

Bericht Steinschlagrisiko

Challenge CWM1

Livio Prosdocimo, Roberto Lorusso, Linus Ackermann

08.06.2024

Inhaltsverzeichnis

Problem	2
Wahrscheinlichkeitsmodellierung	3
Zufallsvariablen	3
Verteilungen	4
Zone 1 Masse	4
Zone 1 Geschwindigkeit	4
Zone 1 Zeitabstände	4
Zone 2 Masse	4
Zone 2 Geschwindigkeit	4
Zone 2 Zeitabstände	4
Simulation	5
Generieren	5
Wahrscheinlichkeitsberechnung	5
Ergebniss	6
Empfehlung	7

Problem

Die Kantonsstrasse nach Schiers GB ist von Steinschlägen betroffen. Um die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten, wurde im Auftrag des Kantonsingenieurs diese Risikoanalyse erstellt.

An zwei Stellen des Hangs fallen täglich Steine herunter. Bevor diese die Strasse erreichen, werden sie von Fangnetzen aufgehalten. Diese Netze können eine bestimmte Menge an Energie von herabfallenden Steinen aufnehmen. Wenn jedoch Steine in den Netzen liegen, verringert sich ihre Haltekraft. Die Netze werden täglich geräumt. Durch die Abnutzung der Netze hat sich die Stabilität beeinträchtigt und das Risiko erhöht.

Es muss entschieden werden, ob eine Strassensperrung unvermeidlich ist. Diese Analyse soll die Basis für die Entscheidung des Kantonsingenieurs bilden.

Wahrscheinlichkeitsmodellierung

Die Bestimmung der Notwendigkeit einer Strassensperrung besteht in der Ermittlung der modellierten Wahrscheinlichkeit für einen Todesfall infolge eines Steinschlags. Dabei ist eine Berücksichtigung diverser Variablen erforderlich, welche einen Einfluss auf einen tatsächlichen Todesfalls ausüben. Die Zusammensetzung dieser Variablen determiniert die Gesamtwahrscheinlichkeit für einen Todesfall, welche einen Wert von unter 0.002 nicht überschreiten darf, um das Risiko auszuschliessen.

Zufallsvariablen

Im ersten Schritt muss ein Todesfall simuliert und die Schritte bis zu diesem Ereignis analysiert werden, um die relevanten Variablen zu identifizieren.

Ein Steinschlag mit einer so grossen Energie, dass die Netze reissen, ist erforderlich, damit eine Verkehrsperson auf dieser Strasse ums Leben kommen könnte. Ausserdem muss sich während dieses durchbrechenden Steinschlags ein Fahrer in der Todeszone befinden. Die Todeszone bezeichnet den Bereich, in dem eine Reaktion nicht mehr möglich ist und ein Zusammenprall unausweichlich ist.

Zunächst sind die Umstände zu eruieren, unter denen ein Steinschlag ein Netz durchbrechen kann. Zu diesem Zweck wurden durch Expertisen folgende Kriterien definiert.

- Ein Steinschlag bricht durch, wenn die Energie 1200 kJ übersteigt.
- Ebenso reissen die Netze, wenn das Gewicht der bereits im Netz befindlichen Steine, also der vorherigen Steinschlägen, über 2000 kg beträgt. In diesem Fall erfolgt ein Reißen der Netze bereits bei einem Steinschlag von 600 kJ.
- Die Entfernung der Steine im Netz erfolgt durch ein vor Ort stationiertes Team, welches spätestens alle 24 Stunden tätig wird.

Somit müssen folgende Eigenschaften eines Steinschlags berücksichtigt werden, um die Wahrscheinlichkeit eines Durchbruchs zu definieren:

- Geschwindigkeit und Masse der Steinschläge: Diese sind erforderlich, um die Energie eines Steinschlags zu berechnen. Die Formel dafür lautet:
- Die zeitlichen Abstände zwischen den Steinschlägen und deren Masse: Diese Informationen sind notwendig, um zu ermitteln, wie viele Steine sich noch im Netz befinden könnten und welche Masse sie haben.

Um diese beiden Aspekte zu ermitteln, benötigen wir Daten zu Masse, Geschwindigkeit und zeitlichen Abständen der Steine. Experten und Geologen haben diese Daten in den letzten Monaten bei den vorkommenden Steinschlägen gesammelt und für die Modellierung zur Verfügung gestellt. Diese Daten bilden die Grundlage für diese Analyse.

Da Steinschläge über einen Zeitraum von drei Monaten aufgrund der begrenzten Anzahl an Ereignissen keine verlässlichen Aussagen über die aktuelle Gefahr ermöglichen, müssen Fälle nachgestellt werden. Um eine solche Simulation korrekt durchzuführen, werden die vorhandenen Daten der Steinschläge in die drei Kategorien Masse, Geschwindigkeit und zeitliche Abstände unterteilt.

Dann können diese Daten anhand ihren Eigenschaften simuliert werden. Dafür wird für jede Kategorie eine Wahrscheinlichkeitsverteilung zugeordnet. Durch die Zuordnung können die Eigenschaften der Daten anhand einem theoretischen Modell widerspiegelt werden und Fälle nachstellen, die der Vergangenheit am nächsten kommen.

Verteilungen

Zone 1 Masse

Zone 1 Geschwindigkeit

Zone 1 Zeitabstände

Zone 2 Masse

Zone 2 Geschwindigkeit

Zone 2 Zeitabstände

Simulation

Generieren

Wahrscheinlichkeitsberechnung

Ergebniss

Empfehlung