



# All-Hazard Guide für Transportinfrastrukturen



Mit finanzieller Unterstützung des Programms "Prävention, Abwehrbereitschaft und Folgenbewältigung im Zusammenhang mit Terrorakten und anderen Sicherheitsrisiken" (CIPS)

**Europäische Kommission – Generaldirektion für Inneres**

© Copyright 2013 – 2015. AllTrain-Konsortium

Dieses Dokument und die darin enthaltenen Informationen dürfen ohne die schriftliche Genehmigung der Partner des AllTrain-Konsortiums weder ganz noch teilweise vervielfältigt, für andere Zwecke genutzt oder an Dritte weitergegeben werden. Das Copyright und die genannten Einschränkungen betreffen die Vervielfältigung, die Verwendung sowie die Weitergabe und gelten für alle Medien, auf denen diese Informationen enthalten sein können, einschließlich magnetischer Speichermedien, Computerausdrucke, Anzeige auf einem Bildschirm, etc. Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen sind nach bestem Wissen der Verfasser richtig und die Verfasser übernehmen keine Haftung für Fehler oder Auslassungen.

Alle Rechte vorbehalten.

## VORWORT

Der Bevölkerung Sicherheit zu bieten ist eine der wichtigsten Aufgaben einer Regierung. Die zuständigen Behörden müssen sich laufend an das sich ständig ändernde globale Umfeld und an Paradigmenwechsel, die die Sicherheit beeinflussen, anpassen. Insbesondere haben die stärkere Vernetzung unterschiedlicher Gesellschaftsgruppen, die dichten Infrastrukturnetze und die Urbanisierung der Bevölkerung die Abhängigkeit von einer zuverlässigen, gefahrlosen und sicheren Transportinfrastruktur erhöht. Jegliche Behinderung, Störung oder Ausfall dieser Vernetzung hätte substantielle Auswirkungen auf den (Einzel-) Staat, die Wirtschaft und große Teile der Bevölkerung.

Der All-Hazard Guide trägt zur Entwicklung eines sicheren, effektiven und funktionalen Verkehrsnetzes für ganz Europa bei, indem er alle potenziellen Gefahren für die Transportinfrastruktur identifiziert und bewertet. Durch Berücksichtigung der großen Straßen- und Schieneninfrastrukturen deckt er die gesamte Interkonnektivität des Transports in Europa ab und bietet den Eigentümern und den Betreibern von Transportnetzen Hinweise darauf, welche ihrer Infrastruktursysteme möglicherweise von einer konkreten Gefahr bedroht sind und welche konkreten Gefahren den größten Einfluss auf ihre unterschiedlichen Strukturen haben könnten.

Der All-Hazard Guide wurde als Ergebnis des Forschungsprojekts *AllTrain - All-Hazard Guide for Transport Infrastructure* ausgearbeitet, mit der finanziellen Unterstützung des Programms "Prävention, Abwehrbereitschaft und Folgenbewältigung im Zusammenhang mit Terrorakten und anderen Sicherheitsrisiken" (CIPS) der Europäischen Kommission – Generaldirektion Inneres.

Dr. Jürgen Krieger (BASt)      Bernhard Kohl (ILF)      José Mateus de Brito (CENOR)      Jan Spousta (CDV)

# Inhaltsverzeichnis

Definitionen.....	5
1. Einleitung.....	8
1.1 Hintergrund .....	8
1.2 Grundkonzepte.....	8
1.3 Der AllTrain-Ansatz.....	9
1.4 Struktur des Leitfadens .....	12
2. Gefahren für Straßen- und Schieneninfrastruktur .....	13
2.1 Anfangsereignisse.....	13
2.2 Lokale Phänomene .....	13
3. Kategorisierung der Infrastruktur und Anfälligkeit für konkrete Gefahren .....	16
3.1 Infrastrukturtypen .....	16
3.2 Grundbedingungen und Hauptfaktoren.....	17
3.3 Kategorisierung .....	18
4. Beurteilungsmethode - Grundlagen.....	23
4.1 Konzept der Beurteilungsmethode .....	23
4.2 Konzept des Gefahrenbaums .....	23
5. Beurteilungsmethode - Anwendung .....	25
5.1 Das AllTrain-Tool .....	25
5.2 Gefahrenmerkbblätter .....	26
6. Identifikation möglicher Maßnahmen .....	28
6.1 Möglichkeiten für die Maßnahmenumsetzung.....	28
6.2 Arten von Maßnahmen .....	28
7. Schlussfolgerungen.....	29

## Definitionen

Begriff	Definition	Quelle
<b>Anlagegut</b>	Relevantes Infrastrukturelement oder relevanter Infrastrukturabschnitt	AllTrain
<b>Gefahr</b>	Potenzielles Ereignis, das die Sicherheit und/oder die Verfügbarkeit von Anlagegütern der Verkehrsinfrastruktur beeinträchtigen kann.	AllTrain
<b>Anfangsereignis</b>	Gefahrenereignis auf höchster Ebene, definiert als: menschliche Handlungen, Versagen künstlich hergestellter Objekte; meteorologische Ereignisse, geophysikalische Ereignisse.	AllTrain
<b>Lokales Phänomen</b>	Gefahrenereignis auf niedrigerer Ebene, das sich am Standort des Anlageguts ereignet.	AllTrain
<b>Auswirkung</b>	Art und Weise, wie eine Gefahr sich auf ein bestimmtes Anlagegut (z. B. Wasserhöhe, Einfluss von Kräften) auswirkt.	AllTrain
<b>Gefährdeter Wert</b>	Definiert den Wert der Infrastruktur, die der Auswirkung des lokalen Phänomens ausgesetzt ist, ausgedrückt in Kosten und Zeitaufwand für den Ersatz. Dieser hängt ausschließlich von den Merkmalen des Anlageguts ab.	AllTrain
<b>Schadensanfälligkeit</b>	Die Merkmale und Umstände [...] eines Anlageguts, die dieses anfällig für die schädlichen Auswirkungen einer Gefahr machen.	UNISDR
<b>Lokale Folge</b>	Unerwünschter Zustand eines Anlageguts, das von einer Auswirkung betroffen ist, ausgedrückt als physischer Schaden oder Störung (Ausfallzeit). Quantifiziert in Form von Reparaturkosten und Ausfalldauer: Lokale Folge = Gefährdeter Wert x Schadensanfälligkeit	AllTrain
<b>Globale Folge</b>	Folgen aus der Sicht des Eigentümers, des Betreibers und der Gesellschaft. Quantifiziert in Form von Reparaturkosten, Einkommensverlust und Umleitungskosten. Hängt z. B. von der Anzahl der betroffenen Nutzer und der Beschaffenheit des Verkehrsnetzes ab.	AllTrain
<b>Kritikalität</b>	Die Bedeutung eines Infrastrukturelements oder -abschnitts für die Verfügbarkeit eines Verkehrsinfrastrukturnetzes.	AllTrain

<b>Schutz</b>	Der Schutz einer Transportinfrastruktur gegen unbeabsichtigte Ereignisse, z. B. Unfälle, die durch entsprechende Normen abgedeckt sind.	SecMan
<b>Sicherheit</b>	Die Abwehrbereitschaft, Prävention und Bewahrung einer Transportinfrastruktur gegen außergewöhnliche vom Menschen oder von der Natur ausgehende Gefahren.	AllTrain
<b>Unsicherheit</b>	Unbestimmtheit von Elementen, die eine Situation charakterisieren oder von Ergebnissen eines Prozesses, aufgrund von beschränktem oder fehlendem Wissen (epistemisch reduzierbare Unsicherheiten) oder aufgrund der inhärenten oder natürlichen Variabilität eines Prozesses (aleatorische und nicht reduzierbare Unsicherheiten).	AllTrain
<b>Wahrscheinlichkeit</b>	Qualitative Beschreibung der Ungewissheit des Auftretens eines Ereignisses. Kann als Häufigkeit oder Probabilität ausgedrückt werden.	AllTrain
<b>Häufigkeit</b>	Gibt an, wie oft ein bestimmtes Ereignis in einem bestimmten Intervall auftritt (z. B. Unfälle pro Jahr).	PIARC
<b>Wiederkehrzeit</b>	1/Häufigkeit, d. h. die erwartete Anzahl von Zeiteinheiten zwischen zwei auftretenden Ereignissen.	AllTrain
<b>Probabilität</b>	Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis auftritt, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1.	PIARC
<b>Risiko</b>	Die Kombination der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses und seiner negativen Folgen.	Basierend auf UNISDR
<b>Behinderung</b>	Das unangekündigte physische Vorhandensein von Fremdkörpern, die ganz oder teilweise die für den Verkehr nutzbare Fläche in der Infrastruktur blockieren. Beispiele: Schneefall oder Felsblöcke und Erdbeben. Diese Fremdkörper können auch mit Fahrzeugen kollidieren.	AllTrain
<b>Operative Auswirkung</b>	Die mehr oder weniger signifikante Reduktion der Funktionalität der Infrastrukturausstattung, die wesentlich für den Verkehrsfluss ist. Beispiel: die Beschädigung eines Verkehrsleitsystems verursacht durch Blitzschlag.	AllTrain
<b>Strukturelle Auswirkung</b>	Zusätzliche (statische, dynamische) Belastung der Infrastruktur und/oder reduzierte strukturelle Belastbarkeit. Beispiel: zu hohes Fahrzeuggewicht	AllTrain

kann zum Ausfall des Infrastrukturelements  
führen.

# 1. Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Das Verkehrsnetz in Europa ist wahrscheinlich eines der wichtigsten Systeme für die europäische Wirtschaft und Gesellschaft. Grenzüberschreitende Transportwege spielen eine entscheidende Rolle für den Gütertransport und die Versorgung und die Mobilität der Menschen. Obwohl der meiste Passagier- und Frachttransport in der EU auf dem Landweg abgewickelt wird, gibt es noch kein einheitliches Konzept für die Sicherheit dieser Verkehrsträger. Jede Störung dieser Strukturen könnte zu negativen Folgen für die Bevölkerung der betroffenen Region und für die Wirtschaft als Ganzes führen.

Derzeit gibt es zahlreiche unterschiedliche Ansätze für die Erkennung infrastrukturspezifischer Gefahren. Die meisten dieser Ansätze konzentrieren sich auf einzelne Verkehrsträger oder konkrete Gefahren und es gibt keine umfassende, ganzheitliche Aufstellung aller Gefahren für multimodale Transportinfrastrukturen in Europa. Die Eigentümer und Betreiber dieser Infrastrukturen sind mit einer großen Anzahl an Gefahren konfrontiert und müssen mittels Prioritäten in der Zuweisung von Mitteln über Maßnahmen entscheiden, die die Verfügbarkeit und/oder die Sicherheit ihrer Strukturen erhöhen. Laufende und bereits abgeschlossene Projekte haben gezeigt, dass ein gemeinsamer europäischer Ansatz für das Erfassen dieser Gefahren auf strukturierte und vergleichbare Weise erforderlich ist. Insbesondere haben Forschungsprojekte gezeigt, dass ein umfassender, auf einem systematischen Ansatz basierender Katalog mit allen Gefahren für kritische Transportinfrastrukturen benötigt wird. Daher war das Hauptziel, einen praktikablen und benutzerfreundlichen All-Hazard Guide für Transportinfrastrukturen auf dem Landweg zu erstellen und so einen strukturieren transnationalen und holistischen Sicherheits- und Risikomanagementansatz zu erleichtern.

Aus diesem Grund werden im All-Hazard Guide alle relevanten Gefahren für Transportinfrastrukturen in Europa aufgelistet. Darüber hinaus wurden Kriterien für die Klassifizierung von Transportinfrastrukturen, die auf der Schadensanfälligkeit basieren, entwickelt. Mithilfe der Kombination von Informationen, die über Gefahren und Infrastrukturmerkmale gesammelt wurden, wurde ein methodischer Ansatz für die Bewertung der Strukturen und der Auswirkungen von Gefahren entwickelt. Dies wurde durch die Ausarbeitung eines qualitativen Beurteilungsverfahrens zur Bewertung der Anfälligkeit verschiedener Transportinfrastrukturen für unterschiedliche Gefahren erreicht.

Die Entwicklung des All-Hazard Guide wurde mit Mitteln der Europäischen Kommission - GD, Generaldirektion für Inneres im Rahmen des Programms *Prävention, Abwehrbereitschaft und Folgenbewältigung im Zusammenhang mit Terrorakten und anderen Sicherheitsrisiken* (CIPS) finanziert.

## 1.2 Grundkonzepte

### 1.2.1 Sicherheit vs. Schutz

Der All-Hazard Guide befasst sich mit der Sicherheit von Straßen- und Schieneninfrastrukturen. In diesem Kontext versteht man unter *Sicherheit*, die Abwehrbereitschaft, Prävention und den Schutz einer Transportinfrastruktur gegen außergewöhnliche naturbedingte oder vom Menschen verursachte Gefahren.



Diese Definition von Sicherheit ergänzt die Definition von *Schutz*, der definiert wird als Absicherung der Transportinfrastruktur gegen unbeabsichtigte Ereignisse, wie zum Beispiel Unfälle, und der durch die betreffenden Normen geregelt ist. Der wesentliche Unterschied zwischen Sicherheit und Schutz ist somit, dass

- Schutz sich auf Ereignisse bezieht, die durch entsprechende Normen geregelt sind, während Sicherheit sich auf außergewöhnliche Gefahren konzentriert;
- Schutz beschäftigt sich mit unbeabsichtigten Gefahren (vom Menschen verursachte und natürliche) während Sicherheit auch beabsichtigte Ereignisse (vom Menschen bewusst herbeigeführte) beinhaltet.

Der All-Hazard Guide befasst sich nur mit Sicherheit, nicht mit Schutz.

### 1.2.2 Anlagegüter

Jede Transportinfrastruktur besteht aus einer Reihe von Elementen, die aneinandergereiht sind. Eine Gefahrenanalyse muss diese Elemente, entsprechend ihrem Typ (z. B. Bahndamm, Brücke, etc.) und ihren spezifischen Merkmalen (Länge, Höhe, etc.) getrennt untersuchen.

In diesem Leitfaden werden Infrastrukturelemente oder -abschnitte im Allgemeinen als *Anlagegüter* bezeichnet.

### 1.2.3 Gefahren

Gefahren werden definiert als mögliche Ereignisse, die die Sicherheit und/oder die Verfügbarkeit von Anlagegütern der Transportinfrastruktur beeinträchtigen können. Wie bereits weiter oben erwähnt (1.2.1 Sicherheit vs. Schutz), deckt der All-Hazard Guide die folgenden Ereignisse ab:

- beabsichtigte vom Menschen herbeigeführte Gefahren,
- (außergewöhnliche) nicht beabsichtigte vom Menschen verursachte Gefahren
- (außergewöhnliche) Naturgefahren.

## 1.3 Der AllTrain-Ansatz

### 1.3.1 Der Dual-Entrance-Ansatz (Ansatz mit doppeltem Eingang)

Der Grundgedanke von AllTrain ist, alle Arten der Gefahren mit allen Arten von Straßen- und Schieneninfrastrukturen (Anlagegüter) zu kombinieren. Um diese Idee umzusetzen, wurde der Dual-Entrance-Ansatz entwickelt, siehe Abbildung 1. Das Prinzip des Dual-Entrance-Ansatzes gestattet es dem Benutzer:

- ein bestimmtes Anlagegut einzugeben und Informationen über relevante Gefahren abzufragen (erster Eingang),
- eine konkrete Gefahr einzugeben und Informationen über dafür besonders anfällige Anlagegüter abzufragen (zweiter Eingang).

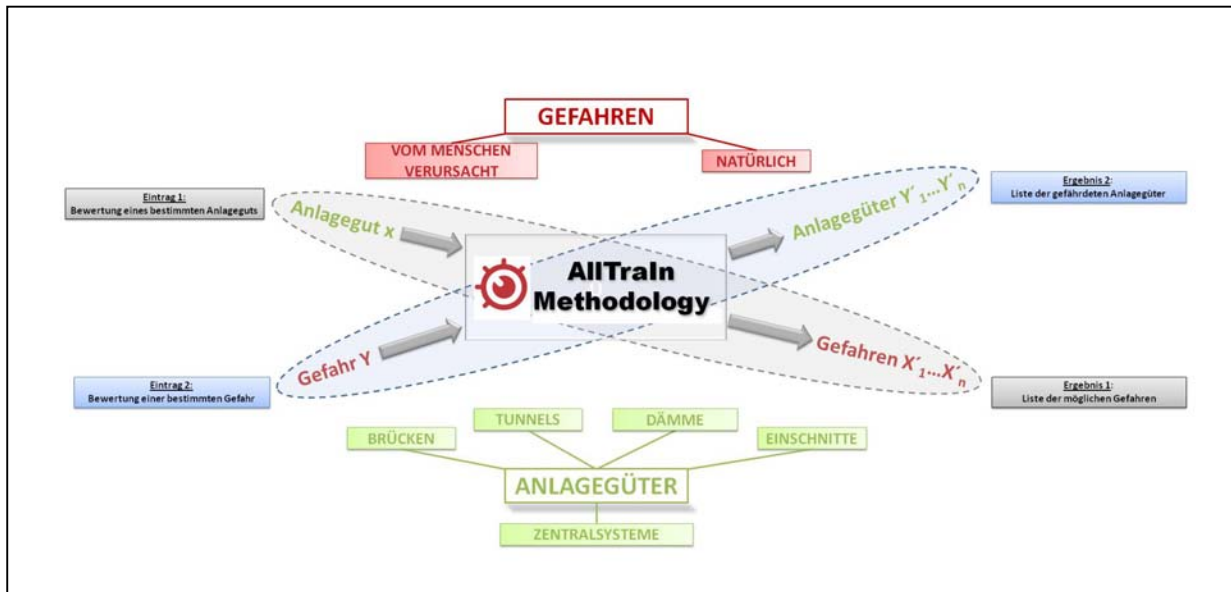


Abbildung 1 – Der Dual-Entrance-Ansatz

### 1.3.2 Die Ablaufkette

Die Ablaufkette ist neben dem Ansatz mit doppeltem Eingang das zweite Leitkonzept von AllTrain. Der Hauptzweck der Ablaufkette ist es, einen allgemeinen Rahmen für die Verlinkung von Gefahren mit Infrastrukturelementen (Anlagegütern) zu bieten. Dieses Ziel wird durch die Einführung einer Reihe von globalen Konzepten mit Verknüpfungen zwischen diesen Konzepten erreicht.

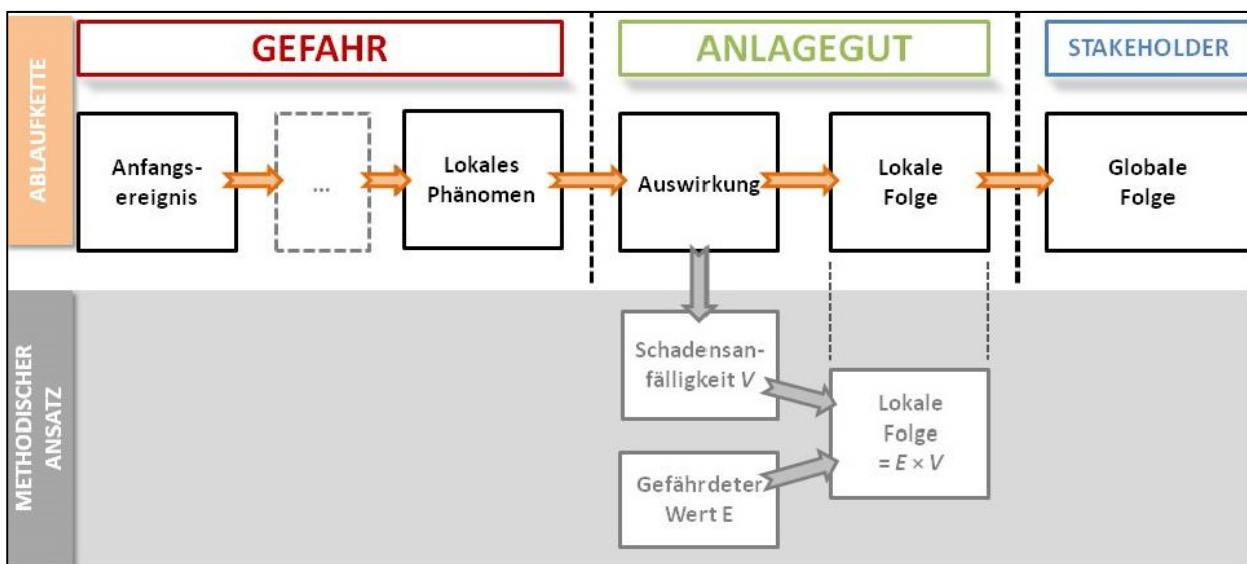


Abbildung 2 – Die Ablaufkette und der zugrunde liegende methodische Ansatz

Abbildung 2 zeigt die Ablaufkette, die das logische Rückgrat des All-Hazard Guide bildet:

- Ein anfängliches Gefahrenereignis (z. B. Regen) verursacht ein lokales Gefahrenphänomen (z. B. Murgang). Der Kausalzusammenhang kann *direkt* sein (der Regen verursacht einen Murgang ) oder *indirekt*. Der indirekte Zusammenhang ist in der Abbildung durch eine grauen Kasten mit gestricheltem Umriss dargestellt. Im Prinzip kann es mehrere Zwischenschritte geben. Der Ansatz ist jedoch, den Fokus auf die Anfangsursache zu legen und auf ihr endgültiges lokales Ergebnis, das sich unmittelbar neben dem gefährdeten Anlagegut entwickelt. In manchen Fällen können das Anfangsereignis und das lokale Phänomen identisch sein.
- Der nächste Schritt verbindet das lokale Phänomen (die Art, in der die Gefahr sich beim Anlagegut manifestiert) mit der Auswirkung (die Art, in der die Gefahr auf das Anlagegut einwirkt). Ist das lokale Phänomen ein Murgang - um beim gleichen Beispiel zu bleiben - wäre die Auswirkung die Behinderung, die strukturelle Auswirkung oder die operative Auswirkung (wie in Kapitel 3 beschrieben).
- Während die Auswirkung sich auf Phänomene bezieht, die auf die Struktur einwirken, sagt sie nichts über die Folgen aus. Ob es Folgen gibt und wie groß ihr Schweregrad ist, hängt von der Schadensanfälligkeit und dem gefährdeten Wert des Anlageguts ab. Das Modell konzentriert sich auf lokale Konsequenzen, d. h. auf den Schaden, der direkt und lokal am Anlagegut entsteht. Dazu zählen Reparatur- und Wiederaufbaukosten aber auch Ausfallzeiten des konkreten gefährdeten Anlageguts.
- Lokale Folgen können zu globalen Folgen führen, d. h. eingeschränkte Kapazität des Transportnetzes, die zu Kosten für Reisezeitverzögerungen und Verlust von Mauteinnahmen führen. Die globalen Folgen werden aus Gründen der Vollständigkeit in der Ablaufkette dargestellt, *sie sind jedoch nicht Bestandteil des Gesamtumfangs des Projekts*.

Der methodische Ansatz, der die Auswirkung mit den lokalen Folgen verlinkt, ist im unteren Teil von Abbildung 2 dargestellt. Der Fokus liegt jedoch auf dem oberen Teil, d. h. auf der Ablaufkette, die die Hauptkonzepte miteinander verbindet. Der methodische Ansatz und andere detaillierte Betrachtungen sind Teil der Beurteilungsmethode, die in Kapitel 4. beschrieben wird.

Abbildung 3 enthält kurze Definitionen der entsprechenden Elemente der Ablaufkette und illustriert auch das Beispiel des Murgangs, das weiter oben erwähnt wurde.

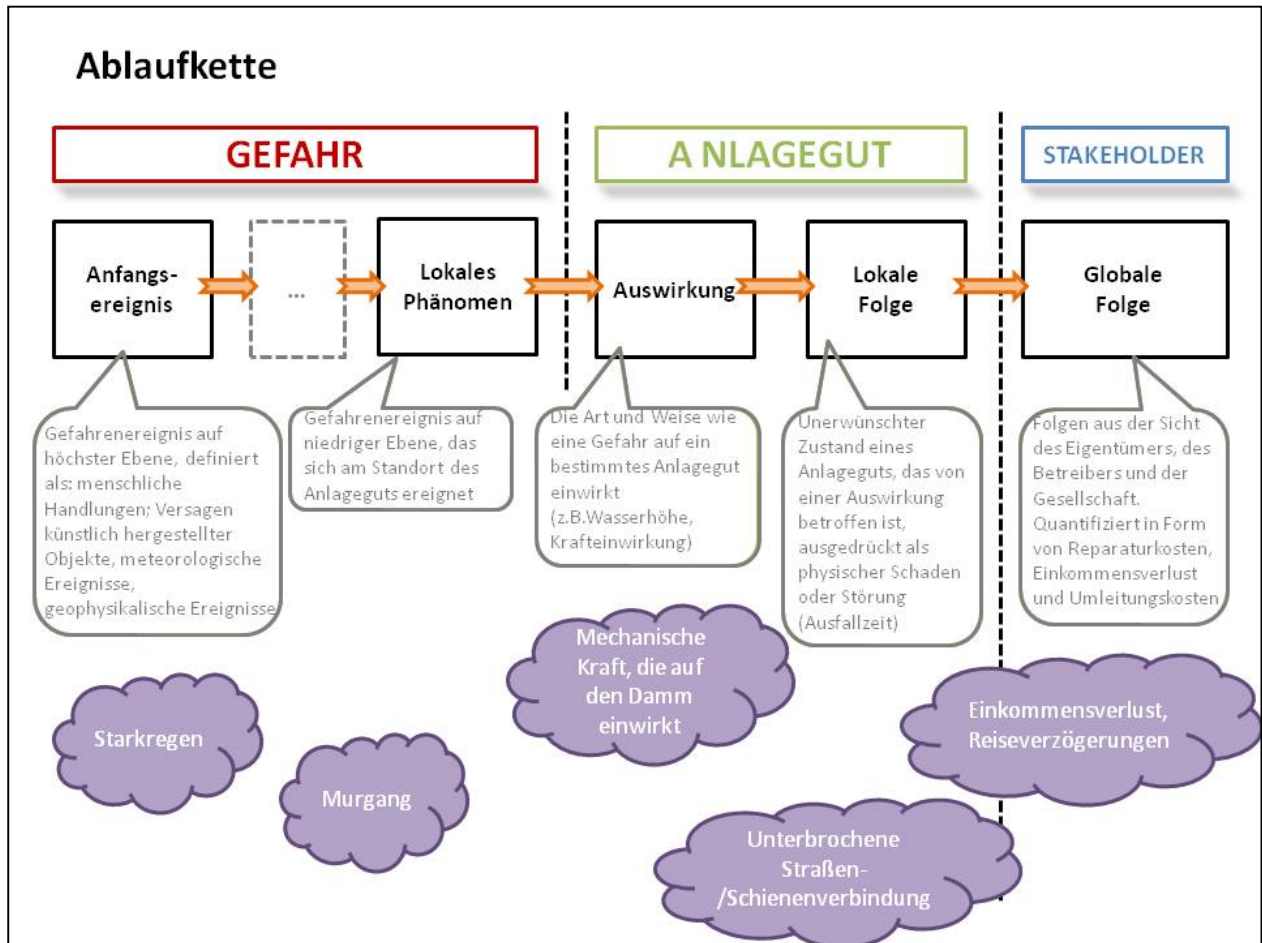


Abbildung 3 – Ablaufkette: Definitionen und Beispiel

## 1.4 Struktur des Leitfadens

Basierend auf dem Ansatz mit doppeltem Eingang der in Abbildung 1 präsentiert wird, ist der All-Hazard Guide wie folgt strukturiert:

- Identifikation der relevanten Gefahren (Kapitel 2);
- Kategorisierung der Infrastruktur nach ihrer Anfälligkeit (Kapitel 3);
- Verknüpfung der Gefahren mit anfälligen Infrastrukturtypen: Festlegung der Beurteilungsmethode, entsprechend der "Alltrain methodology" in Abbildung 1 (Kapitel 4);
- Vorstellung von Strategien zur Implementierung der Maßnahme(n) (Kapitel 5).

Zusätzlich zu diesem Leitfaden wurde ein App (AllTrain Tool) entwickelt. Das AllTrain-Tool ist eine praktikable und benutzerfreundliche Option für die Online-Verwendung des All-Hazard Guide. Das AllTrain-Tool und ein kurzes Handbuch dafür finden Sie im Internet unter ([www.alltrain-project.eu](http://www.alltrain-project.eu)).

## 2. Gefahren für Straßen- und Schieneninfrastruktur

### 2.1 Anfangsereignisse

Entsprechend der in der Einleitung enthaltenen Definition sind Anfangsereignisse Ereignisse auf höchster Ebene, dazu zählen:

- beabsichtigte und unbeabsichtigte vom Menschen verursachte Ereignisse (z. B. Sabotage, Diebstahl, etc.),
- meteorologische Ereignisse (z. B. extremer Wind, Regen, Schneefall, Vereisungen, etc.),
- geophysikalische Ereignisse (z. B. Erdbeben, Tsunami, Lavaström, etc.),
- durch Gravitation verursachte Ereignisse (z. B. Schneelawine, Murgang, Steinschlag, etc.),
- hydrologische Ereignisse (z. B. Flusshochwasser, Seehochwasser, Stadthochwasser, etc.),
- Andere Ereignisse (z. B. erdmagnetische Stürme, Flächenbrände, umgestürzte Bäume, etc.)

Jedes dieser Ereignisse kann auf spezifischere Elemente heruntergebrochen werden; meteorologische Ereignisse beispielsweise auf Kalt- und Warmfronten, Wirbelstürme, lokale Windsysteme, Regen, Schnee, Hagel, Vereisung etc. Wie jedoch diese Liste mit Beispielen zeigt, ist es mitunter schwierig, diese Phänomene voneinander isoliert zu sehen (Regen kann auf eine Kaltfront folgen, etc.). Im Rahmen des All-Hazard Guides ist es nicht nötig, diese Wechselwirkungen voneinander zu trennen, da das methodische Kernstück des Modells eher auf *lokalen (Gefahren-)Phänomenen* und ihrem Einfluss als auf ihren bisweilen weit entfernten Grundursachen beruht. Lokale Phänomene werden weiter unten im Detail besprochen.

### 2.2 Lokale Phänomene

Wenn die Bandbreite möglicher lokaler Gefahrenphänomene auf eine Liste heruntergebrochen wird, kann man eine Hauptunterscheidung zwischen von Menschen verursachten Gefahren und natürlichen Gefahren treffen.

Alle Gefahren, die weiter unten aufgelistet sind, werden im Detail in eigenen Gefahrenmerkblättern beschrieben, diese finden Sie Online unter: [www.alltrain-project.eu](http://www.alltrain-project.eu).

#### 2.2.1 Vom Menschen verursachte Gefahren

Tabelle 1 enthält die Liste der vom Menschen verursachten Gefahren, unterteilt in beabsichtigte und unbeabsichtigte Handlungen. Viele Gefahren können die Folge einer beabsichtigten oder unbeabsichtigten Handlung sein (z. B. ein Brand). Der All-Hazard Guide gilt für die in der Einleitung definierten Sicherheitsfragen (außergewöhnliche vom Menschen verursachte und natürliche Gefahren). Daher werden gewöhnliche Verkehrsunfälle nicht berücksichtigt. Das (beabsichtigte) Rammen und die Gefahr durch zu große Fahrzeugabmessungen oder zu hohes Fahrzeuggewicht sind außergewöhnliche Gefahren, die nicht von den Designcodes abgedeckt werden.

**Tabelle 1 – Liste der lokalen Phänomene: Vom Menschen verursachte Gefahren**

<b>Art der Handlung</b>	<b>Lokales Phänomen</b>
<b>Nur beabsichtigt</b>	Rammen
	Sabotage
	Diebstahl
	Cyber-Attacke
<b>Nur unbeabsichtigt</b>	Zu große Fahrzeugabmessungen
	Zu großes Fahrzeuggewicht
<b>Beabsichtigt/unbeabsichtigt</b>	Blockade
	Brand
	Explosion
	Freisetzung gefährlicher Stoffe

### 2.2.2 Natürliche Gefahren

Tabelle 2 enthält die Liste der natürlichen Gefahren. Die Gefahrenkategorie in der linken Spalte basiert auf den Konventionen, die innerhalb der Naturgefahrenforschung verwendet werden.

Gefahrenkategorien sind nicht identisch mit dem Konzept der weiter oben aufgelisteten Anfangsereignisse. Lawinen werden beispielsweise als gravitationsbedingte Gefahren kategorisiert. Die Gravitation ist jedoch nicht der Auslöser oder das Anfangsereignis oder der Auslöser im Sinne der Ablaufkette.

Wie in Abschnitt 2.1 (Anfangsereignisse) angegeben ist, werden viele lokale Phänomene nicht von einem einzelnen Anfangsereignis ausgelöst sondern von einer Reihe von Bedingungen. Daher kann ein lokales Phänomen gleichzeitig sowohl vom Menschen verursachte als auch natürliche Komponenten haben, z. B. bei einem Dammbbruch. In diesem spezifischen Fall wurde beschlossen, aus Gründen der methodischen Einfachheit den Dammbbruch auf dieselbe Weise wie andere Arten von Überschwemmungen zu behandeln (d. h. wie eine natürliche Gefahr).

Tabelle 2 – Liste der lokalen Phänomene: Natürliche Gefahren

Gefahrenkategorie	Lokales Phänomen	
<b>Meteorologische Gefahren</b>	Sturm	Blitzschlag
	Starkregen	Sandsturm
	Extremer Schneefall	Nebel
	Schneeverwehungen	Hagel
	Sandverwehungen	Extrem hohe Temperaturen
	Sturmflut	Extrem tiefe Temperaturen
	Vereisung	
<b>Geophysische Gefahren</b>	Erdbeben	Tsunami
	Bodenverformung/-verschiebung	Lavastrom
	Bodensenkung	Lahar
	Bodenverflüssigung	Aschewolke
	Erdfall	
<b>Gravitationsbedingte Gefahren</b>	Schneelawine	Steinschlag
	Murgang	Felssturz
	Hangmuren	Klippen-Sturz
	Tiefreichende Hangbewegungen	
<b>Hydrologische Gefahren</b>	Flusshochwasser und Seehochwasser	Grundhochwasser
	Sturzflut	Gletscherflut
	Stadthochwasser	
<b>Andere Gefahren</b>	Umgestürzte Bäume	Stromausfall
	Flächenbrand	Nagetiere
	Erdmagnetischer Sturm	Kreuzende Tiere

## 3. Kategorisierung der Infrastruktur und Anfälligkeit für konkrete Gefahren

### 3.1 Infrastrukturtypen

Entsprechend dem grundlegenden konzeptuellen Schema, das in der Ablaufkette angewandt wird, folgt nach der Charakterisierung der potenziellen Ereignisse (Gefahren), die die Sicherheit und die Einsatzfähigkeit der Infrastruktur beeinträchtigen können, die Bewertung der lokalen Folgen, die von den Auswirkungen auf jeden Infrastrukturtyp ausgehen.

Das Gesamtziel ist die Identifikation der Art der potenziellen Anfälligkeiten verbunden mit der Schadensanfälligkeit jedes Infrastrukturelements, unter Berücksichtigung der Art der Auswirkung. Die Auswirkungen können auch andere Folgen für die Beteiligten und die Gemeinschaft im Allgemeinen (globale Folgen) haben, die hier nicht in Betracht gezogen werden.

Für den Anwendungsbereich der Methodik wurde eine Reihe von Anlagegut-Typen ausgewählt.

1. Brücken,
2. Tunnel,
3. Dämme,
4. Einschnitte,
5. Zentralsysteme.

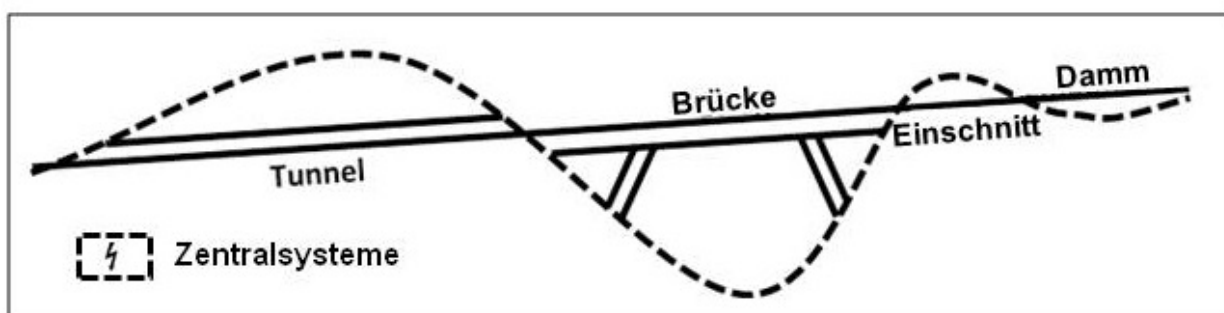


Abbildung 4 – Wichtigste Anlagegut-Typen die berücksichtigt werden

Die ersten vier Anlagegut-Typen, die betrachtet werden (Brücken, Tunnel, Dämme und Einschnitte) können allgemein als strukturelle Anlagegüter bezeichnet werden, da diese die physischen Teile der Transportinfrastruktur darstellen (Abbildung 4). Tunnel und Brücken werden verwendet, um verschiedene Arten von Hindernissen zu überwinden. Tunnel sind im Untergrund oder unter Wasser liegende röhrenförmige Bauwerke, die unter der Oberfläche gegraben werden (normalerweise unter Bergen oder städtischen/sensiblen Gebieten), während Brücken Strukturen sind, die zum Überspannen von physischen Hindernissen, unter anderem über Gewässer, Täler oder Straßen, errichtet werden.



Einschnitte und Dämme werden verwendet, um das natürliche Gelände an die Anforderungen des Straßen-/Schienenprofils anzupassen. Im Allgemeinen können offene Straßen- und Schienenabschnitte als Einschnitte oder Dämme oder als Aufeinanderfolge beider kategorisiert werden. Einschnitte erfordern den Aushub des natürlichen Geländes um das Niveau zu senken, während Dämme Erdarbeiten sind, mit denen das Niveau gehoben wird. All diese Anlagegut-Typen können in Straßen, Schienen oder gemischte Transportsysteme integriert sein.

Ein **Zentralsystem** ist ein System, das von mehr als einem Anlagegut verwendet wird, und das von großer Bedeutung ist, weil es eine essentielle Bedeutung für die Funktionsfähigkeit des Anlageguts hat, insbesondere für Kommunikation, Verkehrsüberwachung oder -steuerung, Sicherheit oder Energieversorgung im Fall von Bahnanlagen. Obwohl es sich bei diesen Aufgaben nicht um Infrastrukturtypen als solche handelt, können sie von allen Gefahren, die in diesem Leitfaden untersucht werden, betroffen sein. Das Auftreten einer Gefahr in einem Zentralsystem hat ähnliche Auswirkungen auf eines oder mehrere der definierten Infrastrukturelemente, wobei die möglichen negativen Auswirkungen im Fall von Eisenbahnen schwerwiegender sind.

## 3.2 Grundbedingungen und Hauptfaktoren

Die Kategorisierung der Infrastruktur basiert auf der Analyse bestehender Transportinfrastrukturen, die in Betrieb sind. Die Infrastrukturmerkmale werden untersucht, um in einer gemeinsamen Methodik die Schadensanfälligkeit zu ermitteln. Die Maßnahmen zur Minderung und/oder Prävention der Gefahr, die zur Zeit der Analyse bereits implementiert sind, werden als Merkmale der Infrastruktur betrachtet. Wenn keine Maßnahmen vorhanden oder diese nicht ausreichend sind, werden am Ende der Analyse Empfehlungen gegeben, welche Maßnahmen implementiert werden können, um die Auswirkungen einer konkreten Gefahr zu mindern oder zu verhindern. Diese Maßnahmen werden in den Gefahrenmerkblättern angesprochen (siehe Abschnitt 5.2).

**Schadensanfälligkeit** wird verstanden als das Maß der Schäden, die die Infrastruktur als Folge einer spezifischen Auswirkung erleiden würde.

Der Infrastruktur-Kategorisierungsprozess bereitet die Informationen auf, die für den nächsten Schritt, nämlich die Bewertung der lokalen Folgen benötigt werden. Entsprechend der neuen Methodik ist diese Charakterisierung das Ergebnis der Kombination von zwei Hauptgruppen von Faktoren:

- **Art der Auswirkung auf die Infrastruktur. Drei Arten von Auswirkungen werden betrachtet: (Verkehrs-)Behinderung, operative Auswirkungen und strukturelle Auswirkungen.**
  - **Behinderung:** das unangekündigte physische Vorhandensein von Fremdkörpern, die ganz oder teilweise die für den Verkehr nutzbare Fläche der Infrastruktur blockieren. Beispiele: Schneefall oder Felsblöcke und Erdbeben. Diese Fremdkörper können auch mit Fahrzeugen kollidieren.
  - **Operative Auswirkungen:** die mehr oder weniger signifikante Reduktion der Funktionalität der Infrastrukturausstattung, die wesentlich für den Verkehrsfluss ist. Beispiel: die Beschädigung eines Verkehrsleitsystems verursacht durch Blitzschlag.

- **Strukturelle Auswirkung: Zusätzliche (statische, dynamische) Belastung der Infrastruktur und/oder reduzierte strukturelle Belastbarkeit.** Beispiel: zu hohes Fahrzeuggewicht kann zum Ausfall des Infrastrukturelements führen.
- **Art der lokalen Folgen für die Infrastruktur. Zwei grundlegende Arten wurden untersucht: Beschädigung, die eine Reparatur und die damit verbundenen Wiederbeschaffungskosten und Betriebsunterbrechungen zur Folge haben.**
  - **Reparatur- und Wiederbeschaffungskosten:** physischer Schaden an der Infrastruktur, der die Reparatur und (oder) den Ersatz von Komponenten oder den teilweisen oder vollständigen Ersatz des Infrastrukturelements erfordern. Diese Kosten werden wahrscheinlich in einer Währungseinheit quantifiziert (z. B. Euro) oder durch nicht dimensionierten Faktoren, die als Referenz für den gefährdeten Wert des Anlagegutes dienen.
  - **Ausfallzeit:** gesamte oder teilweise Unterbrechung des Verkehrs oder des normalen Betriebs der Infrastruktur, die Teil eines Transportinfrastruktur-Netzes ist. Diese Auswirkung verursacht für die Benutzer und die Gemeinschaft, aber auch für die Stelle, die die Infrastruktur verwaltet, unterschiedlichen Schaden und ist daher eine Komponente der globalen Folgen, deren Bewertung nicht Bestandteil dieser Methode ist.

Aus praktischen Gründen wird in der Analyse nur die Ausfallzeit betrachtet, weil diese weniger vom Umfang und dem Land abhängt und daher einfacher zu berechnen ist als die Kosten für den Wiederaufbau und auch weil in den meisten Fällen ein Zusammenhang zwischen den beiden Arten der lokalen Folgen besteht. Daher wird angenommen, dass die Ausfallzeit geeignet ist, die lokalen Folgen als Ganzes darzustellen.

Das Verhältnis zwischen diesen beiden Faktorengruppen hängt von den unterschiedlichen **Schadensanfälligkeiten** ab, die jedem Anlagegut-Typ und jedem Gefahrentyp zugeordnet sind. Diese Schadensanfälligkeiten werden in eine kleine Reihe von Faktoren aufgeteilt:

- **Strukturelle Faktoren**, dazu zählen die als signifikant eingestuften Schadensanfälligkeits-Merkmale, die mit der physischen Struktur und dem mechanischen System, aus dem das Infrastrukturelement besteht, verbunden sind. Diese Merkmale beeinflussen seine Anfälligkeit für die untersuchten Auswirkungen. Beispiel: die Art des Konstruktionswerkstoffs.
- **Natürliche Faktoren**, einschließlich die Merkmale der natürlichen Umgebung, in der das Infrastrukturelement sich befindet und die als wesentlich für sein Verhalten als Reaktion auf die Auswirkung betrachtet werden. Beispiel: die geologischen Gegebenheiten des Standorts.
- **Verkehrsfaktoren**, einschließlich die Hauptmerkmale des Verkehrs bei/auf dem Infrastrukturelement, die die nicht strukturellen Auswirkungen (Störung) wesentlich beeinflussen könnten. Beispiel: die Verkehrsart, Straße oder Schiene.
- **Lokale operative Faktoren**, geben an, ob ein Kommunikationssystem zur Überwachung des Infrastrukturelements oder der Verkehrssteuerung, oder eine Sicherheit oder, im Fall eines Schienennetzes, ein Energieversorgungssystem, die jeweils mit einem zentralen System verbunden sind, vorhanden ist oder nicht.

### 3.3 Kategorisierung

Basierend auf der Erfahrung und dem grundlegenden Wissen über das Verhalten der Infrastrukturelemente, werden die relevanten Punkte für die vier Hauptgruppen der Schadensanfälligkeitsfaktoren - strukturelle, natürliche, Verkehrs- und lokale operative Faktoren - untersucht. Die dargestellten Aspekte beschreiben die Anlagegut-Typen für eine umfassende Analyse der lokalen Folgen ausgedrückt in Kosten und Zeit, obwohl die Analyse in diesem Fall nur den Aspekt Zeit berücksichtigt.

Auf den folgenden Seiten wird eine Reihe von Faktoren beschrieben, die für die Kategorisierung jedes der fünf Anlagegut-Typen verwendet wurden. Eine detailliertere und umfassendere Liste von Faktoren finden Sie im Internet ([www.alltrain-project.eu](http://www.alltrain-project.eu)).

### **Dämme**

Zu den relevanten Faktoren für die physische Schadensanfälligkeit von Dämmen, die Bestandteil von Straßen- oder Schienennetzen sind, zählen als strukturelle Faktoren auch die Konstruktionsart, die wesentlichen geometrischen Eigenschaften und die Entwässerungssysteme. Die Art der Schienen oder des Belags und das Vorhandensein von Hilfsstrukturen für Schienensysteme werden ebenso berücksichtigt. Die anderen Faktoren sind dieselben wie jene, die für Tunnel verwendet werden, d. h. die geologischen/geotechnischen und hydrologischen Merkmale des Standorts auf und unter der Oberfläche, mit Rücksicht auf die natürlichen Faktoren und die Kategorie, die Art und das Volumen des Verkehrs und die Verbindung zu einem Verkehrsknotenpunkt mit Berücksichtigung der Verkehrsfaktoren. Die lokalen operativen Faktoren identifizieren die mögliche Existenz von Systemen, die an die Infrastruktur angrenzen und die mit anderen Straßen-/Schienenabschnitten verbunden sind.

### **Einschnitte**

Zu den Faktoren, die für die physische Schadensanfälligkeit von Einschnitten in Straßen- oder Schienennetzen verantwortlich sind, zählen die Bauart, die wesentlichen geometrischen Merkmale (Seitenböschungen und Tiefe), das Entwässerungssystem und die Stützstruktur. Die strukturellen Bedingungen, die Art der Schienen oder des Belags und das Vorhandensein einer Hilfsstruktur werden ebenfalls in Betracht gezogen. Die anderen Faktoren sind dieselben wie jene, die für Tunnel und Dämme verwendet werden, d. h. Kategorie, Art und Volumen des Verkehrs und die Verbindung zu einem Verkehrsknotenpunkt unter Berücksichtigung der Verkehrsfaktoren und der geologischen/geotechnischen und hydrologischen Gegebenheiten des Standortes über und unter der Oberfläche, und unter Berücksichtigung der natürlichen Faktoren. Für die Beschreibung des natürlichen Gefälles wird ein zusätzlicher natürlicher Faktor eingefügt. Die lokalen operativen Faktoren identifizieren die mögliche Existenz von Systemen, die an die Infrastruktur angrenzen und die mit anderen Straßen-/Schienenabschnitten verbunden sind.

### **Brücken**

Zu den Faktoren, die für die Beurteilung der physischen Schadensanfälligkeit von Brücken, die Teil eines Straßen- oder Schienennetzes sind, herangezogen werden, zählen die Bauart der Brücke, d. h. das Konstruktionssystem, der Querschnitt und das Material, sowie die wesentlichen geometrischen Daten der Brücke (Spannweite, Höhe und Länge), die Struktur, die Position der Pfeiler, der Sockel der Brücke, der

Art des Fahrbahnbelags bzw. der Pflasterung und das Vorhandensein von Hilfskonstruktionen (für den Bahnbetrieb). Bei den natürlichen Faktoren werden der Sockel und die Überquerungsart der Brücke betrachtet, die verkehrsbezogenen Faktoren beschreiben die spezifischen Merkmale des lokalen Verkehrs: Kategorie (auf der Brücke und unter der Brücke), Art und Volumen, Verbindung mit einem Verkehrsknoten oder nicht. Die lokalen operativen Faktoren identifizieren die mögliche Existenz von Systemen, die an die Infrastruktur angrenzen und die mit anderen Straßen-/Schienenabschnitten verbunden sind.

### **Tunnel**

Zu den Faktoren für die Beurteilung der physischen Schadensanfälligkeit von Tunneln, die Teil eines Straßen- oder Schienennetzes sind, zählen bei den strukturellen Faktoren die Bauart des Tunnels (Konstruktionssystem und Querschnitt), die wesentlichen geometrischen Daten (Länge, Querschnittsfläche und Rohrdeckung) sowie die besonderen Merkmale, die seine Leistungsfähigkeit in einigen der untersuchten Gefahrensituationen beeinflussen können: Entwässerungs- und Belüftungssystem, Brandschutz und Notfall-Meldesystem sowie baulicher Zustand. Es werden auch die Art der Auskleidung und die Art des Belags bzw. der Pflasterung und das Vorhandensein von Hilfsstrukturen berücksichtigt. Die natürlichen Faktoren, die betrachtet werden, sind die geologischen/geotechnischen und die hydrologischen Eigenschaften des Standorts, im letzteren Fall sowohl über als auch unter der Oberfläche. Die Verkehrsfaktoren beschreiben die spezifischen Merkmale des lokalen Verkehrs (Kategorie, Art und Dichte des Verkehrs), die einen gravierenden Einfluss auf die Folgen des Auftretens einer spezifischen Auswirkung haben und ob eine Verbindung zu einem Verkehrsknoten vorhanden ist oder nicht. Die lokalen operativen Faktoren identifizieren die mögliche Existenz von Systemen, die an die Infrastruktur angrenzen und die mit anderen Straßen-/Schienenabschnitten verbunden sind.

### **Zentralsysteme**

Die Faktoren für die physische Schadensanfälligkeit von Zentralsystemen, die in ein Straßen- oder Schienennetz eingebunden sind, die sich aber in einer gewissen Entfernung von Brücken, Tunneln, Dämmen oder Einschnitten befinden, umfassen strukturelle, natürliche und Verkehrsfaktoren. Die Strukturfaktoren zur Beschreibung der Zentralsysteme umfassen Bauweise und Zustand, Fundamentsystem und das Vorhandensein eines Fernzugriffs. Die natürlichen Faktoren beschreiben die geologischen/geotechnischen Verhältnisse und das Bodenprofil am Standort. Die Verkehrsfaktoren charakterisieren das durchschnittliche Verkehrsaufkommen, das durch das Zentralsystem oder in Abhängigkeit vom Zentralsystem kontrolliert wird.

### **Gefahrenanfälligkeiten - Beispiel**

Als Beispiel dafür, wie die Tabellen und die Faktoren für die Schadensanfälligkeit verwendet werden können, wird die Schadensanfälligkeit eines Damms bei der Gefahr einer Bodensenkung betrachtet. Die ausgewählten Faktoren sind in Tabelle 3 dargestellt, sie wurden nur nach ihrer Relevanz hinsichtlich der Ausfallzeit ausgewählt.

Das Ausmaß der Auswirkungen auf die Ausfallzeit, verursacht durch die lokalen Auswirkungen von Bodensenkungen auf einen Damm, hängt wesentlich von bestimmten strukturellen Faktoren ab, die die wichtigsten für diese Gefahr relevanten physischen Merkmale des errichteten Anlageguts beschreiben.

Dazu zählen die Bauart und insbesondere die Höhe des Damms, aber auch die Merkmale des Schienenstrangs, der ein kritischer Faktor bei Bodenverformungen ist. Obwohl ein schotterloses Gleis kleine Verformungen besser bewältigt, kann es bei Verformungen, die ein bestimmtes Ausmaß überschreiten und die die Unversehrtheit der Struktur des Schienenstrangs beeinträchtigen, zu signifikant erhöhten Ausfallzeiten kommen.

Andererseits wird das Auftreten von Bodensenkungen meist durch lokale geotechnische, geologische und hydrologische Bedingungen des Standortes beeinflusst, nämlich weiche Böden, hoher Grundwasserspiegel, wasserempfindliche Böden, die Bedingungen schaffen, durch die die Gefahr signifikante lokale Folgen hat.

Obwohl in einigen Fällen andere Faktoren positive oder negative Auswirkungen haben können, ist ihre Bedeutung geringer und kann letztendlich auf andere Weise berücksichtigt werden.

Tabelle 3 – Faktoren zur Beschreibung von Dämmen unter Berücksichtigung von Bodensenkung (nur Ausfallzeit)

<b>Strukturelle Faktoren</b>	
<i>Bauart</i>	Beeinflusst das Ausmaß der Auswirkung.
<i>Höhe</i>	Beeinflusst erheblich das Ausmaß der Auswirkung.
<i>Art der Schienen oder des Belags</i>	Beeinflusst erheblich das Ausmaß der Auswirkung.
<b>Natürliche Faktoren</b>	
<i>Geologische/geotechnische Untergrundverhältnisse</i>	Beeinflusst direkt die Möglichkeit des Auftretens einer Gefahr.
<i>Hydrologische Verhältnisse</i>	Beeinflussen direkt die Möglichkeit des Auftretens einer Gefahr.
<i>Wasserempfindliche Böden</i>	Beeinflusst direkt die Möglichkeit des Auftretens einer Gefahr.
<b>Verkehrsfaktoren</b>	
<i>Nicht zutreffend (geringe Bedeutung)</i>	
<b>Lokale operative Faktoren</b>	
<i>Nicht zutreffend (geringe Bedeutung)</i>	

## 4. Beurteilungsmethode - Grundlagen

### 4.1 Konzept der Beurteilungsmethode

Die Beurteilungsmethode ist das Herzstück von AllTrain – sie entspricht dem Kasten in der Mitte der Grafik mit dem Dual-Entrance-Ansatz in Abbildung 1. Entsprechend dem Dual-Entrance-Ansatz gibt das Beurteilungsmodell dem Endanwender die Möglichkeit:

- ein Infrastrukturelement einzugeben und Informationen über relevante Gefahren abzufragen (erster Eingang);
- eine spezifische Gefahr einzutragen und Informationen über besonders schadensanfällige Infrastrukturelemente zu erhalten (zweiter Eingang).

So ist es die Aufgabe der Beurteilungsmethode, die Gefahren (Kapitel 2) auf sinnvolle Art mit den Anlagegütern zu verbinden (Kapitel 3), d. h. auf eine Weise, dass die Realität auf sinnvolle Weise dargestellt wird und die Betreiber der Infrastruktur einen zusätzlichen Nutzen haben. Um dieses Ziel zu erreichen, sind folgende Schritte erforderlich:

- Der erste Schritt ist, ein Verständnis dafür aufzubauen, wie die Gefahren, Auswirkungen und Schäden kausal miteinander verbunden sind. Die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten von Gefahren, Infrastrukturtypen und unterschiedlichen Bedingungen ist groß. Daher ist es eine der zentralen Herausforderungen von AllTrain, ein Modell zu schaffen, das der Komplexität dieses Zusammenspiels gerecht wird und gleichzeitig die redundanten und irrelevanten Kombinationen so weit wie möglich einschränkt. Basierend auf zwei Beispielen beschreibt Abschnitt 4.2 den gewählten Ansatz während Abschnitt 4.3 zeigt, wie das Modell tatsächlich entstanden ist – d. h. wie es mit echten Informationen befüllt wurde.
- Nachdem das Modell erstellt und Informationen eingegeben waren, war die nächste Herausforderung, das in dem Modell enthaltene Wissen den Endanwendern, d. h. den Betreibern von Straßen- und Schieneninfrastruktur in ganz Europa zugänglich zu machen. Zu diesem Zweck wurde ein Software-Programm entwickelt, um den Benutzern die Möglichkeit zu geben, Informationen über relevante Gefahren für eine bestimmte Infrastruktur abzuleiten (erster Eingang im Dual-Entrance-Ansatz, beschrieben in Abschnitt 5.1).
- Beim zweiten Eintrag im Dual-Entrance-Ansatz wird eine spezifische Gefahr ausgewählt, um Informationen über besonders anfällige Infrastrukturtypen zu erhalten. Um diesen Eintrag für den Endanwender zugänglich zu machen, wurden für alle Gefahren Gefahrenmerkmale erstellt, die wiederum auf dem Beurteilungsmodell basieren (Abschnitt 5.2).

### 4.2 Konzept des Gefahrenbaums

Aus der Perspektive des Endanwenders (Frontend) ist das AllTrain -Modell ein Tool, das die relevanten Gefahren für ein bestimmtes Infrastrukturelement und umgekehrt Infrastrukturtypen, die für eine gegebene Gefahr anfällig sind, identifizieren kann (siehe Abbildung 1).

Aus der Backend-Perspektive ist dafür nötig, die in Kapitel 2 aufgelisteten Gefahren (lokale Phänomene) mit den in Kapitel 3 beschriebenen Infrastrukturtypen zu verbinden. Angesichts der großen Zahl der Infrastrukturmerkmale kann die Anzahl der möglichen Kombinationen sehr groß sein. Um das

Beurteilungsmodell zu generieren, ist es nötig, effizient die relevanten Kombinationen zu identifizieren. Effizienz ist auch im nächsten Arbeitsschritt wesentlich, in dem alle Kombinationen aus Gefahr und Infrastruktur mit Expertenwissen über mögliche Auswirkungen und Konsequenzen befüllt werden.

Der gewählte Ansatz verwendet die Gefahren (lokale Phänomene) aus Tabelle 1 und Tabelle 2 als Ausgangspunkt. Der wesentliche Vorteil ist, dass die Anlagegüter (Infrastrukturelemente) nur nach strukturellen Faktoren und nach Faktoren, die für das betreffende spezifische lokale Phänomen relevant sind, unterteilt werden. Die Unterscheidung von Bahndämmen in elektrifizierte und nicht elektrifizierte Abschnitte ist äußerst relevant, wenn das lokale Phänomen Vereisung ist, aber weniger relevant, wenn es sich um Schneetreiben handelt. Für diesen Ansatz kann ein beliebiger Detaillierungsgrad verwendet werden, und er hilft gleichzeitig, redundante und inhaltsleere Informationen zu vermeiden.

Abbildung 5 zeigt eine Vorlage für das Erstellen eines Bewertungsmodells für ein bestimmtes lokales Phänomen und die Eingabe der Informationen: Vorläufer des lokalen Phänomens (Dispositions-kriterien, Auslöser, Schutzmaßnahmen) befinden sich auf der linken Seite, Folgeereignisse und Struktur-faktoren befinden sich rechts. Vorläufer können in weitere Vorläufer aufgegliedert werden, Folgeereignisse in weitere Folgeereignisse. Im Prinzip entspricht dieser Ansatz einer kombinierten Fehlerbaum- und Ereignisbaumanalyse (FTA/ETA). Die rechte Seite des AllTrain Ansatzes, die in Abbildung 5 gezeigt wird, ist jedoch nicht ein Ereignisbaum im strengen Sinn, da die Verzweigungen nicht rein auf Ereignissen basieren sondern eine Mischung aus strukturellen Faktoren und Ereignissen. Als Bezeichnung für den beschriebenen Ansatz wird im Kontext von AllTrain der Begriff "Gefahrenbaum" eingeführt.

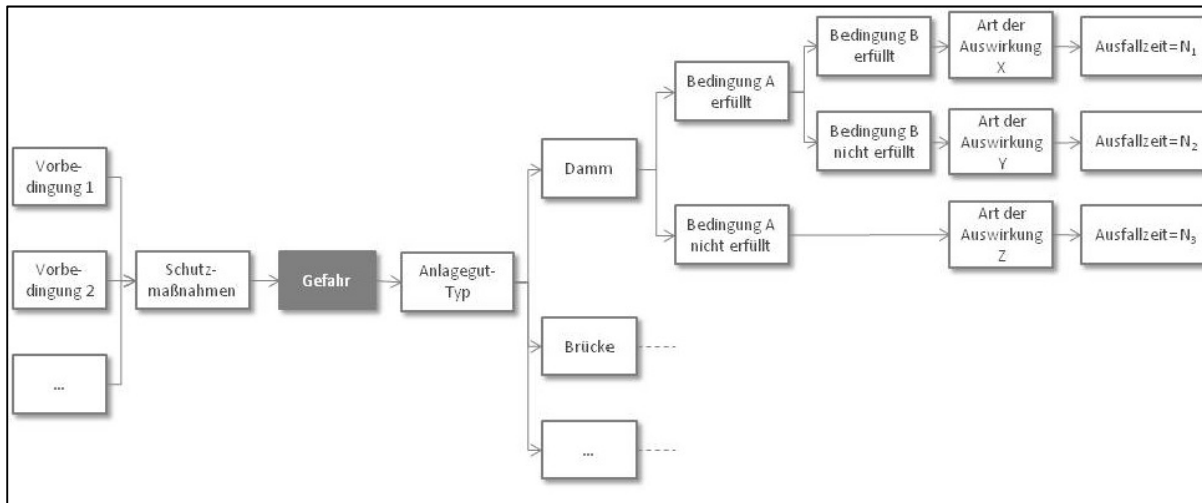


Abbildung 5 – Allgemeines Layout eines Gefahrenbaums



## 5. Beurteilungsmethode - Anwendung

Wie in Abbildung 1 gezeigt, gibt es zwei mögliche Wege für die Anwendung der AllTrain Beurteilungsmethode ("Dual-Entrance"-Ansatz):

- ein spezifisches Anlagegut eingeben um Informationen über relevante Gefahren zu erhalten (erster Eingang);
- eine spezifische Gefahr eintragen, um Informationen über besonders anfällige Arten von Anlagegütern zu erhalten (zweiter Eingang).

Das AllTrain-Tool ist eine benutzerfreundliche App, die den ersten Eingang implementiert (Abschnitt 5.1).

Das AllTrain Gefahrenmerkblatt ist eine enzyklopädische Reihe von Gefahrenbeschreibungen und entspricht dem zweiten Eingang (Abschnitt 5.2).

### 5.1 Das AllTrain-Tool

Die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Gefahrenbäume enthalten die Informationen, die benötigt werden, um die relevanten Gefahren und Folgen für ein bestimmtes Infrastrukturelement zu identifizieren (erster Eingang im AllTrain Dual-Entrance-Ansatz): Mithilfe des AllTrain-Tools kann der Enduser diese Informationen über das Internet abfragen unter: [www.alltrain-project.eu](http://www.alltrain-project.eu), hier ist auch ein kleines Handbuch verfügbar.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Gefahrenbäume von der Mitte aus (Gefahr) zu den Zweigen hin (Vorläufer und Folgeereignisse/strukturelle Faktoren) generiert werden. Die App ermöglicht dem User auch, den umgekehrten Weg zu gehen, d. h.

- eine Reihe von strukturellen Faktoren und Folgeereignissen auszuwählen und
- eine Reihe von Gefahrenvorläufern (Dispositionskriterien, Auslöser, Schutzmaßnahmen), auszuwählen,

und Informationen über mögliche Gefahren und erwartete Konsequenzen abzurufen. Da jedes Mal, wenn der User eine neue Kombination aus strukturellen Faktoren und Gefahrenvorläufern auswählt, eine große Anzahl an Gefahrenbäumen verarbeitet wird, ist dieser Prozess nicht einfach.

Das AllTrain-Tool ist ein Wizard-ähnlicher Empfehlungsmechanismus, der die Anlagegüter mit den relevanten Gefahren verbindet. Empfehlungsmechanismen sind Softwareprogramme und -techniken, die einem User potenziell nützliche Dinge vorschlagen. Sie werden vermehrt im Bauwesen angewandt. Damit sparen die Anwender sowohl Zeit als auch Kosten, weil durch das vorhandene Fachwissen präzisere Entscheidungen möglich sind.

Die App besteht aus zwei Teilen: der erste Teil ist ein ontologie-basierter Entscheidungsbaum-Lernalgorithmus, der mit den resultierenden Ontologien und den Daten in den Gefahrenbäumen trainiert wurde, der zweite Teil spezifiziert die inneren Parameter. Der Anwender definiert die Verkehrsinfrastruktur, die akzeptablen Auswirkungen, die Umweltgegebenheiten und -bedingungen, die Gefahren auslösen können und die akzeptable Wiederherstellungszeit.

Die Software ist in HTML5 geschrieben, dadurch ist der Inhalt von jedem Desktop- und Mobilgerät ohne Installation oder Kompilation auf dem Zielgerät abrufbar. HTML5 bietet auch ein besseres Benutzererlebnis und ein aufwendigeres Design.

Das Frontend bietet dem Anwender eine Anleitung für die Entwicklung eines Merkmalvektors mit Hilfe eines Wizard-ähnlichen Systems, in dem die Merkmale des gefährdeten Anlageguts eingegeben werden. Für das Backend wurden zwei Entscheidungsbaum-Maschinelernalgorithmen trainiert unter Verwendung eines AllTrain-Produkts, das in maschinenlesbare Wörterbücher übersetzt wurde. Die Maschinelernalgorithmen eliminieren dann die Gefahren, die nicht klassifiziert werden können, entsprechend des Merkmalvektors, der vom Anwender erstellt wurde.

Der erste Algorithmus wurde mit den Merkmalen der Anlagegüter (Infrastrukturelemente) trainiert. Daten über den Typ der Infrastruktur und verschiedene strukturelle und andere Faktoren werden verwendet, um Gefahren auszuschließen, von denen der entsprechende Infrastrukturtyp nicht betroffen sein kann. Die visualisierten Strukturfaktoren werden auch von der benutzerdefinierten Infrastruktur (Merkmalvektor) beeinflusst hinsichtlich der Frage, ob sie in der Lage sind, eine Gefahr abzuwenden.

Der dritte Entscheidungsbaum-Algorithmus wurde basierend auf kritischen Kombinationen zwischen unterschiedlichen Umweltfaktoren und der Frage, ob sie in der Lage sind, eine Gefahr auszuschalten, trainiert. Ein Steilhang und das Fehlen eines Schutzwaldes sind beispielsweise kritische Bedingungen für das Entstehen einer Lawine.

Die abschließend visualisierten Gefahren werden durch die Verbindung der beiden resultierenden Gefahrenlisten generiert.

## 5.2 Gefahrenmerkblätter

Die zweite Aufgabe des Dual-Entrance-Ansatzes ist es, alle Merkmale zu identifizieren, die ein Anlagegut anfällig für eine bestehende Art von lokalen Gefahrenphänomenen machen (zweiter Eingang des Dual-Entrance-Konzepts).

Im Gegensatz zum ersten Eingang (alle Gefahren für ein gegebenes Anlagegut), ist der zweite Eingang für den User nicht über eine App sondern über das Merkblatt zugänglich.

Diese Merkblätter geben einen Überblick über:

- die allgemeine Phänomenologie (Beschreibung),
- die Dispositionskriterien der Gefahr,
- die internen Schwellen (Auslöseschwellen) oder die externen Auslöser,
- die Relevanz für unterschiedliche Infrastruktur-Typen,
- mögliche Schutzmaßnahmen.

Abbildung 6 zeigt das Merkblatt für Murgänge (natürliche Gefahr).

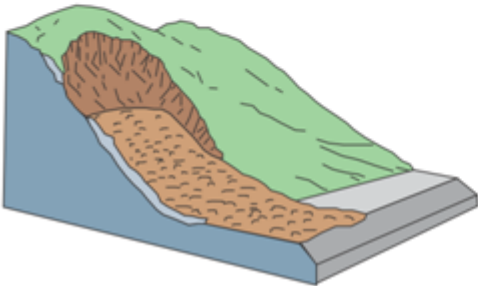

<b>Local Phenomenon No. 24:</b>		<b>Debris flow</b>	
<b>Hazard category:</b>		Gravitational hazards	
<b>Description:</b> Debris flow is the downslope mass movement, by either inertial or viscous processes at velocities greater than those of creep or solifluction, of a non-Newtonian slurry of a plastic mixture of water and generally coarse, poorly sorted sediment; debris-flow slurries, depending on the particle-size distribution of the sediment, typically range from 50 to 80 % sediment by volume. Debris flows follow unusually heavy rainfall or the sudden thaw of frozen ground and are capable of carrying large boulders. They commonly cut V-shaped channels, at the sides of which coarser material may accumulate as the more fluid central area moves down-channel. Debris may travel over many kilometers.			
<b>Disposition criteria:</b>		<b>Triggering Event:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Geology</li> <li>– Potential for debris</li> <li>– Soil saturation</li> <li>– Relief</li> <li>– Type of debris</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Intense rainfall</li> <li>– Long-lasting rainfall</li> <li>– Hail</li> <li>– Snowmelt</li> </ul>	
<b>Relevance for:</b>		<b>Main effects on infrastructure:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bridges</li> <li>– Embankments</li> <li>– Tunnels</li> <li>– Bridges</li> <li>– Centralized Systems</li> </ul>		Debris flows can provoke severe structural damage and even the collapse of bridges due to the impact of the mixture of solids (rock blocks) and water. Roads and railways can also be put out of service due to the deposition of large volumes of solid material.	
<b>Measures:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Check dams</li> <li>– Deviating channels</li> <li>– Water deflecting structure (dyke)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Debris flow deflecting structures (barrier, shelter and bridge)</li> <li>– Log erosion barrier</li> </ul>	
<b>Picture/scratch:</b>			
			

Abbildung 6 – Murgang: Merkblatt

## 6. Identifikation möglicher Maßnahmen

### 6.1 Möglichkeiten für die Maßnahmenumsetzung

Die vorgeschlagene Methodik behandelt die möglichen Minderungs- und Präventivmaßnahmen, die zur Zeit der Errichtung und/oder zur Zeit der Analyse vorhanden sind, als Merkmale der Infrastruktur. So beinhalten die Gefahrenbäume eine Abfrage über die Maßnahmen sofort nach der Feststellung der Gefahr und vor der Beschreibung der Merkmale des Anlageguts (Infrastrukturelement).

### 6.2 Arten von Maßnahmen

Dieses Kapitel hat zum Ziel, die möglichen Maßnahmen zu identifizieren und zu definieren, um für jeden untersuchten Typ der Transport-Anlagegüter die Auswirkungen der Gefahren, die in diesem Leitfaden definiert werden, zu mindern oder zu verhindern.

Die vorgestellten Maßnahmen können struktureller, operativer oder organisatorischer Art sein und ihr Ziel ist ausschließlich, die Gefahren oder ihre Auswirkungen vom Standpunkt der in diesem Projekt erfassten lokalen Folgen aus - Schäden an der Infrastruktur und Ausfallzeiten - zu verhindern oder zu mindern. Mit anderen Worten, dieser Ansatz berücksichtigt nicht die globalen Konsequenzen oder potenzielle menschliche Verluste.

#### 6.2.1 Allgemeine Maßnahmen

Es gibt eine Reihe von Präventiv- und Minderungsmaßnahmen, die für alle Infrastruktur-Typen angewandt werden können, ungeachtet der betrachteten Gefahr. Diese Maßnahmen können als gute allgemeine Praktiken für eine breitgefächerte Verwendung im Bereich des Managements von Transport-Anlagegütern betrachtet werden:

- Verkehrsredundanz
- Installation von (automatischen) Überwachungssystemen - CCTV
- Raumplanung
- Frühwarnsysteme für Naturkatastrophen

#### 6.2.2 Spezifische Präventiv- und Minderungsmaßnahmen

Für jede der untersuchten natürlichen oder vom Menschen verursachten Gefahren wurde eine Liste der spezifischen Maßnahmen erstellt, um die Auswirkungen jeder Gefahr abzuwenden oder zu mindern.

Diese Maßnahmen finden Sie online unter [www.alltrain-project.eu](http://www.alltrain-project.eu) as part of the following documents:

- die Gefahrenmerkblätter (vergl. Abbildung 6)
- der Maßnahmenkatalog, in dem zusätzliche Details enthalten sind

## 7. Schlussfolgerungen

Der All-Hazard Guide ist ein praktischer, benutzerfreundlicher Leitfaden, der von öffentlichen und privaten Eigentümern und Betreibern von Straßen- und Schieneninfrastrukturen in Europa verwendet werden kann, sowie von den Behörden, die für die Umsetzung des Rechtsrahmens für die Verfügbarkeit und/oder die Sicherheit von Transportinfrastrukturen verantwortlich sind.

Der Leitfaden identifiziert einerseits die spezifischen Gefahren, die möglicherweise einen beträchtlichen Einfluss auf eine gegebene Infrastruktur haben können und andererseits die Infrastrukturelemente im Netz, die anfällig für spezifische Gefahren sein könnten.

Mit Hilfe des All-Hazard Guides ist es möglich, Straßen- und Schieneninfrastrukturen qualitativ zu bewerten, einschließlich vom Menschen absichtlich oder unabsichtlich verursachter Gefahren und natürlicher Gefahren.

Mittel- und langfristige wird der Leitfaden zu einer besser koordinierten Strategie für die Prävention, Abwehrbereitschaft und Folgenbewältigung im Zusammenhang mit Terrorakten und anderen Sicherheitsrisiken für kritische Transportinfrastrukturen in Europa beitragen.

# ProjektInformationen

AllTrain: All-Hazard Guide für Transportinfrastrukturen

## Projektlaufzeit:

1.7.2013 – 30.6.2015



With the financial support of the Prevention, Preparedness and Consequence Management of Terrorism and other Security-related Risks Programme (CIPS)  
**European Commission – Directorate-General Home Affairs**

## Projektpartner:



### Bundeanstalt für Straßenwesen

Brüderstraße 53  
D-51427 Bergisch-Gladbach  
Deutschland  
[www.bast.de](http://www.bast.de)



### ILF Beratende Ingenieure

Harrachstraße 26  
A-4020 Linz  
Österreich  
[www.ilf.com](http://www.ilf.com)



### CENOR Consulting Engineers, S.A.

Rua das Vigias, No.2, Piso 1, Parque das Nações  
P-1990-506 Lissabon  
Portugal  
[www.cenor.pt](http://www.cenor.pt)



### Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.

Lišeňská 33a  
CZ-636 00 Brunn  
Tschechische Republik  
[www.cdv.cz](http://www.cdv.cz)

## Projektkoordinator:

Bundeanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53  
D-51427 Bergisch Gladbach  
Deutschland  
[alltrain@bast.de](mailto:alltrain@bast.de)