen Forschungsprojekten, gefördert durch die Europäische Union, liegt nun der Ball im Spielfeld der Mitgliedstaaten und Verkehrsnetzbetreiber. Der vorliegende Anpassungsfahrplan adapt2to4 greift dies auf und berührt damit ein hochaktuelles und ökonomisch sehr relevantes Themenfeld. Die praxisnahe Ausarbeitung von Handlungsoptionen und deren zeitliche Einordnung könnten durchaus als Blaupause für andere Regionen dienen. Dies würde den so notwendigen internationalen Erfahrungsaustausch wesentlich bereichern.

Claus Doll, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISIKoordinator des EU-Projektes WEATHER (Weather Extremes: Impact on Transport Systems and Hazards for European Regions)

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	3
ZUSAMMENFASSUNG	7
1 EINLEITUNG	9
2 DER ANPASSUNGSPFAD IM ZEITLICHEN VERLAUF	10
2.1 Schaffung der Datengrundlage und Reduzierung des aktuellen Anpassungsdefizits	10
2.2 Den Klimawandel mitdenken bei Neubau und Unterhalt	12
2.3 Dekonstruktion und Neubaumaßnahmen zuletzt	12
3 VORSTELLUNG DER SECHS MASSNAHMENPROGRAMME	13
3.1 Programm 1: Datenbasis und Planungsinstrumente („data base and planning instruments“)	13
3.1.1 Maßnahmenempfehlung 1.1: Abschätzung indirekter Effekte von Straßenunterbrechungen	13
3.1.2 Maßnahmenempfehlung 1.2: Bundesweite Gefahrenhinweiskarten für gravitative Naturgefahrenprozesse	15
3.1.3 Maßnahmenempfehlung 1.3: Bundesweite Gefahrenhinweiskarten für sturmanfällige Waldbereiche entlang von Straßentrassen	18
3.1.4 Maßnahmenempfehlung 1.4: Bestandsaufnahme besonders hitzesensitiver Straßenabschnitte (u. a. Betonplatten auf Bundesautobahnen)	18
3.1.5 Maßnahmenempfehlung 1.5: Zugänglichmachen des bundesweiten Brückenverzeichnisses für alle Straßenbrücken inkl. max. Durchflussangaben	18
3.1.6 Maßnahmenempfehlung 1.6: Bundesweites Schadensregister für Schäden an der Infrastruktur	19
3.1.7 Maßnahmenempfehlung 1.7: Anpassung der in den Bebauungsplänen ausgewiesenen Risikozonen und allgemeine Maßnahmen der Raumordnung	20
3.1.8 Maßnahmenempfehlung 1.8: Planung und Verbesserung von Kommunikationsplänen bei Straßenunterbrechungen	20
3.1.9 Maßnahmenempfehlung 1.9: Hochwasserfrühwarnung, Lücken im österreichischen Netz	20
3.1.10 Produkte von Programm 1 (als Basis für die Programme 2 bis 6):	21
3.2 Programm 2: Verkehrsreduktion und Verkehrsmanagement („logistics and management“)	21
3.2.1 Maßnahmenempfehlung 2.1: Ausbau des Öffentlichen Verkehrs zur Entlastung der Straßenverkehrsinfrastruktur	21
3.2.2 Maßnahmenempfehlung 2.2: Rasche „Mode Switches“ (Straße/Bahn – Bahn/Straße) und Notfallpläne bei Unterbrechungen	22
3.2.3 Maßnahmenempfehlung 2.3: Umleitungsmanagement zur Vermeidung großer Zeitverluste	22

3.3	Programm 3: Berücksichtigung des Klimawandels beim Straßenunterhalt und -neubau („mainstreaming in maintenance“)	23
3.3.1	Maßnahmenempfehlung 3.1: Rückbau/nachhaltige Sanierung von Betonplattenabschnitten	23
3.3.2	Maßnahmenempfehlung 3.2: Hitzeresistentere Straßenbeläge	23
3.3.3	Maßnahmenempfehlung 3.3: Wartung und Anpassung von Abflusssystemen bei Straßen und Tunnels	24
3.3.4	Maßnahmenempfehlung 3.4: Durchführung von Grün- und Gehölzpflege entlang von Straßen	24
3.3.5	Maßnahmenempfehlung 3.5: Erhöhung der Wartungsaktivitäten auf der Straße	25
3.4	Programm 4: Neuinvestition in Schutzmaßnahmen (Massenbewegungen) („mass movement protection“)	25
3.4.1	Maßnahmenempfehlung 4.1: Sicherstellung eines dauerhaft funktionsfähigen Schutzwaldes	26
3.4.2	Maßnahmenempfehlung 4.2: Regulierung des Hangwasserhaushaltes	27
3.4.3	Maßnahmenempfehlung 4.3: Technische Schutzmaßnahmen gegen Massenbewegungen	28
3.4.4	Maßnahmenempfehlung 4.4: Schutzverbauungen für den Straßenkörper	28
3.5	Programm 5: Punktuelle Neuauslegung der Straßeninfrastruktur (inbes. Brücken) („flood protection including co-benefits“)	28
3.5.1	Maßnahmenempfehlung 5.1: Erhöhung der Bemessungsgrenzen für den Durchfluss durch Brückenquerschnitte	29
3.5.2	Maßnahmenempfehlung 5.2: Brückenpfeileranpassungen	29
3.6	Programm 6: Ausbau und Rückbau von Straßeninfrastrukturen	30
3.6.1	Maßnahmenempfehlung 6.1: Absiedelung und Rückbau von extrem wartungsintensiven/schwach frequentierten Zufahrtsstraßen	30
3.6.2	Maßnahmenempfehlung 6.2: für einzelne oft betroffene/schwer zu sichernde/stark frequentierte „Arterienverbindungen“ Schaffung von neuen Ausweichrouten bzw. von kleinräumigen Umfahrungen	30
4	LITERATURVERZEICHNIS	31

ZUSAMMENFASSUNG

Die Schäden an der Verkehrsinfrastruktur sind bereits heute klar ersichtlich. Wohl fast jede/r hat schon unterspülte Straßen, beschädigte Brücken, durch Muren, Hangrutschungen oder Unterspülungen verschüttete bzw. unterminierte Straßenabschnitte gesehen bzw. entsprechende Umleitungen und Wartezeiten in Kauf nehmen müssen.

Sowohl der weitere Ausbau des Straßennetzes als auch der Klimawandel sind maßgeblich für diese Entwicklung verantwortlich. Das KLIEN/ACRP-finanzierte Projekt adapt2to4 hat Straßenschäden und deren volkswirtschaftliche Effekte analysiert. Darauf aufbauend wurden Anpassungsoptionen entwickelt, die auf ökonomische Effekte abzielen und darüber hinaus im Zuge einer einfachen Multikriterienanalyse weiter priorisiert wurden.

Der vorliegende Anpassungsfahrplan für die Straßenverkehrsinfrastruktur ist ein daraus abgeleitetes Produkt. Er zeigt 25 konkrete Maßnahmen auf, die die Resilienz der Straßenverkehrsinfrastruktur gegenüber Extremereignissen erhöhen können. Um diese Maßnahmenempfehlungen in die Praxis umzusetzen, ist eine Chronologie im Sinne eines Fahrplanes erforderlich, die es Verantwortlichen und Entscheidungsträgerinnen/-trägern ermöglicht, sich rasch eine Übersicht über jetzt zu treffende Maßnahmen sowie künftig mitzudenkende Handlungsoptionen zu verschaffen.

Dies ist auch deshalb wichtig, da Straßen meist über lange Zeiträume abgeschrieben werden und damit langfristige Infrastrukturen darstellen.

Die sechs Programme mit ihren insgesamt 25 Maßnahmen stellen daher einen chronologischen Anpassungspfad dar, dessen Grundgedanke es ist,

1. zunächst die (noch fehlenden) Planungsgrundlagen und Instrumente für die Anpassung zu schaffen,
2. danach die Anpassung in den Straßenunterhalt und -neubau einfließen zu lassen („Mainstreaming“),
3. Investitionen in Schutzmaßnahmen zu tätigen, die das bereits bestehende Risiko widerspiegeln und damit derzeitige Schäden zu reduzieren („Anpassungsdefizit“) und zuletzt
4. mögliche künftige Risiken ins Auge zu fassen und sehr genau abzuwägen, welche der in diesem Fall investitionsintensiven Maßnahmen getroffen werden sollen.

1 EINLEITUNG

EISENACK et al. (2011) haben in einem ausführlichen Literatur-Review über 60 Quellen zur Klimawandelanpassung im Bereich Transport untersucht. Sie weisen darauf hin, dass die Forschung in diesem Bereich noch in den Kinderschuhen steckt, dass sie über viele AutorInnen und Journale gestreut ist und dass Anpassungsmaßnahmen meist unspezifisch beschrieben werden. Es besteht somit ein Bedarf, vor allem institutionelle Regeln und Anpassungsmaßnahmen zu konkretisieren, um Verantwortlichkeiten zu klären und entsprechende Entscheidungen besser und schneller herbeiführen zu können. Um einen besseren Überblick über die Fülle von möglichen Maßnahmen zu bekommen ist eine Kategorisierung zweckmäßig.

**konkrete
Anpassungsmaß-
nahmen erforderlich**

Die in der Literatur identifizierten Kategorien umfassen vorwiegend technische und institutionelle Maßnahmen sowie die Bereiche Wissen und Sonstiges. Während technische Maßnahmen konkret beschrieben werden können (z. B. Klimaanlagen in Fahrzeugen), betreffen institutionelle Maßnahmen etwa die öffentlichen und privaten Rahmenbedingungen für Investitionen und Verkehrsplanung oder die Veränderung technischer Standards. Die Kategorie Wissen beschreibt die Sammlung und Bereitstellung von Daten und die Erstellung von Gefährdungs- oder Einsatzplänen. Verhaltensänderungen oder etwa ein Modal Switch werden unter der restlichen Kategorie subsumiert (EISENACK et al. 2011).

**identifizierte Maß-
nahmenkategorien**

Eine feinere Gliederung der im Rahmen des WEATHER-Projekts gesammelten Anpassungsmaßnahmen im Bereich Verkehr findet sich in DOLL et al. (2011): Neben verkehrs- und raumplanerischen Maßnahmen werden die Kategorien Infrastrukturmaßnahmen, Fahrzeugtechnologien und „service operations“ angeführt.

Die Zuordnung von Maßnahmen in die genannten Kategorien geht weitgehend von einer verkehrsplanerischen Perspektive aus. Um ein rasches Handeln für die EntscheidungsträgerInnen zu ermöglichen, sind jedoch andere Kategorisierungen, die Kriterien wie Kosten, Flexibilität und die rasche Umsetzbarkeit berücksichtigen, zweckmäßiger.

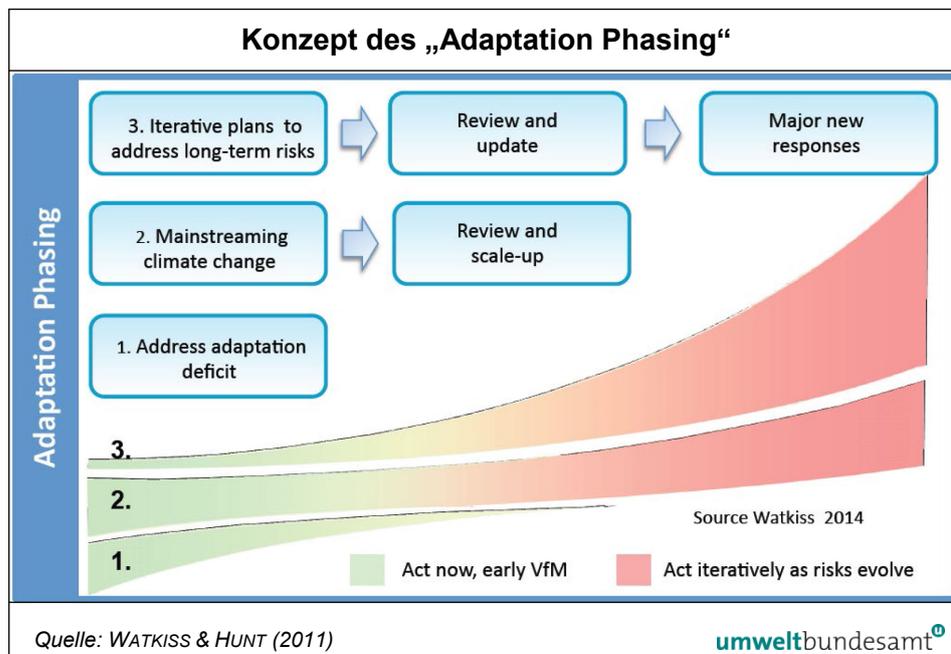
Die im Projekt adapt2to4 aus der Literatur und ihm Rahmen von ExpertInnen-gesprächen entwickelten Maßnahmen wurden in 6 Programme mit zeitlich logischer Abfolge – entsprechend den anderen, die verkehrstechnische Kategorisierung ergänzenden, Kriterien – eingeteilt (siehe Abbildung 2).

2 DER ANPASSUNGSPFAD IM ZEITLICHEN VERLAUF

Konzept des Adaptation Phasing

Die Chronologie der sechs Programme ergibt sich aus dem Konzept des „Adaptation Phasing“ (WATKISS & HUNT 2011), welches für die Straßeninfrastruktur vereinfacht Folgendes besagt: Die Unsicherheiten insbesondere hinsichtlich der Schaden auslösenden starken und extremen Niederschlagsereignisse sollten insofern berücksichtigt werden, dass der Schwerpunkt zunächst nur auf die Reduktion der bereits bestehenden Gefahren und Risiken gelegt wird und parallel dazu ein Prozess des „Mainstreamings“ (vgl. Erläuterung unten) einsetzt, der ggf. jederzeit erweitert werden kann. Harte und oftmals auch besonders investitionsintensive Maßnahmen und Programme können hingegen nur langfristig angegangen werden, da hier zunächst die Unsicherheiten bzgl. der zu erwartenden Naturgefahrenlage/des Klimawandels zu reduzieren sind. Darüber hinaus können solche Programme nur nach intensiver Vorbereitung und partizipativen Prozessen aller Beteiligten durchgeführt werden.

Abbildung 1:
Konzept des
„Adaptation Phasing“.



2.1 Schaffung der Datengrundlage und Reduzierung des aktuellen Anpassungsdefizits

Zunächst sollten auf Basis der Schadensanalyse diejenigen Maßnahmen gesetzt werden, die unmittelbar der bestehenden Gefährdungslage (i. e. dem Anpassungsdefizit) Rechnung tragen und somit die unmittelbaren Risiken reduzieren bzw. die Grundlagen schaffen, dies zu tun.

Massenbewegungen und Windwurf

Bezogen auf das österreichische Straßennetz sind dies zum Beispiel Schäden durch Massenbewegungen (insbesondere Hangrutschungen und Vermurungen), Unterspülungen bei Hochwasser und Unterbrechungen durch Windwurf. Daher

leitet sich die Notwendigkeit ab, insbesondere die Gefahrenpotenziale für Massenbewegungen und Windwurf besser abschätzen zu können. Insbesondere für Hangrutschungen ist es wesentlich, Gefahrenpotenziale abzuschätzen. Daher wurde im Rahmen von adapt2to4 eine Gefahrenhinweiskarte für Hangrutschungen (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6) für das Bundesland Steiermark erarbeitet, die für künftige Trassenplanungen eine wertvolle Informationsbasis darstellt (SCHINDLMAYR 2014).

Maßnahmen zum Schutz des Straßennetzes vor Massenbewegungen bilden daher in Programm 4 den Schwerpunkt. Sie umfassen tatsächliche Investitionen in die Resilienz des Straßennetzes. Voraussetzung ist jedoch die Daten- und Gefährdungslagenbasis, die in Programm 1 erstellt wird.

In den Kostenszenarien hat sich gezeigt, dass der Großteil der klimabedingten Kosten nicht durch ein (zumindest durchschnittliches) Klimaszenario bewirkt wird, sondern dass die Erweiterung des Straßennetzes eine wesentlichere Steuerungsgröße ist. Daher werden in Programm 2 Maßnahmen in den Mittelpunkt gestellt, die den Straßenneubau hintan halten.

Die ersten vier Programme zielen somit auf die Reduzierung des aktuellen Anpassungsdefizits bzw. der aktuellen wetterbedingten Risiken für die Straßeninfrastruktur und stehen daher zeitlich am Beginn des Anpassungspfades (siehe Abbildung 2).

**geringerer
Straßenneubau**

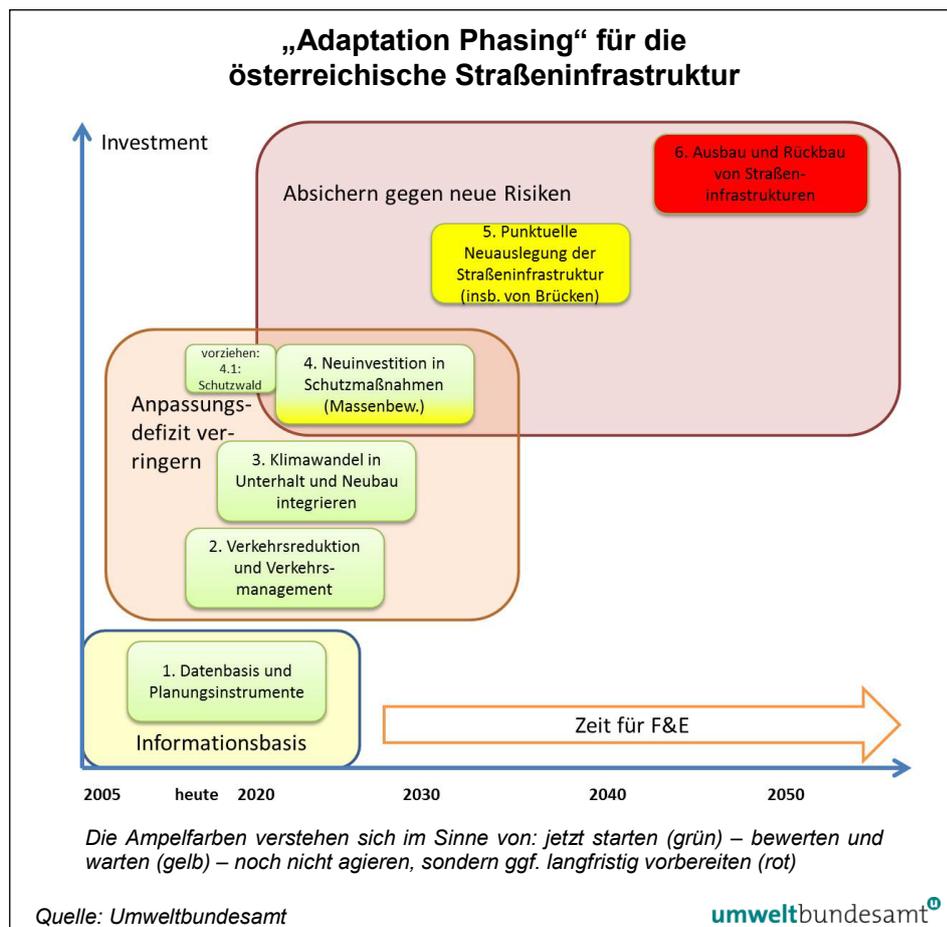


Abbildung 2: „Adaptation Phasing“ für die österreichische Straßeninfrastruktur.

2.2 Den Klimawandel mitdenken bei Neubau und Unterhalt

Adaptation Mainstreaming

Ebenfalls früh einsetzen sollte die Berücksichtigung des Klimawandels bei Straßenerhaltungsmaßnahmen, Erneuerungsarbeiten und insbesondere bei Straßenneubauten. Hier gilt es – ebenfalls auf Basis der Informationsgrundlagen aus Programm 1 – Temperaturerhöhungen und Zunahmen von Extremniederschlagsereignissen bzw. Gefahrenpotenziale für Massenbewegungen und Hochwässer einzubeziehen („Adaptation Mainstreaming“). Das betrifft sowohl Erneuerungsarbeiten am Straßenbelag, bei denen fallweise hitzeschadensanfällige Abschnitte (klar erkennbar entweder durch sommerliche Spurrillenbildung oder meist früh-sommerliche Schäden an den Betonplattenabschnitten) durch hitzebeständigere Beläge ausgetauscht werden sollten (Betonplattenabschnitte auf den Bundesautobahnen stellen generell ein Verkehrssicherheitsproblem dar, jedoch ist ihr Austausch mit hohen Kosten verbunden) als auch generell den Straßenneubau.

Unter „Mainstreaming“ fallen auch die Pflege bzw. regelmäßige Instandsetzung des Straßenbegleitgrüns (Windwurfgefahr) bzw. der Entwässerungssysteme/Kanalisation (Hochwasser) sowie ggf. in einigen Bereichen die generelle Erhöhung der Wartungsaktivitäten am Straßenkörper selbst.

Die dadurch bedingte Kostensteigerung ist durchaus signifikant, jedoch ist zu erwarten, dass der Nutzen die Kosten, etwa durch Überflutungen/Unterspülungen und Windwurf, deutlich übersteigt.

2.3 Dekonstruktion und Neubaumaßnahmen zuletzt

Bau von „Bypässen“

Nachteile von alpinen Rückbauten

Ein investitionsintensives und hinsichtlich der zu treffenden Entscheidungen hartes Maßnahmenprogramm für langfristige Risiken bedarf der intensiven iterativen Vorbereitung aller Betroffenen. Darunter ist der gezielte Neubau von „Redundanzstraßen(abschnitten)“ zu zählen, der häufig gesperrte Straßenabschnitte (v. a. auf „Arterienverbindungen“) entlasten soll – im Sinne eines Bypass. Dies widerspricht zum einen dem notwendigen Paradigmenwechsel des Verzichts auf Straßenneubau und ist andererseits teuer und zwangsläufig mit Umweltfolgen verbunden. Ebenso Vorsicht geboten ist beim Rückbau und der damit verknüpften Absiedelung von Personen aus einigen alpinen Hochtälern. Zwar sind bereits jetzt die oft jährlichen Instandsetzungs- und Reparaturarbeiten (bis hin zum Neubau ganzer Abschnitte und v. a. Brücken) sehr kostenintensiv, doch sind auch die Rückbau- und Absiedelungsprozesse teuer und vor allem für die betroffene Bevölkerung und die Landnutzung (Almenbewirtschaftung) oft mit enormen Verlusten verbunden.

gesicherte Datengrundlagen

Bei der Investition in solche harten Maßnahmen ist daher eine gesicherte Datengrundlage zu Schäden und Schadenstrends unabdingbar. Hierfür können auch aufwendige Entscheidungsfindungsmethoden Anwendung finden (z. B. Real Options Analysis, Portfolio Analysis und Robust Decision Making).

Wesentlich ist und bleibt: Im Alpenraum hat Österreich einen hohen Schutzstandard. Diesen gilt es im Klimawandel mit all seinen Herausforderungen zu erhalten. Ein Restrisiko für die Unterbrechung der Verkehrsinfrastruktur wird immer bleiben und kann gerade im alpinen und voralpinen Terrain nicht vermieden werden.

3 VORSTELLUNG DER SECHS MASSNAHMENPROGRAMME

Die sechs im Folgenden vorgestellten Maßnahmenprogramme zielen darauf ab, sowohl die direkten als auch die indirekten Klimafolgekosten hinten zu halten. Dabei wurden nach Maßgabe des „Adaptation Phasing“ zunächst grundlegende und Informationsbasis-schaffende Maßnahmen vorangestellt und danach Mainstreaming-Maßnahmen sowie Maßnahmen zur Abmilderung des dzt. Anpassungsdefizits bzw. der daraus entstehenden Schadenskosten gereiht. Erst zuletzt im zeitlichen Ablauf sind investitionsintensive Maßnahmen zur Bewältigung der teils noch unsicheren zukünftigen Klimarisiken sinnvoll und notwendig.

3.1 Programm 1: Datenbasis und Planungsinstrumente („data base and planning instruments“)

Programm 1 hat hohe Priorität und sollte möglichst rasch in die Umsetzung gehen. Damit werden wesentliche Grundlagen für eine zielgerichtete Anpassung der Straßeninfrastruktur geschaffen. Nur mit den entsprechenden Planungsinstrumenten (z. B. Gefahrenhinweiskarten für Massenbewegungen oder verkehrsmodellierte Kalkulation von Umfahrungszeiten bei Streckensperrungen) können einerseits das derzeitige Straßennetz an die stärkere Beanspruchung durch Klimawandel/Extremereignisse angepasst werden und andererseits die Trassenplanungen für künftige Straßenbauvorhaben sinnvoll durchgeführt werden. Somit werden durch die im Folgenden beschriebenen Datengrundlagen und Planungsinstrumente auch lokale/regionale Investitionsschwerpunkte für Schutz- und Anpassungsmaßnahmen ableitbar.

***Datengrundlagen
als Basis für
Maßnahmen***

Programm 1 ist insgesamt nicht besonders investitionsintensiv, da es keine baulichen Maßnahmen umfasst. Trotzdem müssen für die entsprechenden Planungsgrundlagen in jedem Fall Forschungsmittel und Herstellungskosten bereitgestellt werden.

3.1.1 Maßnahmenempfehlung 1.1: Abschätzung indirekter Effekte von Straßenunterbrechungen

Auf Basis der bisher vorliegenden Straßenschäden für die Bundesländer Steiermark und Salzburg (eingeschränkt auch für Tirol und Vorarlberg) können klassifizierte Schadensschwerpunkte bestimmt werden, die bereits heute zu Problemen führen (siehe Abbildung 3 für Steiermark und Abbildung 4 für Salzburg).

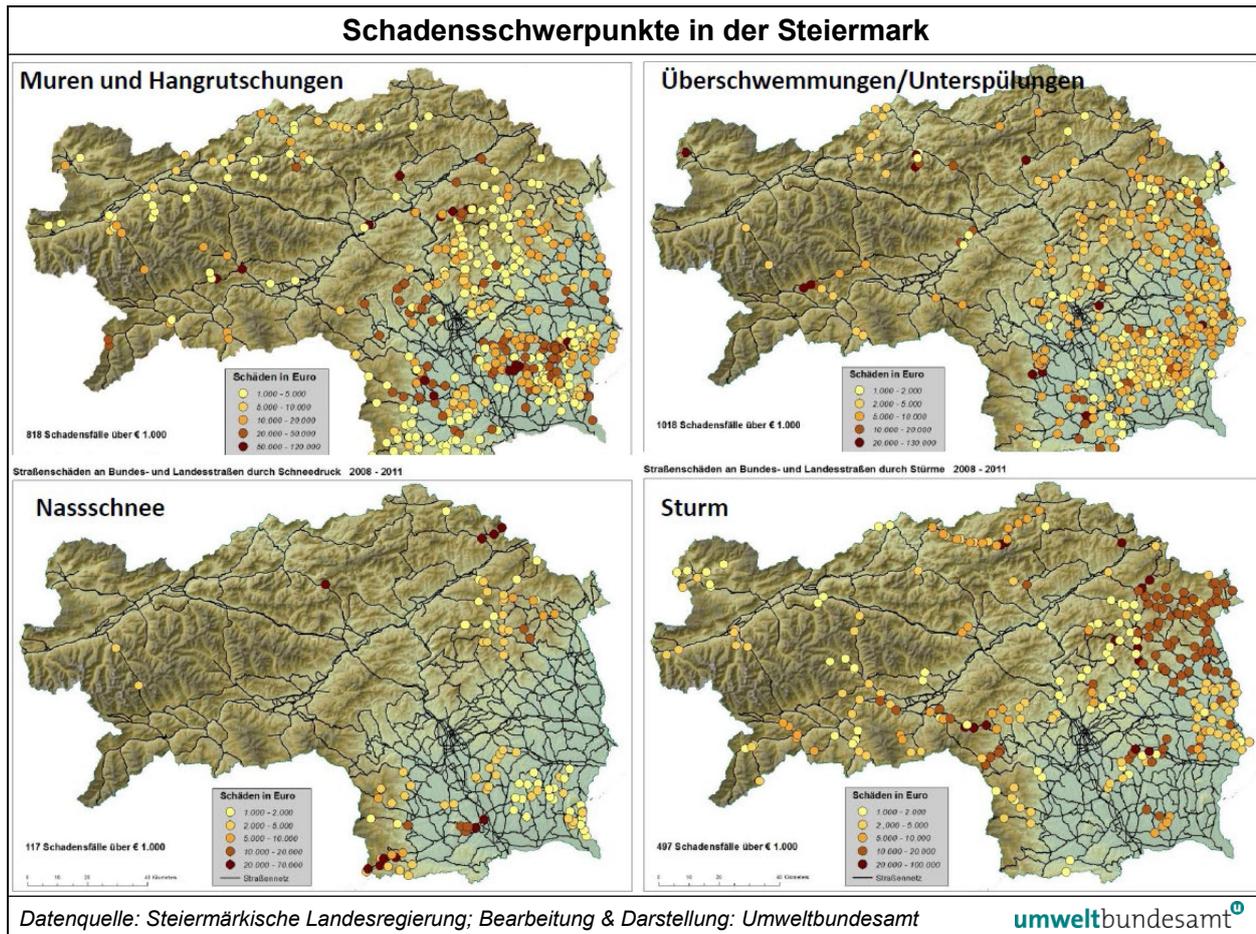


Abbildung 3: Schadensschwerpunkte in der Steiermark (Daten von 2008 bis 2011, Schäden > 1.000 €). Muren vorwiegend im alpinen Relief, Hangrutschungen vorwiegend im Flach- und Hügelland.

Umfahrungszeiten für „Arterienverbindungen“

Weitere Untersuchungen zu indirekten Folgewirkungen von Straßenschäden müssen anhand von Verkehrsmodellen durchgeführt werden. Dabei sollten vor allem Zeitverluste und etwaige Produktionsunterbrechungen für just-in-time-Produktionen untersucht werden. Besonders wesentlich wird in jedem Fall die Betrachtung von „Arterienverbindungen“ sein – Straßenverbindungen, die nur schwer bzw. mit großem Zeitverlust/Zusatzkosten umfahren werden können. Eine verkehrsmodellerte Darstellung der exakten Umfahrungszeiten für solche als „Arterienverbindungen“ erkannten Straßen wäre wesentlich zur Abschätzung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses investitionsintensiver Schutz- und Anpassungsmaßnahmen (vgl. Programme 4–6).

Kernnetz und Ausweichrouten

Außerdem ist es wesentlich, eine Ausweisung des Kernnetzes zur Versorgung von Gemeinden vorzunehmen und – wo möglich – auch Ersatzstraßen (in den meisten Fällen Forststraßen oder landwirtschaftliche Wege) zwecks Versorgung im Unterbrechungs- bzw. Notfall auszuweisen. Eine GIS-basierte Darstellung des Kernnetzes und möglicher Ausweichrouten (abseits des eigentlichen Verkehrsnetzes) für die Grundversorgung der Bevölkerung ist eine wichtige Grundlage für die Verkehrsplanung – gerade im Unterbrechungs- und Notfall.

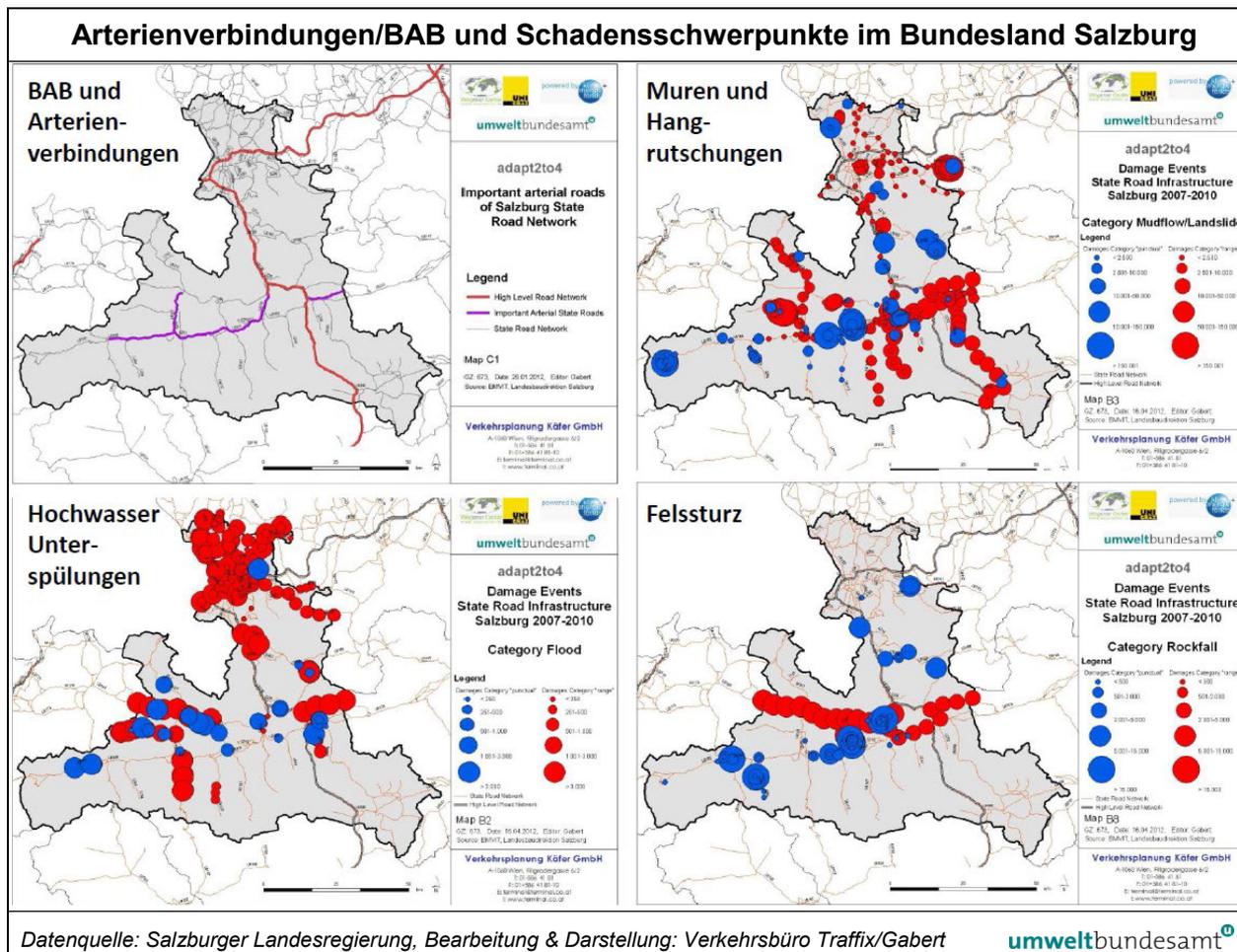


Abbildung 4: Arterienverbindungen/BAB und Schadensschwerpunkte im Bundesland Salzburg (Daten von 2007 bis 2011).

Umsetzungsträger: BMVIT/ASFINAG und Länder beauftragen Verkehrsplanungsbüros o. A.

Bezug zur KWAS¹: Sicherung eines funktionsfähigen Verkehrssystems

3.1.2 Maßnahmenempfehlung 1.2: Bundesweite Gefahrenhinweiskarten für gravitative Naturgefahrenprozesse

Die Auswertung der Straßenschäden für Salzburg und die Steiermark in adapt2to4 hat gezeigt, dass Massenbewegungen (v. a. Hangrutschungen und Muren) zu den teuersten und dauerhaftesten Unterbrechungen führen. Daher sollten flächendeckend Gefahrenhinweiskarten für Hangrutschungen und Muren als planerische Grundlage für Erhaltungs-/Schutzmaßnahmen und Neubau vorliegen. Für die Steiermark wurde im Zuge von adapt2to4 eine entsprechende Gefahrenhinweiskarte für Hangrutschungen erstellt (siehe Abbildung 5) (SCHINDLMAYR 2014). Ebenso wurden im Auftrag der jeweiligen Landesregierung

Hangrutschungen und Muren

¹ nationale Klimawandelanpassungsstrategie

gen für Niederösterreich (POMAROLI et al. 2011, PETSCHKO et al. 2013) und das Burgenland (u. a. LEOPOLD & ZINGGL 2013) Gefahrenhinweiskarten für Rutschungen erstellt. Gefahrenhinweiskarten für Hangrutschungen auf Basis der geologischen Karten im Maßstab 1:200 000 (1:50 000 ist noch nicht flächendeckend vorhanden), so wie es die vorliegende Gefahrenhinweiskarte von SCHINDLMAYR (2014) darstellt, sind für liniengebundene Infrastrukturen und vor allem für die Evaluierung von Trassenalternativen bei Neubauvorhaben eine wesentliche Entscheidungshilfe.

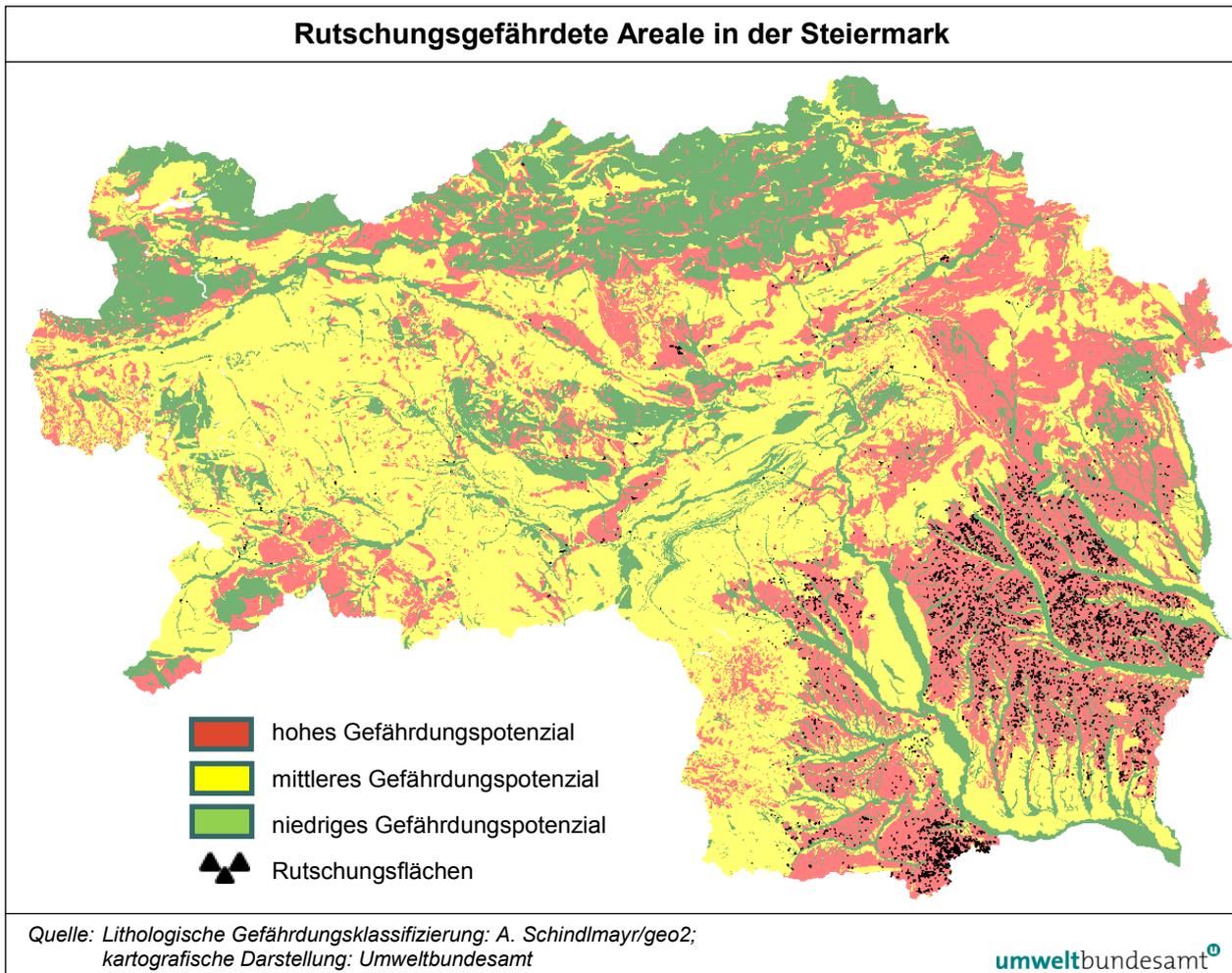


Abbildung 5: Rutschungsgefährdete Areale in der Steiermark. Schwarz dargestellt sind die Rutschungsflächen aus GIS Steiermark.

Dabei geht es nicht um eine parzellenscharfe Darstellung der Hangrutschungsgefahr sondern vielmehr um eine Überblicksdarstellung, die etwa bei der Trassenwahl klare Hinweise zur besten Variante liefert.

Entsprechende Verschneidungen der Hangrutschungsgefährdung mit dem derzeitigen Straßennetz (siehe Abbildung 6) zeigen auf den ersten Blick kritische Straßenabschnitte, die potenziell durch Hangrutschungen gefährdet sein können. Dies bietet eine gute Basis für weitere detailliertere Gefahrenanalysen (inklusive Feldbegehungen/Lokalausgang), bei denen im Bedarfsfall die notwendigen Maßnahmen zur Hangstabilisierung sichtbar würden (CABINET OFFICE 2011).

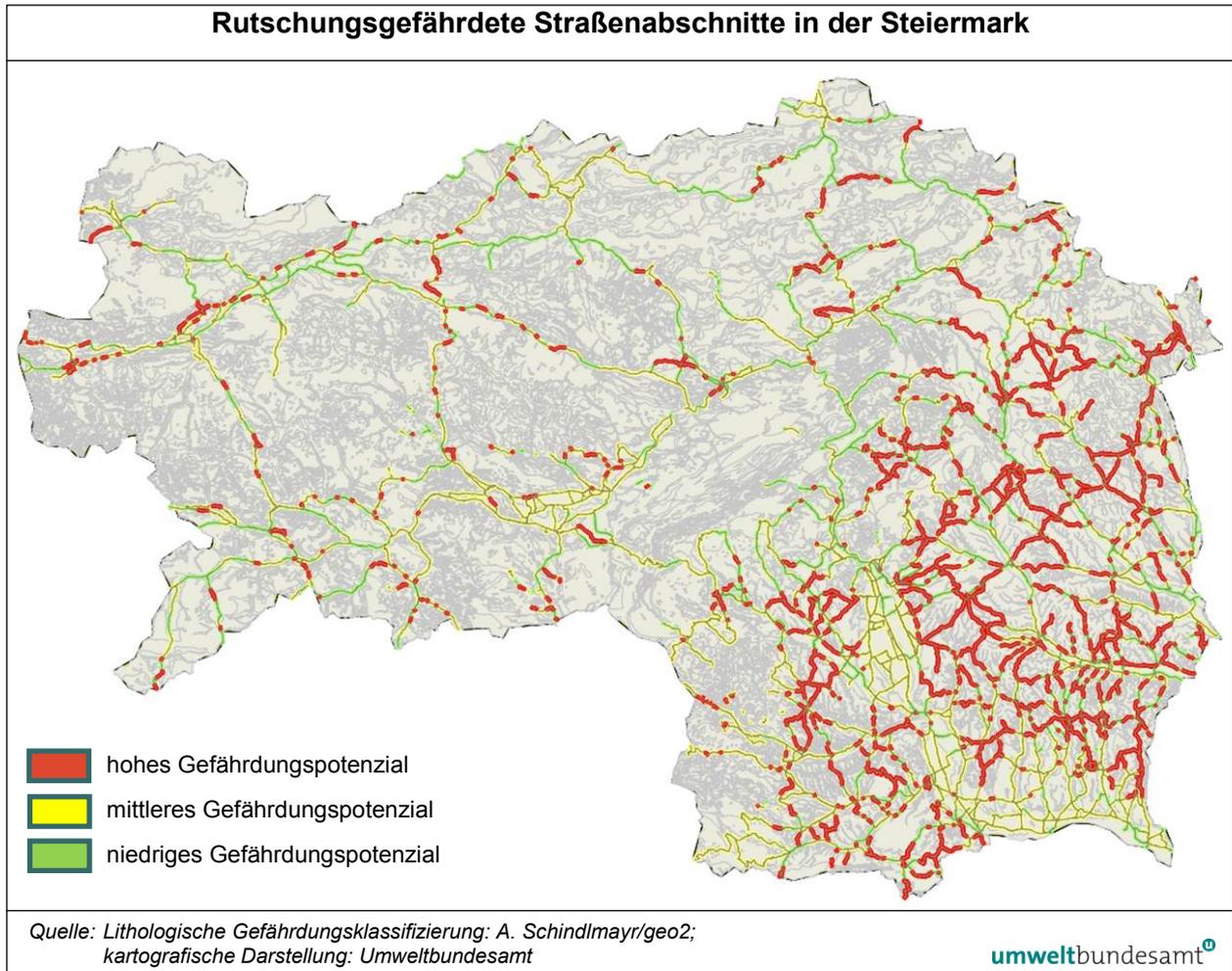


Abbildung 6: Rutschungsgefährdete Straßenabschnitte in der Steiermark..

Ebenfalls kritisch ist eine Ausweitung der Muranrissgebiete im Alpenraum, die vor allem durch Höherverlagerung der Permafrostgrenzen und Gletschereisrückzug entstehen. Auch hier sind prospektive Gefahrenhinweiskarten vor allem auch für die Gebiete abseits des Siedlungsraumes (für die es die Gefahrenhinweiskarten zumeist schon gibt) im Einzugsgebiet der liniengebundenen Infrastrukturen extrem wertvoll.

Gefährdung durch Muren

Umsetzungsträger: *Lebensministerium, Forschungseinrichtungen, Ingenieurbüros*

Bezug zur KWAS: *Weiterer Ausbau von Informations- und Frühwarnsystemen (Handlungsfeld Verkehrsinfrastruktur)*

3.1.3 Maßnahmenempfehlung 1.3: Bundesweite Gefahrenhinweiskarten für sturmanfällige Waldbereiche entlang von Straßentrassen

Verschneidung verschiedener GIS-Layer

Viele Streckenunterbrechungen werden durch Sturmereignisse und daraus resultierende Windwürfe verursacht. Gefahrenhinweiskarten für sturmbedingte Unterbrechungen können vereinfacht durch die Verschneidung von GIS-Layern wie Windgeschwindigkeitsdaten, Straßendaten und Landnutzungsklassifikation Wald/Forst erstellt werden. Die so gewonnenen Waldstraßenabschnitte mit hohen Windspitzen sind besonders gefährdet hinsichtlich sturmbedingter Unterbrechungen. (dazu kommen noch Brücken, die z. T. aus Sicherheitsgründen speziell für Wohnwagen und Lkw gesperrt werden müssen). Auf Basis dieser Grundlage können in weiteren Schritten Maßnahmen ergriffen werden, um mögliche Sturmschäden zu reduzieren bzw. zu vermeiden.

Sturmbedingte Schäden oder Gefahren für die Infrastruktur betreffen meist Schilder, Ampelanlagen, Leitplanken u. Ä. und nur sehr selten den Straßenkörper selbst. Insofern sind die direkten Schäden durch Sturm meistens gering. Folgekosten durch Unterbrechungen können jedoch signifikant sein.

Umsetzungsträger: *Lebensministerium, Forschungseinrichtungen, Ingenieurbüros*

Bezug zur KWAS: *Weiterer Ausbau von Informations- und Frühwarnsystemen (Handlungsfeld Verkehrsinfrastruktur)*

3.1.4 Maßnahmenempfehlung 1.4: Bestandsaufnahme besonders hitzesensitiver Straßenabschnitte (u. a. Betonplatten auf Bundesautobahnen)

Weitere Grundlagen müssten für die Beeinträchtigung der Mobilität und der Verkehrssicherheit durch hitzebedingte Schäden erstellt werden. Vielfach werden die Schäden nicht systematisch erfasst, obwohl hitzebedingte Schäden – gerade bei rascher Erwärmung im Frühjahr/Frühsummer eine ernste Gefahr darstellen (vgl. Schäden auf der A1 im Juni 2013). Dies betrifft dzt. weniger die Schäden an der Asphaltdecke (Spurrillen) als die durch Hebung/Senkung bedingten Schäden auf Betonplattenabschnitten. Hier sollten zum einen Schadensdaten zur Verfügung gestellt werden bzw. in einem weiteren Schritt die betonierten Straßenabschnitte (am besten kartografisch) erfasst werden.

Umsetzungsträger: *BMVIT/ASFINAG, Länder*

3.1.5 Maßnahmenempfehlung 1.5: Zugänglichmachen des bundesweiten Brückenverzeichnisses für alle Straßenbrücken inkl. max. Durchflussangaben

Rückstau- und Überflutungsgefahr

Brückenabschnitte mit geringem Durchfluss sind besonders sensitive Straßenabschnitte – sowohl die Brücken selbst als auch die Straßenabschnitte oberhalb unzureichend bemessener Brücken. Einerseits wegen der Rückstaugefährdung und somit Überflutung von Straßenabschnitten (und anderer Infrastrukturen), andererseits – v. a. im alpinen Raum – wegen Schäden durch Muren oder bei

Hochwasser mitgeschleppter Fracht (Verklausungen z. B. durch Baumstämme), die an den Brückenpfeilern zu strukturellen Schäden (häufig durch sog. Kolke) führen können. Ein bundesweites Brückenverzeichnis mit entsprechenden Durchflussangaben/maximaler Durchflusspegel ohne Rückstau, Verklausungsschutz und Pfeileraufbau wäre ein wichtiger Schritt zur Frühwarnung vor hochwasserbedingten Straßensperren und Hinweis zu überflutungsgefährdeten Straßenabschnitten.

Umsetzungsträger: BMVIT/ASFINAG, ÖBB, Länder, Gemeinden

3.1.6 Maßnahmenempfehlung 1.6: Bundesweites Schadensregister für Schäden an der Infrastruktur

Ein grundlegendes Problem für schadensbezogene Studien für die Straßeninfrastruktur ist die nur partielle und uneinheitliche Erfassung der Straßenschäden und -unterbrechungen. So sind bislang in nur vier Bundesländern die Schäden systematisch und elektronisch erfasst und zugänglich gemacht worden. Für eine solide Darstellung von Trends und Prognosen ist diese Datenbasis noch nicht hinreichend und muss dringend ausgebaut und vereinheitlicht werden. Je besser die Prozesse und Abläufe bei einem Schadensereignis bekannt sind, desto besser können potenzielle Gefahren beurteilt und Anpassungs- und Schutzmaßnahmen entsprechend darauf ausgerichtet werden (PLANALP 2006). Eine systematische und strukturierte Ereignisdokumentation bildet dabei eine wichtige Grundlage, um aus einem Ereignis zu lernen und wichtige Schlüsse für die Zukunft zu ziehen. So können Straßenabschnitte, die besonders verwundbar gegenüber extremen Wetterereignissen sind, wesentlich besser identifiziert werden.

Straßenschäden und -unterbrechungen

Wesentlich für die Ableitung von Schadensfunktionen und somit auch klimawandelbedingten Schadensprojektionen (direkter und indirekter Kosten) sind

- die exakte raum-zeitliche Erfassung (Datum, Uhrzeit und Koordinaten bzw. exakte Straßen-km-Angaben von/bis) der Schäden (idealerweise gleich in einem GIS-Layer),
- die Angabe der Unterbrechungsdauer nach Schadenseintritt bis zur Wiederherstellung sowie
- die Angabe der Kosten der Wiederherstellung (falls adaptive Maßnahmen erfasst werden, sollten diese gesondert dargestellt werden).

Somit ist ein bundeseinheitliches Schadensregister eine wesentliche Grundvoraussetzung für die weitere Umsetzung eines Aktionsplans für den Schutz und die Anpassung der Straßeninfrastruktur vor meteorologischen Extremereignissen bzw. an den Klimawandel.

Umsetzungsträger: Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG

3.1.7 Maßnahmenempfehlung 1.7: Anpassung der in den Bebauungsplänen ausgewiesenen Risikozonen und allgemeine Maßnahmen der Raumordnung

Siedlungs- und Gewerbegebiete

Die in Bebauungsplänen ausgewiesenen Gefahrenzonen betreffen nur einen kleinen Ausschnitt des Straßennetzes – nämlich denjenigen, der direkt durch Siedlungs- oder Gewerbegebiete führt. Trotzdem sind auch diese Straßenabschnitte von entsprechenden Naturgefahren betroffen. Gerade im Siedlungs- und Gewerbegebiet sind Straßensperren aufgrund von Massenbewegungen, Hochwasser etc. sehr problematisch, da hier nicht nur der Transitverkehr betroffen ist, sondern auch der Ziel- und Quellverkehr bzw. die Zu- und Abfahrt vom Wohnsitz oder der Arbeitsstätte.

Eine Anpassung der Risiko-/Gefahrenzonen im bebauten Gebiet ist daher wesentlich.

Umsetzungsträger: *Gemeinden und Bundesländer, für Gefahrenzonenpläne Lebensministerium*

Bezug zur KWAS: *Forcierung nachhaltiger Raumentwicklungsstrategien unter verstärkter Einbeziehung der Gefahrenzonenplanung und Risikodarstellung (Handlungsfeld Schutz vor Naturgefahren)*

3.1.8 Maßnahmenempfehlung 1.8: Planung und Verbesserung von Kommunikationsplänen bei Straßenunterbrechungen

länderübergreifende Kommunikationspläne

Vor allem länderübergreifende Kommunikationspläne bei Straßenunterbrechungen oder drohenden Straßenunterbrechungen sollten ausgebaut werden. Das betrifft die Frühwarnung, das Umleitungsmanagement genauso wie die Sanierung der Schäden.

Oftmals sind kleinräumig keine sinnvollen Umfahrungen möglich (betrifft v. a. „Arterienverbindungen“), sodass großräumige Umfahrungen ausgeschildert werden sollten (vgl. Maßnahmenempfehlung 2.3, Kapitel 3.2.3).

Umsetzungsträger: *Länder und Straßenmeistereien*

3.1.9 Maßnahmenempfehlung 1.9: Hochwasserfrühwarnung, Lücken im österreichischen Netz

Frühwarnungen vor hochwasserbedingten Straßenunterbrechungen können von vornherein Umfahrungszeiten vermeiden. Gleiches gilt für Frühwarnungen vor Massenbewegungen.

Umsetzungsträger: *ZAMG, hydrographisches Zentralbüro, ORF*

3.1.10 Produkte von Programm 1 (als Basis für die Programme 2 bis 6):

- Bundeseinheitliche und flächendeckende elektronische Schadenserfassung,
- bundesweite Hangrutschungs-Gefahrenhinweiskarte (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6 für die Steiermark),
- bundesweite Gefahrenhinweiskarte für sturmbedingte Unterbrechungen,
- kartografische Grundlagen für besonders hitzesensitive Straßenabschnitte (u. a. Betonplattenabschnitte im BMVIT/ASFINAG-Netz),
- bundesweites Schadensregister für Schäden an der Straßenverkehrsinfrastruktur,
- bundesweites Brückenverzeichnis für alle Straßenbrücken,
- verkehrsmodellerte Darstellung von „Arterienverbindungen“ mit Zeitverlustdarstellungen bei Umfahrung,
- GIS-basierte Darstellung des Kernnetzes zur Versorgung der Bevölkerung sowie Ausweisung von Alternativrouten (z. B. Forststraßen und landwirtschaftliche Fahrwege),
- Kommunikations- und Frühwarnungspaket für Straßenunterbrechungen.

3.2 Programm 2: Verkehrsreduktion und Verkehrsmanagement („logistics and management“)

Programm 2 zielt auf die Vermeidung von indirekten Folgekosten durch Serviceunterbrechungen in der Straßenverkehrsinfrastruktur. Es umfasst sowohl Maßnahmen der öffentlichen Hand als auch rein private Maßnahmen sowie auch PPP-Maßnahmen, die im Folgenden beschrieben werden sollen.

**Vermeidung
indirekter
Folgekosten**

3.2.1 Maßnahmenempfehlung 2.1: Ausbau des Öffentlichen Verkehrs zur Entlastung der Straßenverkehrsinfrastruktur

Die Untersuchungen in adapt2to4 haben gezeigt, dass der Klimawandel zwar einen Teil der zusätzlich erwarteten Schäden am Straßennetz steuert, ein Großteil der Schäden bzw. der erwarteten Schadenszunahme aber durch den prognostizierten Straßennetzausbau, v. a. auf dem Niveau der Gemeinde- und Landesstraßen (inkl. ehemaligen Bundesstraßen „LB“), zurückzuführen ist.

Dies zeigt deutlich, dass ein Großteil künftiger Schäden allein durch den Verzicht auf neue Straßenkilometer erreicht werden kann. Wird jedoch der Individualverkehr weiter zunehmen (vgl. Verkehrsprognose 2025, https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/verkehrsprognose_2025/download/vpoe25_kap3.pdf), bleibt der Druck bestehen, neue Straßen zu errichten. Eine effektive Entlastung des Straßennetzes und somit eine geringere Neubaunotwendigkeit wird nur durch den konsequenten Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs v. a. auch in ländlichen Gebieten erreicht werden.

**Verzicht auf
Straßenneubau**

Umsetzungsträger: *Bund, Länder und Gemeinden*

3.2.2 Maßnahmenempfehlung 2.2: Rasche „Mode Switches“ (Straße/Bahn – Bahn/Straße) und Notfallpläne bei Unterbrechungen

wechselseitige Nutzung in Notfällen

Überall dort, wo Straßenverkehr Bahnverkehr übernehmen bzw. Bahnverkehr Straßenverkehr übernehmen kann, sollen diese „Mode Switches“ ausgebaut und erleichtert werden. In verschiedenen Regionen (vgl. Westbahn in Tirol/Vorarlberg) sind „Mode Switches“ von Bahn auf Straßen bereits etabliert und funktionieren sehr gut, in vielen anderen Landesteilen fehlen sie noch.

Die Notfallplanung für Straßenunterbrechungen bzw. für das Abschneiden von Siedlungsbereichen von der Außenwelt kann fallweise auf verschiedenen Ebenen verbessert werden. Besonders viel Potenzial liegt in einer engeren Kooperation zwischen privater und öffentlicher Hand. Hier kann die gemeinsame oder wechselseitige Nutzung von (Räum- und Versorgungs-)Fahrzeugen ggf. indirekte Folgeschäden durch Straßenunterbrechungen abmildern. Besonders wesentlich für diesbezügliche PPPs erscheinen aufgrund ihres Fahrzeug- und Maschinenparks landwirtschaftliche Betriebe (Räumung) und Speditionen (Versorgung).

Umsetzungsträger: ÖBB/Nahverkehrsbetriebe (auch Bahnbus etc.), Unternehmen vor Ort, Logistikbranche

3.2.3 Maßnahmenempfehlung 2.3: Umleitungsmanagement zur Vermeidung großer Zeitverluste

Straßenschäden durch meteorologische Ereignisse können sehr unterschiedliche Unterbrechungszeiten nach sich ziehen. Bei längeren Unterbrechungen, etwa durch Felssturz oder Muren (vgl. Felbertauern), werden entsprechende Umfahrrouten ausgeschildert. Bei kürzeren Unterbrechungen erfolgt dies längst nicht immer, sodass es oft zu unnötigen Zeitverlusten für VerkehrsteilnehmerInnen kommt.

zeitoptimierte Umfahrungsmöglichkeiten

Um dies künftig zu vermeiden, sollten für alle kritischen Straßenabschnitte standardmäßig möglichst zeitoptimierte Umfahrmöglichkeiten ausgewiesen und bei Bedarf rasch (z. B. durch digitale Hinweistafeln und Verkehrsfunkmeldungen) aktiviert werden. In besonders kritischen Regionen sind auch Vorabsperrungen für den Transitverkehr nicht nur – wie schon jetzt praktiziert – für Lawinenwarnungen, sondern auch bei entsprechenden Unwetterwarnungen (Hangrutschungs- und Vermurungsgefahren bzw. Überflutungen) in Erwägung zu ziehen.

Umsetzungsträger: Straßenmeistereien, Unterstützung durch Rundfunk/Medien

3.3 Programm 3: Berücksichtigung des Klimawandels beim Straßenunterhalt und -neubau („mainstreaming in maintenance“)

Die elektronische Erfassung hitzebedingter Schäden ist derzeit leider noch nicht verwirklicht, da diesbezügliche Schäden zumeist im Zuge allgemeiner Sanierungsmaßnahmen ausgebessert werden. Auch ist kein Zugriff auf die raum-zeitliche Verbreitung hitzebedingter Schäden möglich (vgl. Programm 1), was nötig wäre, um gezielte bzw. räumlich explizite Empfehlungen zur Umsetzung von Maßnahmen zu machen.

**hitzebedingte
Schäden**

3.3.1 Maßnahmenempfehlung 3.1: Rückbau/nachhaltige Sanierung von Betonplattenabschnitten

In den Sommern der letzten Jahre haben sich immer wieder die Betonplattenabschnitte v. a. im Bundesautobahnnetz als hitzeanfällig erwiesen. Das galt weniger für die absoluten Temperaturmaxima des Jahres, sondern vorwiegend für Zeiten mit besonders starkem Temperaturanstieg (v. a. Juni/Juli). Durch plötzliche Temperaturanstiege werden Betonplatten durch Ausdehnung bzw. zu wenig Platz dafür vertikal bewegt und es entstehen bis zu 12 cm hohe bzw. tiefe Plattenränder (engl.: blow-ups), die umgehend saniert werden müssen, um schwere Unfälle zu vermeiden.

**blow-ups von
Betonplatten**

Eine systematische Erfassung dieser Abschnitte wäre wesentlich, um in den entsprechenden Regionen die erwarteten künftigen Frühjahrs- und Frühsommererwärmungen zu modellieren. Sollten sich hier signifikante Entwicklungen zeigen, könnten streckenweise Neubaumaßnahmen dieser Abschnitte ggf. nötig werden.

Umsetzungsträger: BMVIT/ASFINAG

3.3.2 Maßnahmenempfehlung 3.2: Hitzeresistentere Straßenbeläge

In einzelnen Ländern (zum Beispiel Deutschland, vgl. TRÖLTZSCH et al. 2012) wurde in Studien nachgewiesen, dass sich ein Umrüsten auf hitzeresistentere Straßenbeläge rechnet (anhand Unfallzahlen/Investitionsmittel). Für Österreich wird jedoch davon ausgegangen, dass die verwendeten Asphaltmischungen auch bei längeren Hitzeperioden zumeist stabil bleiben und sich keine starken Spurrillen bilden. In Bereichen minderwertiger Straßenbeläge kann ggf. auch eine Wasserkühlung während der Hitzeperioden erwogen werden. Hierfür sollten allerdings nur Brauchwässer genutzt werden, die nach Nutzung geklärt werden müssen.

**hitzebeständige
Asphaltmischungen**

Bei regulären Instandsetzungsarbeiten bzw. der Erneuerung der Straßendecke sollten in jedem Fall hitzebeständige Asphaltmischungen genutzt werden. Zusätzlich sollten neue Forschungsentwicklungen für beständigere Straßenbeläge evaluiert werden. So wird dzt. in Japan durch den Zusatz von Reiskleie die Stabilität, Festigkeit und Verwitterungsbeständigkeit der Asphaltdecken erhöht. Bedacht werden sollte in jedem Fall, dass eine Aufhellung von Straßendecken den Wärmeumsatz an der Asphaltoberfläche durch höhere Reflexion entsprechend mindern kann.

Frostverwitterung Wie sich die Frostverwitterung in Zukunft entwickeln wird, ist unklar. Ein Trugschluss wäre es, durch den generellen Temperaturanstieg im Winter davon auszugehen, dass die Frostverwitterung abnimmt. Es sind nicht die absoluten Tagestemperaturen, die hierbei eine Rolle spielen, sondern das Zusammenspiel zwischen Niederschlag und 0 °C-Durchgängen der Temperatur.

Umsetzungsträger: *Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG*

3.3.3 Maßnahmenempfehlung 3.3: Wartung und Anpassung von Abflusssystemen bei Straßen und Tunnels

Gefahr bei Starkregen Gerade durch die erwarteten zunehmenden Extremniederschläge und lokalen Gewitter ist die Reinigung von Rohren und (ggf. auch das Ausbaggern von) Entwässerungsgräben eine wesentliche Maßnahme, um Rückstau und damit Schäden und Unterbrechungen zu vermeiden.

In einzelnen Bereichen wird auch eine Neuauslegung respektive ein Neubau von Kanalabschnitten nötig sein, um die vermehrten Starkregenereignisse aufnehmen zu können.

Umsetzungsträger: *Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG bzw. jeweilige Straßenmeistereien*

3.3.4 Maßnahmenempfehlung 3.4: Durchführung von Grün- und Gehölzpflege entlang von Straßen

gesunde Waldrandstruktur schaffen

Windwurf und Schneebruch ziehen zwar meist keine großen Schäden an der Straßeninfrastruktur selbst nach sich, bewirken jedoch Unterbrechungszeiten während der Aufräumarbeiten. Vorsorgend muss daher das Straßenbegleitgrün zum einen in einem guten Gesamtzustand sein. So sind Waldränder beispielsweise bei Stürmen oder Massenbewegungen besonders starken Belastungen ausgesetzt und spielen damit eine wichtige Rolle für die Gesamtschutzfunktion der Vegetation sowie auch für den Natur- und Artenschutz. Es kommt daher nicht darauf an, die Vegetation hier besonders stark zu trimmen oder gar zurückzudrängen, sondern eine gesunde Waldrandstruktur und standortangepasste Baumarten und Gebüsche zu erhalten bzw. zu kultivieren.

Totholz beispielsweise ist selten ein Problem für die Straßeninfrastruktur und kann sogar hangstabilisierend wirken, während kranke Bäume und abgestorbene Äste in jedem Fall geschnitten werden sollten.

Umsetzungsträger: *Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG bzw. jeweilige Straßenmeistereien*

3.3.5 Maßnahmenempfehlung 3.5: Erhöhung der Wartungsaktivitäten auf der Straße

Es kann notwendig werden, die Wartungsaktivitäten an der Straßendecke selbst zu erhöhen. Entscheidend dafür ist die weitere Entwicklung von Temperatur- und Frostverwitterung. Während bei der Temperaturverwitterung v. a. die Spannweite zwischen Tagesmaxima und -minima wesentlich ist, sind es bei der Frostverwitterung insbesondere die 0 °C-Durchgänge mit Niederschlag.

Die Entwicklung der Tagesmaxima und -minima ist v. a. abhängig von der Entwicklung von Strahlungswettertagen, d. h. Tagen, an denen die Wolkenbedeckung gering ist, die nächtliche Ausstrahlung stark und die Sonneneinstrahlung tagsüber die Asphaltdecke stark erhitzt. Die Tendenz sonniger Tage (und wolkenloser Nächte) ist ansteigend und lässt vermuten, dass sich die Verwitterung verstärken wird. Für die 0 °C-Durchgänge mit Niederschlag sind der Trend und die künftige Tendenz unklar. Es ist aber unwahrscheinlich, dass allein durch den erwarteten Temperaturanstieg schon eine deutliche Entlastung stattfinden wird.

Daher ist eine Erhöhung der Wartungsfrequenz für die Straßendecke in Österreich durchaus zu erwarten und muss ins Auge gefasst werden.

Umsetzungsträger: *Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG bzw. jeweilige Straßenmeistereien*

Temperatur- und Frostverwitterung

3.4 Programm 4: Neuinvestition in Schutzmaßnahmen (Massenbewegungen) („mass movement protection“)

Ein wesentlicher Faktor für das Setzen von Maßnahmen ist das dzt. Anpassungsdefizit, was sich deutlich im Schadensbild zeigt: Hangrutschungen und Muren (zudem Felsstürze, selten Bergstürze) sind dzt. für ein Großteil der Schäden verantwortlich (siehe Abbildung 8), die zudem oftmals längerfristige Unterbrechungen nach sich ziehen. Folglich sollten bald nach der Erstellung der entsprechenden Datengrundlagen (vgl. Programm 1) Maßnahmen in diesem Bereich gesetzt werden.

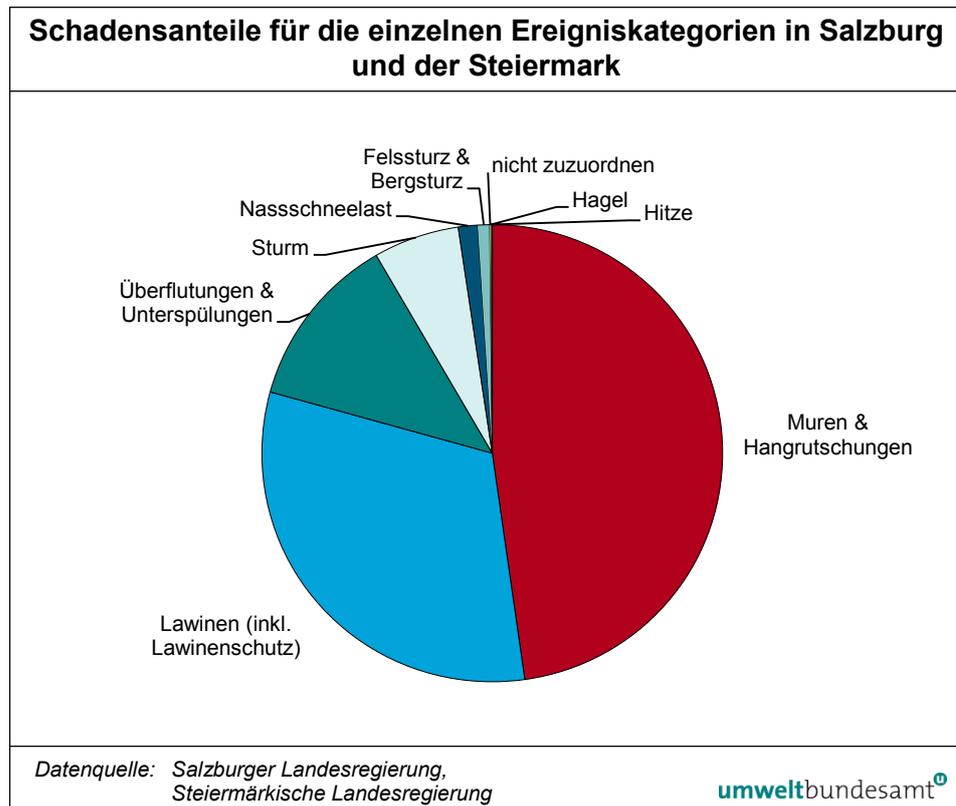
Hangrutschungen und Muren



Abbildung 7:
Hangrutschung durch Starkniederschlag in disponiertem Gelände im Mühlkreis.
© Michael Köck/
Bezirksrundschau Perg

Abbildung 7 zeigt deutlich das große Schadenspotenzial von Hangrutschungen für den Straßenbau und macht deutlich, warum die auftretenden Schäden so groß sind: Rutscht der Hang oberhalb der Straße, entstehen zumeist hohe Kosten für die Räumung. Rutscht der Hang jedoch unterhalb der Straße (wie im Bild), muss meistens komplett neu gebaut werden und zudem der Hang unterhalb gesichert werden. Die Kosten sind dann sehr hoch.

Abbildung 8:
Verteilung der
Schadenskosten am
Landestraßennetz in
den Bundesländern
Salzburg (2007–2010)
und Steiermark
(2008–2011) nach
Schadkategorie.



Künftige klimawandelbedingte Ausweitungen Hangrutschungs-gefährdeter Straßenabschnitte sind auszuweisen. Wesentlich ist in jedem Fall, im Vorfeld das Schutzziel zu definieren und Kosten/Nutzen der vorgesehenen Maßnahmen zu evaluieren.

Für dzt. bereits oft von Hangrutschungen betroffene Straßenabschnitte kommen vier verschiedene Maßnahmenpakete zum Tragen. Deren Schutzwirkung ist im Folgenden ansteigend von 1 nach 4 beschrieben. Natürlich sind auch kombinierte Umsetzungen machbar.

3.4.1 Maßnahmenempfehlung 4.1: Sicherstellung eines dauerhaft funktionsfähigen Schutzwaldes

Schutzwaldwirkungen wurden in den letzten Jahrzehnten auf vielfältige Art und Weise z. T. massiv gemindert: Rodungen für den Siedlungsbau oder neue Skipisten/Liftnanlagen gehören ebenso dazu wie (auch durch den Klimawandel mit verursachte) Schädigungen v. a. durch Borkenkäfer (hier v. a. die Fichtenbestände in trockeneren Regionen). Ebenso zählen dazu Sturmschäden, die v. a. die flachwurzelnenden Fichten betreffen, sowie Nassschneebrüche.

Eine Erhaltung bzw. Erhöhung des Niveaus der Schutzwaldwirkung ist jedoch unerlässlich, um die Gefahr durch Massenbewegungen nicht weiter zu verstärken. Eine höhere Frequenz und Intensität von Massenbewegungen auslösenden Wetterereignissen (v. a. Starkregen) ist im Zuge des Klimawandels für die nächsten Jahrzehnte zu befürchten. Der Schutzwald wird durch trockene Sommer (Borkenkäfer), möglicherweise erhöhte Windspitzen und – zumindest in Osttirol und Kärnten – auch häufigere Nassschneedepositionen weiter unter Druck stehen.

**Erhaltung bzw.
Erhöhung der
Schutzwaldwirkung**

Die forsttechnischen Dienste und die Österreichischen Bundesforste haben ein breites Know-how, wie und mit welchen Baumarten Schutzwälder am besten aufgeforstet werden, um deren Wirkung (wieder)herzustellen. Das soll hier daher nicht weiter ausgeführt werden.

Wesentlich erscheint eine enge Abstimmung zwischen Straßeninfrastrukturbetreibern und Forstbesitzerinnen/-besitzern bzw. Forstbewirtschafterinnen/-bewirtschaftern, um diese Schutz-/Anpassungsmaßnahmen für die Straßeninfrastruktur bestmöglich zu erhalten bzw. dort wiederherzustellen, wo sie verlorengegangen sind. Das trifft insbesondere auf alle rutschungs- und murenggefährdeten Regionen Österreichs zu. Hier ist auch ein geregelter Informationsaustausch hinsichtlich geplanter Rodungen/Fällungen oberhalb und unterhalb von Straßenabschnitten gefragt, die durch Massenbewegungen gefährdet sind (vgl. Programm 1).

Die langen Vorlaufzeiten bis zur Wirkung bzw. Wiederherstellung der Schutzwaldwirkung sind hierbei zu bedenken, weshalb diese Maßnahmen in kritischen Abschnitten in jedem Fall zügig angegangen werden sollten.

lange Vorlaufzeiten

Umsetzungsträger: *WLV/Forsttechnischer Dienst, ÖBf, private WaldbesitzerInnen*

3.4.2 Maßnahmenempfehlung 4.2: Regulierung des Hangwasserhaushaltes

Teils im Zusammenhang mit Maßnahme 4.1 steht die Regulierung des Hangwasserhaushaltes. Diese ist wesentlich für die Hangstabilität und damit für den Schutz der Infrastruktur. Durch Aufforstungen kann der Hangwasserhaushalt mittelfristig verbessert werden. Eine geringere Muren- und Rutschungsgefahr wird dann erzielt, wenn der direkte Oberflächenabfluss am Hang reduziert wird und somit die Gefahr für einen spontanen Abtrag von Material (als Mure, Schlamm- oder Schuttstrom) gemindert wird. Auch ein voll ausgebildetes Wurzelwerksorgt für eine Durchwurzelung der Abrissflächen von Hangrutschungen und kann die Gefahr zumindest reduzieren.

**Aufforstungs-
maßnahmen**

In manchen Fällen ist allerdings zusätzlich zu den „grünen Maßnahmen“ auch das Setzen von Hangdrainagen oder eine Perforation von wasserstauenden Tonschichten unerlässlich, um das rasche Versickern des Niederschlagswassers zu den wasserempfindlichen „Abrissflächen“ (meistens stauende und quellende tonreiche Schichten) zu verhindern.

Hangdrainagen

Umsetzungsträger: *WLV, Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG bzw. jeweilige Straßenmeistereien*

3.4.3 Maßnahmenempfehlung 4.3: Technische Schutzmaßnahmen gegen Massenbewegungen

Ausweitung betroffener Regionen

Im Straßenbestandsnetz gibt es Abschnitte, die bereits intensiv mit Lawinenschutzzäunen, Steinschlagnetzen, Schutzwällen usw. geschützt sind. Fall- und regionsweise dürfte es jedoch zu einer Intensivierung der auslösenden Ereignisse sowie einer Ausweitung der Regionen mit Frostverwitterung kommen, was einen (teuren) Ausbau und eine Ausweitung technischer Schutzmaßnahmen zur Folge hat. Potenzielle Zonen hierfür ergeben sich aus den Grundlagen in Programm 1.

Solche Schritte sind zumeist keine win-win-Maßnahmen mit anderen Schutzziele (z. B. Natur- oder Landschaftsschutz) und insofern sorgfältig abzuwägen. Trotzdem gilt gerade für Straßenabschnitte oberhalb der Waldgrenze oft, dass allein diese Maßnahmen einen Schutz vor gravitativen Naturgefahren bieten. In Österreich ist das Know-how für solche Maßnahmen sehr hoch ausgeprägt und wird von der Wildbach- und Lawinerverbauung in Bund und Ländern mit den einzelnen Gebietskörperschaften koordiniert.

Umsetzungsträger: *WLV, Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG bzw. jeweilige Straßenmeistereien*

3.4.4 Maßnahmenempfehlung 4.4: Schutzverbauungen für den Straßenkörper

Tunnelgalerien

Besonders investitionsintensiv in diesem Programm sind die direkten Schutzverbauten für den Straßenkörper in Form von Tunnelgalerien. Unumgänglich sind diese Maßnahmen immer dann, wenn ein Straßenabschnitt direkt durch Wildwasserzonen bzw. alpine Oberläufe führt, die stark schwankende Wasserführungen aufweisen, bzw. auch in Arealen, die besonders akut steinschlaggefährdet und relativ stark frequentiert sind.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der dzt. Bestand an Galerien im bestehenden Straßennetz auch aus Kostengründen nicht mehr stark ausgebaut wird. Bei Projektplanungen sollten in jedem Fall Areale, die derartige Schutzmaßnahmen brauchen, vermieden werden.

Umsetzungsträger: *WLV, Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG bzw. jeweilige Straßenmeistereien*

3.5 Programm 5: Punktuelle Neuauslegung der Straßeninfrastruktur (inbes. Brücken) („flood protection including co-benefits“)

Brücken sind besonders vulnerabel

Brücken spielen eine zentrale Rolle bei der Vulnerabilität des Straßennetzes hinsichtlich Naturgefahren und Klimawandel. So sind zum einen die Brücken selbst von Schäden betroffen, die meistens durch Kolke an den Pfeilern oder Verklausungen ausgelöst werden. Andererseits sind Brücken auch oft die Ursache für Überschwemmungen und dadurch bedingte Schäden, v. a. stromaufwärts durch Rückstauungen.

Welch große Rolle Brücken in einem mit einem dichten Gewässernetz versehenen Gebiet spielen, zeigt für den Bezirk Feldbach exemplarisch Abbildung 9.

Daher ist der Zugang zu einem nationalen Brückenverzeichnis mit darin enthaltenen wesentlichen Angaben (vgl. Maßnahme 1.5) zentral.

nationales Brückenverzeichnis



Abbildung 9:
 Straßenbrücken im
 Bezirk Feldbach/
 Südoststeiermark.
 Sämtliche Kartendaten
 stammen aus dem
 globalen
 openstreetmap-Projekt
 (www.openstreetmap.org),
 der österreich-
 spezifische Auszug
 (Stand: 09.10.2014) von
www.geofabrik.de.

3.5.1 Maßnahmenempfehlung 5.1: Erhöhung der Bemessungsgrenzen für den Durchfluss durch Brückenquerschnitte

Der Rückstau unter zu eng bemessenden Durchlassquerschnitten insbesondere unter Platten- und Hohlkastenbrücken führt oft zu Überschwemmungen im Siedlungs- und Straßenbereich. Somit sind Straßeninfrastrukturen einerseits von lokalen Überschwemmungen betroffen, aber zum Teil auch ihre Ursache. Eine generelle Auslegung der Durchflusspegel auf HQ_{100} sollte daher in jedem Fall gewährleistet sein.

HQ_{100} -Durchflusspegel

Umsetzungsträger: Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG, ÖBB

3.5.2 Maßnahmenempfehlung 5.2: Brückenpfeileranpassungen

Brücken sind nicht nur hinsichtlich ihrer Querschnittsbemessungen besonders sensibel für Extremereignisse und deren Gefahren. Auch ihre Pfeiler sind sensibel für Auskolkungen (Strudel, die das Fundament von Brücken im Zuge von

Hochwässern angreifen) oder Treibgutanschwemmungen bzw. Muren und Schuttströme. Daher müssen Brückenpfeiler so konstruiert sein, dass Sie auch häufigeren und stärkeren Bemessungsereignissen standhalten. Insofern sind Material, Pfeilerform und v. a. Pfeilerfundament ggf. an eine sich stark ändernde Risikobewertung anzupassen.

Umsetzungsträger: *Gemeinden, Bundesländer und BMVIT/ASFINAG, ÖBB*

3.6 Programm 6: Ausbau und Rückbau von Straßeninfrastrukturen

3.6.1 Maßnahmenempfehlung 6.1: Absiedelung und Rückbau von extrem wartungsintensiven/schwach frequentierten Zufahrtsstraßen

Die Zufahrtsstraßen etlicher alpiner Täler und insbesondere Hochtäler sind bereits heute nur mit hohem finanziellem Aufwand offenzuhalten und mit Schutzverbauten und oftmals jährlichen Instandsetzungsarbeiten insgesamt im Unterhalt sehr teuer. Die Frage nach Absiedelung der Bevölkerung und Straßenrückbau wird sich jedoch derzeit nur sehr vereinzelt stellen.

Zunahme des Gefährdungspotenzials

Jedoch ist durch eine weitere Zunahme von Massenbewegungen aufgrund häufigerer konvektiver Extremniederschläge, längerer und intensiverer Niederschlagsperioden, des Rückgangs der Gletscherbedeckung sowie der Höherverlagerung der Permafrostgrenze die Gefährdungslage ggf. in wenigen Jahrzehnten schon dermaßen gravierend, dass Absiedelungen und Rückbauten vorgenommen werden müssen. Der demografische Wandel ist ein weiterer Faktor, der künftig die Notwendigkeit der Aufrechterhaltung bestimmter Zufahrtsmöglichkeiten in alpine Hochtäler infrage stellt.

Strategische Entscheidungsträger: *Bund, Bundesländer und betroffene Gemeinden*

3.6.2 Maßnahmenempfehlung 6.2: für einzelne oft betroffene/schwer zu sichernde/stark frequentierte „Arterienverbindungen“ Schaffung von neuen Ausweichrouten bzw. von kleinräumigen Umfahrungen

Auf Basis der Ausweisung von „Arterienverbindungen“ (vgl. Maßnahmenvorschlag 1.1) sowie der Gefahrenzonierung (vgl. Maßnahmenvorschläge 1.2, 1.3 und 1.7) bzw. des einzurichtenden Schadensregisters (vgl. Maßnahmenvorschlag 1.6) kann in Ausnahmefällen der Bau kleinräumiger Umfahrungen bzw. der Bau von Ausweichrouten unumgänglich werden. Allerdings steht dies im Widerspruch zum Programm 2, in dessen Mittelpunkt ja gerade die Verhinderung eines weiteren starken Streckennetzwachstums liegt.

Strategische Entscheidungsträger: *Bund und Bundesländer, in Einzelfällen Gemeinden*

4 LITERATURVERZEICHNIS

- CABINET OFFICE (2011): Keeping the Country Running: Natural Hazards and Infrastructure. A Guide to improving the resilience of critical infrastructure and essential services.
- DOLL, C.; KLUG, S.; KÖHLER, J.; PARTZSCH, I.; ENEI, R.; PELIKAN, V.; SEDLACEK, N.; MAURER, H.; RUDZIKAITE, L., PAPANIKOLAOU, A. & MITSAKIS, V. (2011): Adaptation strategies in the transport sector. WEATHER Deliverable 4. EC FP7. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- EISENACK, K.; STECKER, R.; RECKIEN, D. & HOFFMANN, E. (2011): Adaptation to climate change in the transport sector – A Review. PIK Report 122, Potsdam.
- LEOPOLD, P. & ZINGGL, P. (2013): Erstellung von Gefahrenhinweiskarten, Beispiele aus Österreich: Burgenland. Berichte Geol. B.-A., 100, NÖ Geotage 19.–20.09.2013 in Rabenstein an der Pielach.
- LINDGREN, J.; JONSSON, D.K. & CALRSSON-KANYAMA, A. (2009): Climate Adaptation of Railways: Lessons from Sweden; EJTIR.
- PETSCHKO, H.; BRENNING, A.; BELL, R.; GOETZ, J.N. & GLADE, T. (2013): Assessing the quality of land-slide susceptibility maps – case study Lower Austria. Nat Hazards Earth Syst Sci Discuss. 1: 1001–1050.
- PLANALP (Hrsg.) (2006): Dokumentation von Naturereignissen. Feldanleitung. Alpensignale 4.
- POMAROLI, G.; BELL, R.; GLADE, T.; HEISS, G.; LEOPOLD, P.; PETSCHKO, H.; PROSKE, H. & SCHWEIGL, J. (2011): Darstellung der Gefährdung durch gravitative Massenbewegungen im Bundesland Niederösterreich als Grundlage der Raumplanung. Wildbach-Lawinerverbau Z. Für Wildbach- Lawinen- Erosions- Steinschlagschutz, Gefahren Darstellungen für Massenbewegungen 74: 198–212.
- SCHINDLMAYR, A. (2014): Gefahrenhinweiskarte Rutschungen für das Testgebiet Steiermark. Bericht im Auftrag des BMLFUW (nicht veröffentlicht).
- TRÖLTZSCH, J.; GÖRLACH, B.; LÜCKGE, H.; MARTIN, P. & SARTORIUS, C. (2012): Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau.
<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/dokumente/4298.pdf>
- WATKISS, P. & HUNT, A. (2011): Method for the UK Adaptation Economic Assessment (Economics of Climate Resilience). Final Report to Defra. May 2011. Deliverable 2.2.1

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Im Anpassungsfahrplan beschreiben das Umweltbundesamt und die Universität Graz 25 Maßnahmen zum Schutz der Straßenverkehrsinfrastruktur vor Extremwetterereignissen, bringt sie in eine sinnvolle Chronologie und priorisiert sie. In sechs Programmen empfehlen die ExpertInnen,

- die Datenbasis zur Risikobewertung zu schaffen und Planungsinstrumente für Maßnahmen zu entwickeln.
- Maßnahmen zur Verkehrsreduktion und zum Verkehrsmanagement zu treffen.
- den Klimawandel beim Straßenerhalt und bei unumgänglichen Neubauvorhaben zu berücksichtigen.
- in zusätzliche Maßnahmen zum Schutz vor wetterbedingten Schäden im Bestandsnetz zu investieren.
- die Straßeninfrastruktur punktuell neu auszulegen und
- sehr wartungsintensive und schwer zu sichernde Straßen rückzubauen.

Der Anpassungsfahrplan wurde im Projekt adapt2to4 erarbeitet, das vom Klima- und Energiefonds im Rahmen des Austrian Climate Research Program gefördert wurde.