
Risikobewertung und Kosten-Wirksamkeit von Sicherheitsmassnahmen bei Eisenbahntunnels

Charles Fermaud, EBP, Schweiz

Regelungswut, auch in der Schweiz

- Neue Zürcher Zeitung vom 21. März 2017
- Regulierungs- und Verfahrensdickicht bei Seilbahnprojekten

- Einige Aussagen
 - Perfektionsgetriebene Verwaltung vs. unregelte Zustände akzeptieren
 - Unterschiedliche Behörden kommen beim gleichen Thema zu unterschiedlichen Schlüssen
 - Regulationsabbau kann nicht delegiert werden: in der Politik, in der Verwaltung bei den Betroffenen Chefsache

WAS LÄUFT FALSCH?

Regulationsabbau muss Chefsache sein

von UELI STÜCKELBERGER

Die Seilbahnbranche ist, wie der ganze alpine Tourismus in unserem Land, stark gefordert. Nicht primär wegen des späten Schnees, sondern wegen der Frankenstärke und der dadurch fehlenden ausländischen Gäste. Diesbezüglich kann die Politik kaum helfen, in einem andern Bereich ist sie hingegen gefordert: Es betrifft die Regulationsdichte bzw. den Verfahrensaufwand. So wird die Seilbahnbranche stark belastet durch eine Fülle von regulativen Bestimmungen und diversen komplizierten Verfahren, an denen viele

So braucht nicht jedes hypothetisch mögliche Risiko oder jeder Eventualfall bis ins letzte Detail geregelt zu sein.

Risikobewertung und Regulierungswut?

- Ein Beispiel zum Diskutieren
- Geschichtliche Entwicklung beobachtbar
- Vieles wird geregelt mit dem Hinweis auf «mehr Sicherheit»
- Zusammenhänge und Mechanismen erkennbar
- Ein Beitrag aus einem speziellen Blickwinkel

Risiko und Sicherheit in Tunnels

- Spezielle Eigenheiten der Tunnels mit Auswirkungen auf die Sicherheit der Reisenden
 - Geschlossener Raum und schlechte Zugänglichkeit
 - Besondere Auswirkungen im Ereignisfall
 - Zwar selten, aber mit grossem Ausmasspotenzial
- Bis Ende der 70-er-Jahre kaum ein Thema
- Ab 80-er-Jahre, spezifische Sicherheitsmassnahmen, umfassende Konzepte:
 - betrieblich - organisatorisch
 - baulich - technisch
 - Rollmaterial
- Projekte Neubaustrecken in Deutschland, zahlreiche Projekte kürzerer, mittlerer und langer Tunnel in Österreich und in der Schweiz
- Risikobeurteilungen und risikobasierte Sicherheitskonzepte (80-er-Jahre in Deutschland, 90er-Jahre in Österreich und in der Schweiz)

Entwicklung

Risikobewertungen Tunnelsicherheit

- Sicherheitskonzept für die Neubaustreckentunnel (Deutschland)
- Sicherheitsstandards für unterirdische Verkehrsanlagen (Schweiz)
- Sicherheitskonzepte für lange, mittlere, kurze Tunnels (Österreich)
- Sicherheitskonzepte AlpTransit-Tunnels
- Nachrüstung Bestandestunnel (Österreich), Ausrüstung Neubautunnel (Österreich)
- Risikobeurteilung zu Abweichungen von Anforderungen (Schweiz) (projektbezogen eingegrenzte Fragestellungen)

Regelungen Tunnelsicherheit

- Länderspezifische Richtlinien
- UIC-Kodex
- TSI für Tunnels



(ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Von der Risikobewertung zur präzisen Detailregelung

- Risikobewertung und Massnahmenbeurteilung
 - Risikoanalyse
 - Beurteilung von Massnahmen
 - Grundzüge der Massnahmen festgelegt, ohne Details: «Beleuchtung einseitig über Randweg, muss rasches Gehen erlauben, Leuchtenabstand x m»
 - ➔ Grundlage für Entscheidung ja oder nein
- Weiterentwicklung und Präzisierung in Regelungen
 - Ziel: Einheitliche Anwendung / Standard, Fehler vermeiden
 - Mit zunehmender Detaillierung losgelöst von der ursprünglichen Beurteilung
 - Beispielsweise bei der Beleuchtung: Einschaltung, Helligkeitsanforderung, Stromversorgung, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, Materialanforderungen, etc.
 - In der Tendenz: Verschärfung im Detail

Vertieftes Beispiel, Risikobewertung bei Tunneln

- Optimierung der Massnahmenplanung für bestehende Tunnel im Netz der Österreichischen Bundesbahnen (ca. 2010)
- Ausgangspunkt
Bestehender Ausrüstungsstandard, unter anderem vorgegeben durch die Eisenbahn-ArbeitnehmerInnenschutzverordnung (EisbAV)
- Fragestellung
Ist es notwendig, bestehende Tunnel darüber hinaus mit bestimmten Massnahmen nachzurüsten (vorwiegend zur Verbesserung der Selbst- und Fremdrettung).
Blickwinkel: Sicherheit der Reisenden und des Personals in Zügen

Anmerkung: die folgenden Folien basieren auf einem Vortrag im Jahr 2012 im Rahmen der OEGG, 61. Geomechanik-Kolloquium, Salzburg

Zur Diskussion stehende Massnahmen

- Selbstrettung (Notausstiege, Rettungstollen)
- Zufahrten zu Portalen für Ereignisorganisationen
- Löschwasserversorgung im Tunnel
- Notruffernsprecher im Tunnel
- Fernbewirkte Erdung der Oberleitung
- Versorgungssicherheit der 50 Hz-Versorgung
- Befahrbarkeit des Oberbaus für Fahrzeuge der Feuerwehr
- Feuerwehrfunk im Tunnel
- Zugfunk im Tunnel

Ansatz

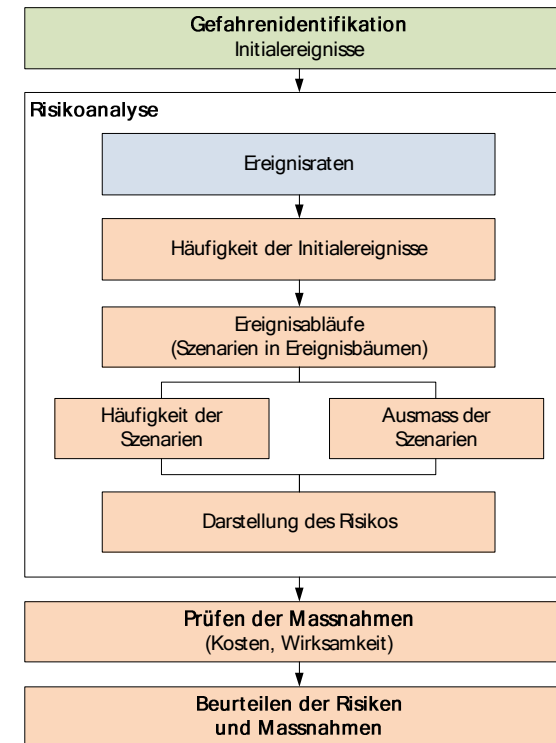
- Risikoanalyse und Massnahmenbeurteilung anhand von 24 ausgewählten Tunnels
- Berücksichtigung der baulich-technischen und betrieblichen Tunneleigenschaften
- Spektrum der Eigenschaften
 - ingleisige / zweigleisige Tunnelröhren
 - Längen von 0.2 bis 4.8 km
 - Zwischen 10 und 338 Züge pro Tag
 - Besetzung der Züge zwischen 20 und 270 Personen pro Zug
- Konkrete Aussage zur Notwendigkeit und Verhältnismässigkeit für diese 24 Tunnel

Vorgehen

- **Gefahrenidentifikation, Initialereignisse**
 - Zusammenstoss
 - Entgleisung
 - Brand

- **Ereignisraten**
 - Netzweit aus Ereignis- und Betriebsdaten ermittelt
 - Ereigniswahrscheinlichkeit pro Zugkilometer

- **Alle übrigen Schritte**
 - Tunnelspezifisch ermittelt



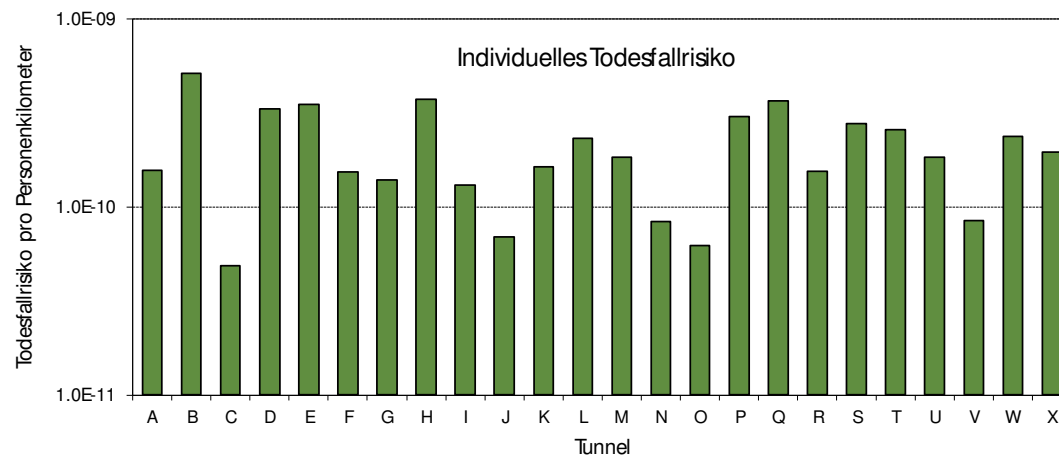
Zwei grundsätzliche Aspekte des Risikos

- Blickwinkel für die Bewertung von Personenrisiken
- Individuelles Risiko
 - Aus individueller Sicht, bezogen auf eine bestimmte Person
 - Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr, pro Personenkilometer, etc.
 - Relevant für «gefährliche» Tätigkeit einer kleinen Personengruppe
- Kollektives Risiko
 - Aus gesellschaftlicher Sicht
 - Schadenwertungswert pro Jahr
 - Summe aller individuellen Risiken
 - Relevant, wenn eine grosse Personengruppe exponiert ist



Ergebnisse: individuelle Risiken

- Individuelles Todesfallrisiko für Reisende
- Normiert pro Personenkilometer
- Unterschiede im Bereich einer Grössenordnung
 - Hohe individuelle Risiken: «alte, lange Tunnel»
 - Tiefe individuelle Risiken: «moderne, kurze Tunnel»



Bewertung individueller Risiken

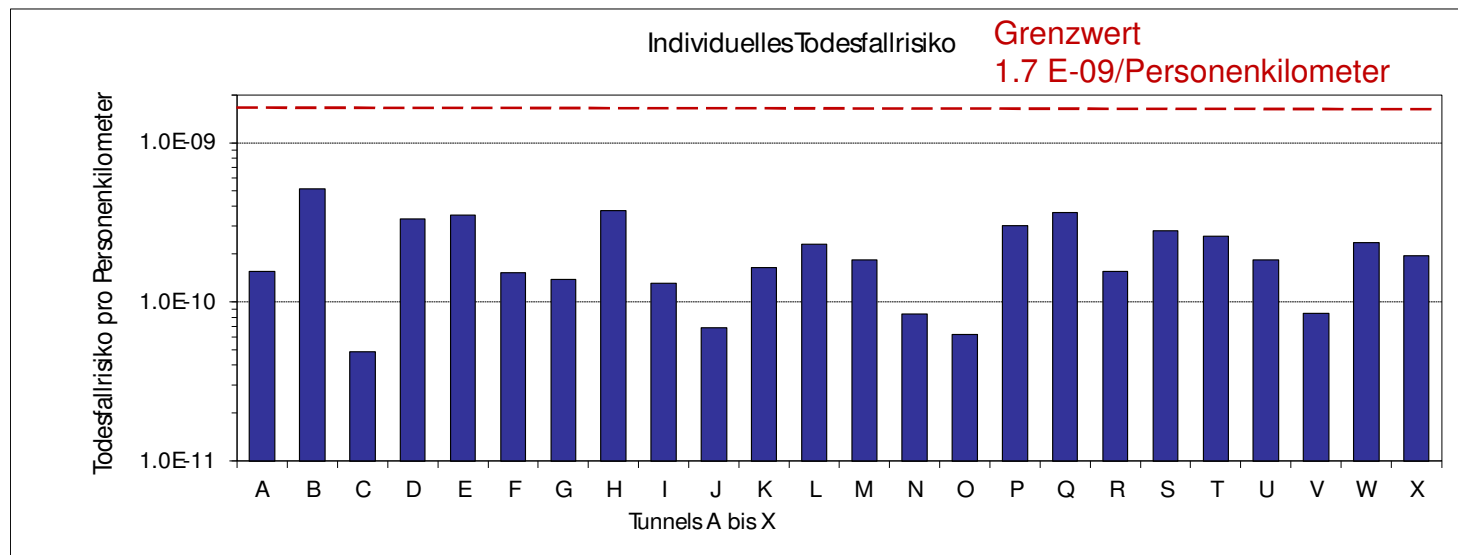
- Grenzwerte für individuelle Risiken
- Schutz des Individuums vor übermässiger Gefährdung
 - Schutz ist dort notwendig, wo das Individuum nicht in eigener Freiheit über die Höhe des Risikos entscheiden kann; es handelt sich um Risiken, die durch einen Dritten oder die Umwelt erzeugt werden.
- Ansatz
 - Grenzwert für zulässige individuelle Risiken in Abhängigkeit der Beeinflussbarkeit und Verantwortung für die eigene Sicherheit
 - Grenzwerte sind zwingend einzuhalten

Bewertungsansätze

- Naturgefahren (Schweiz)
 - Hohe Selbstverantwortung (z.B. Schneeräumung): $\leq 10^{-4}$ /Jahr
 - Niedrige, keine Selbstverantwortung (Anwohner): $\leq 10^{-5}$ /Jahr
- Health and Safety Executive (Grossbritannien)
 - Obere Grenze für tolerable Risiken $r_{izul} \leq 10E-04$ pro Jahr. Untere Grenze für weitgehend akzeptierte Risiken $r_{izul} \leq 1E-06$ pro Jahr.
- MEM-Ansatz (als Beispiel in der Norm EN 50126)
 - $r_{izul} \leq 1E-05$ bzw. $\leq 1E-06$ pro Jahr.
- Prinzip der mindestens gleichen Sicherheit
 - Ein neues / geändertes System soll mindestens so sicher sein wie ein bisheriges, akzeptiertes System: $r_{i \text{ neues System}} \leq r_{i \text{ bestehendes System}}$

Ergebnis der Bewertung: individuelle Risiken

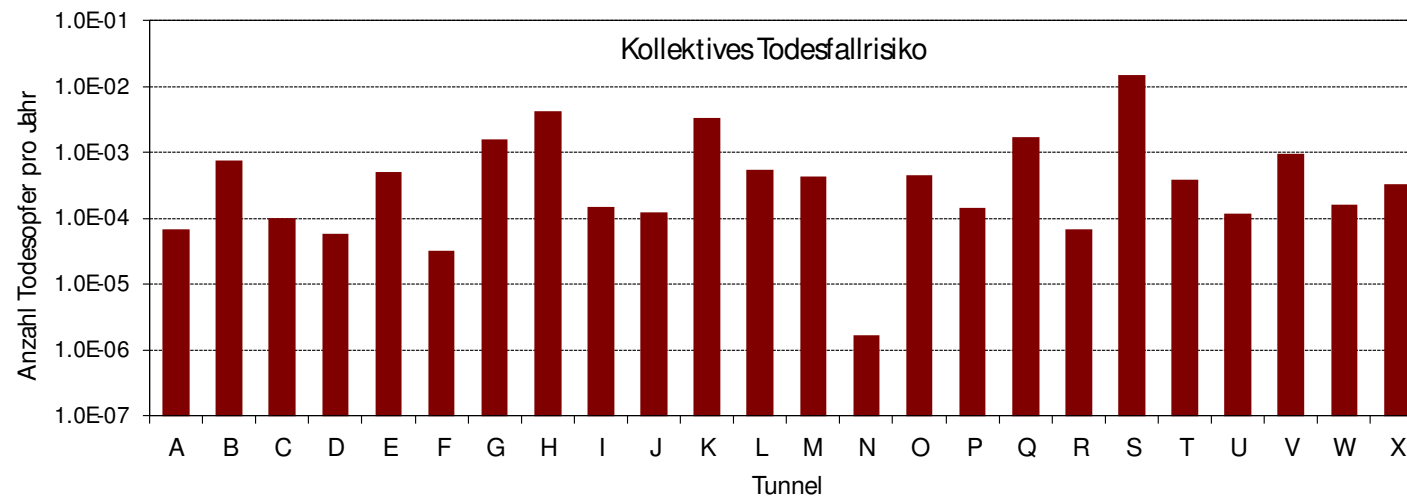
- Kriterium abgeleitet aus dem sog. MEM-Prinzip
- Umgerechnet auf eine Wahrscheinlichkeit pro Personenkilometer



Risikoermittlung: Kollektive Risiken

- Erwartete Anzahl Todesopfer pro Jahr
(Schadenerwartungswert pro Objekt)
 - Häufigkeit, geschätzte Anzahl Ereignisse pro Jahr
 - Schadensausmass pro Ereignis
- Daten der Infrastruktur und des Betriebs fließen direkt ein
 - Hohe Risiken:
Lange Tunnel, viele Züge, hohe Besetzung
 - Tiefe Risiken:
Kurze Tunnel, wenig Züge, geringe Besetzung

Ergebnisse: Kollektive Risiken



- Geschätzte Anzahl Todesopfer pro Jahr und Tunnel
- Unterschiede bis zu 4 Grössenordnungen

Risikobewertung: kollektive Risiken

- Auch bei Einhaltung der Grenzwerte für individuelle Risiken können kollektive Risiken sehr gross werden
- Grenzwerte für kollektive Risiken setzen?
 - Keine logisch herleitbare Grenze, wie begründen?
 - Vollständig anderer Ansatz: Prinzip der Verhältnismässigkeit
- Was hindert uns daran ein Risiko immer weiter zu reduzieren?
 - Aufwand für zusätzliche Sicherheitsmassnahmen
 - Abwägung von Aufwand und Sicherheitsgewinn
 - Meist implizite Beurteilung der Verhältnismässigkeit
- Verhältnismässigkeitsprinzip ist ein grundlegendes Prinzip jedes staatlichen Handelns (in der Schweiz sogar in der Bundesverfassung explizit verankert)

Verhältnismässigkeit als zentrales Prinzip

- Der Eingriff des Staates in die Rechte des Individuums muss verhältnismässig sein.
- In der Schweiz ist dieser Grundsatz sehr prominent, bereits im fünften Artikel der Bundesverfassung, niedergeschrieben.

Art. 5 Grundsätze rechtsstaatlichen Handelns

1 Grundlage und Schranke staatlichen Handelns ist das Recht.

2 Staatliches Handeln muss im öffentlichen Interesse liegen und verhältnismässig sein.

- Eisenbahngesetze, Verordnungen, Regelungen unterstehen letztlich diesem Grundsatz (auch wenn dies auf der Detailebene nicht mehr erkennbar ist)

Risikobewertung: Wann ist ein System sicher?

- Massnahmen müssen soweit ergriffen werden, als sie verhältnismässig sind
- Messgrösse für die Verhältnismässigkeit:

Kosten–Wirksamkeits–Verhältnis weitergehender Massnahmen

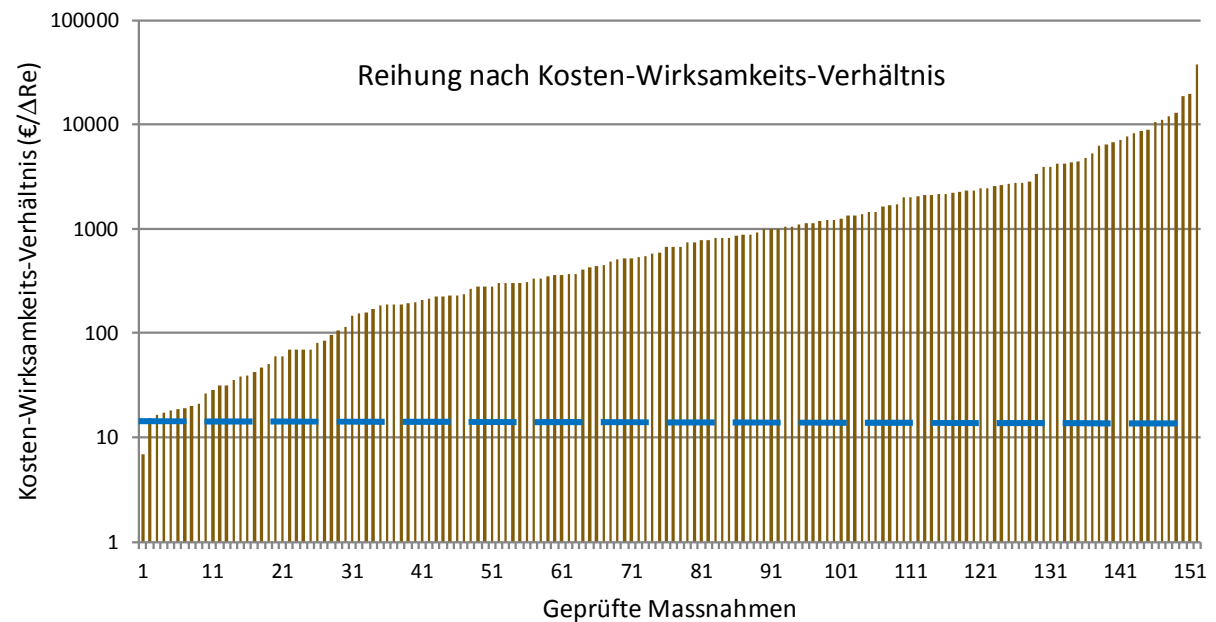
- «Grenzkosten» als Entscheidungskriterium; wie viel ist der Entscheidungsträger bereit, für eine Risikoreduktion auszugeben
- Eine Massnahme ist verhältnismässig, wenn

$$\frac{\text{Jahreskosten einer Massnahme}}{\text{Risikoreduktion pro Jahr}} \leq \text{Grenzkosten}$$

- Übliche Grenzkosten liegen je nach Art der Risiken und Verantwortung für die Sicherheit bei rund 2 bis 15 Mio. € pro verhütetes Todesopfer
- Ein universell anwendbares Kriterium

Ergebnis der Bewertung kollektiver Risiken

- Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisse unterscheiden sich um mehrere Größenordnungen
- Überwiegend eine Folge der sehr grossen Unterschiede bei den kollektiven Risiken der Tunnels
- Nur wenige zusätzliche Massnahmen erfüllen das Kriterium der Verhältnismässigkeit (- - -)

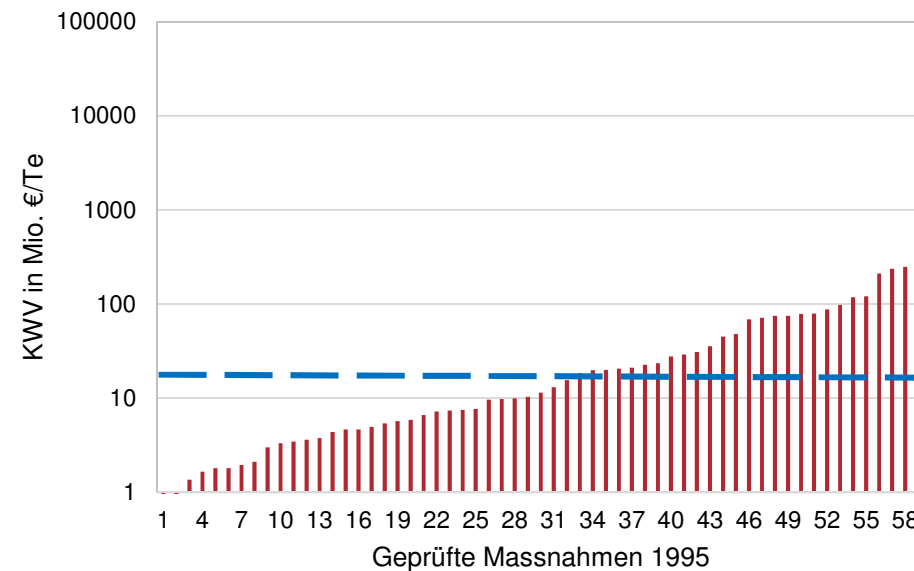


Einige Erkenntnisse

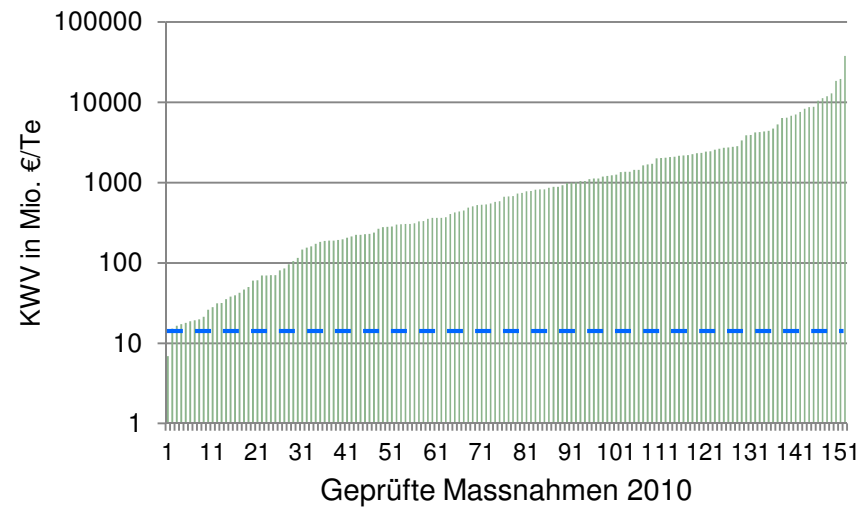
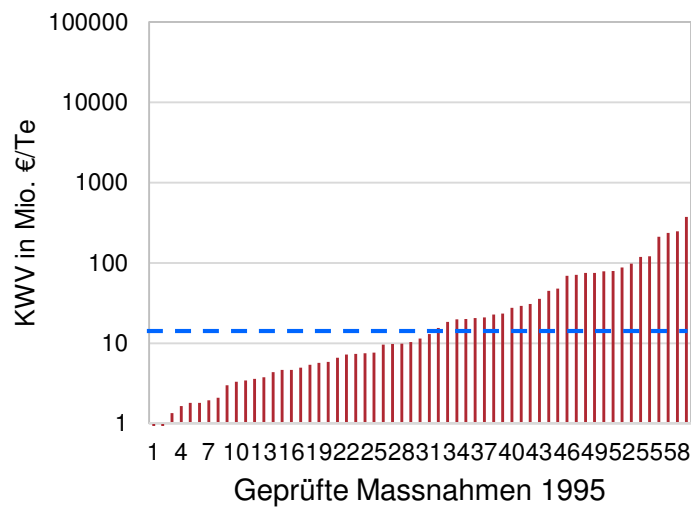
- «Basismassnahmen» sind bereits vorhanden:
Randwege, Handlauf, Beleuchtung, elektr. Anschaltmöglichkeiten, etc.
- Ereignishäufigkeit und Risiko pro Tunnelobjekt sind vergleichsweise klein (entsprechende Ereignisraten sind über die Jahre hinweg betrachtet rückläufig) → tiefes Ausgangsrisiko
- Massnahmenkosten in bestehenden Bauwerken sind hoch
- Bei «reinen» Sicherheitsmassnahmen entstehen keine oder kaum weitere Nutzeneffekte ausserhalb der Sicherheit

Vergleich mit Massnahmenbeurteilungen im 1995

- Risikoanalyse und Massnahmenbeurteilung für den «mittleren Tunnel» der ÖBB (1995)
- Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis für rund 60 Massnahmen
- Sehr viele dieser Massnahmen sind heute umgesetzt
- Rund 50% der Massnahmen liegen innerhalb des Kriteriums für die Kosten-Wirksamkeit (- - -)



Vergleich der Ergebnisse 1995 - 2010



- 1994: rund 60 Massnahmen am «mittleren Tunnel»
- 2010: max. 9 Massnahmen an 24 Tunnels

Fazit (1)

- Risiken und der Aspekt der Verhältnismässigkeit
 - Sinkende Risiken – Sicherheit steigt
 - Der Aufwand für zusätzliche Sicherheitsmassnahmen steigt tendenziell, das Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis wird ungünstiger
 - Es gibt immer weniger Sicherheitsmassnahmen, die nach bisherigen Kriterien noch kostenwirksam sind
- Zahlungsbereitschaft
 - Die Zahlungsbereitschaft für zusätzliche Sicherheit nimmt offensichtlich zu
 - Implizit, nicht transparent sichtbar



Fazit (2)

- Sicherheit als sensibles Thema
 - Mehr Sicherheit ist zunächst einmal positiv belegt
 - Aspekt der Verantwortung (etwas geht schief und ist nicht geregelt)
- Vom Konzept zur Regelung im Detail
 - Ursprüngliche konzeptionelle Annahmen werden bei der Ausgestaltung im Detail verschärft
 - Lücken werden geschlossen – meist verschärfend, mit Aufwandfolgen
- Eigendynamik in der «Präzisierung und Weiterentwicklung»
 - Stand der Technik entwickelt sich
 - Präzisierung und Weiterentwicklung der Regelungen erfolgt in spezifischen Fachgremien, die «Verbesserung des Systems» steht im Vordergrund
 - Aspekt von Kosten und Wirksamkeit nur am Rande
- ... und es gibt sicher noch weitere Aspekte.

Schlussbemerkung

- Thema aus einem eingeschränkten Blickwinkel beleuchtet, der einige Erkenntnisse und Ansätze zeigt
- «Regelungswut» wird dann zum Problem, wenn es zu ineffizienten nicht kostenwirksamen Abläufen und Lösungen führt
- Der Ansatz der Kosten-Wirksamkeits-Beurteilung kann (ein Stück weit) verwendet werden, um entgegenzuhalten und Verhältnismässigkeit zu wahren
- Zentraler Punkt
Mehr Transparenz in der Frage «was kostet es – was bringt es»