

**MoSiS<sup>®</sup>**

**Modell der Sicherheits-Schichten im Eisenbahnsystem**

Stefanie Schwartz, Markus Pelz



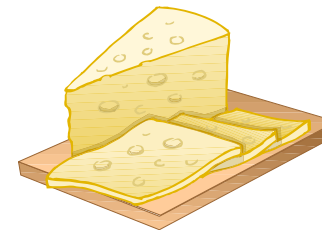
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

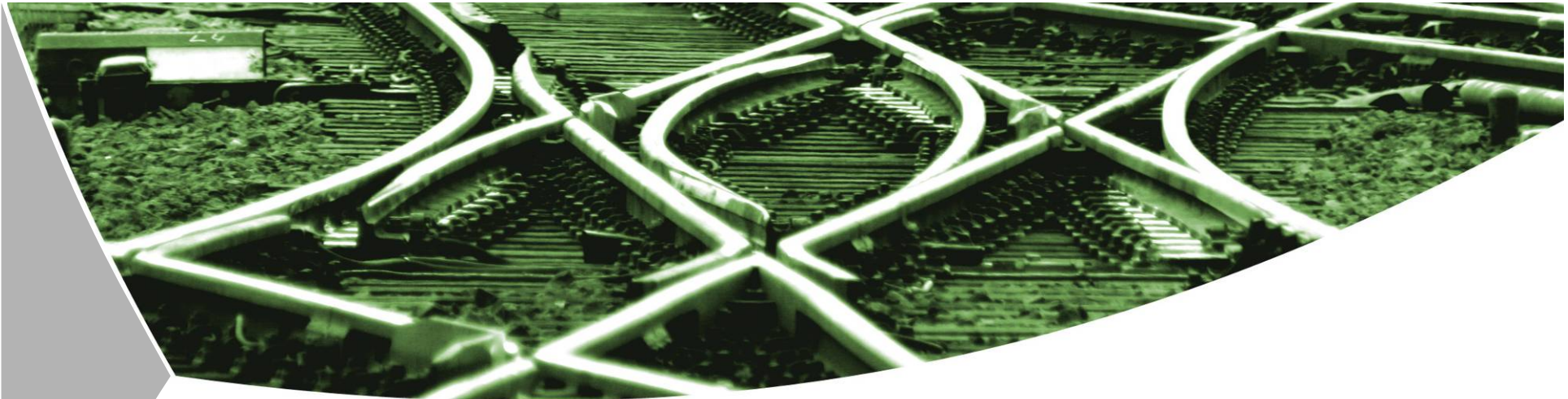
MoSiS - Modell der Sicherheits-Schichten im Eisenbahnsystem > 10. Oktober 2007 > Folie 1  
Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung



# Inhalt

- Motivation
- Grundlagen
  - Sicherheitsschichten
  - Schweizer-Käse-Modell
- MoSiS – Entwicklung des Modells
  - Kombination von WBA und Schweizer-Käse-Modell
- MoSiS – Anwendung des Modells
- Zusammenfassung und Ausblick





# Motivation

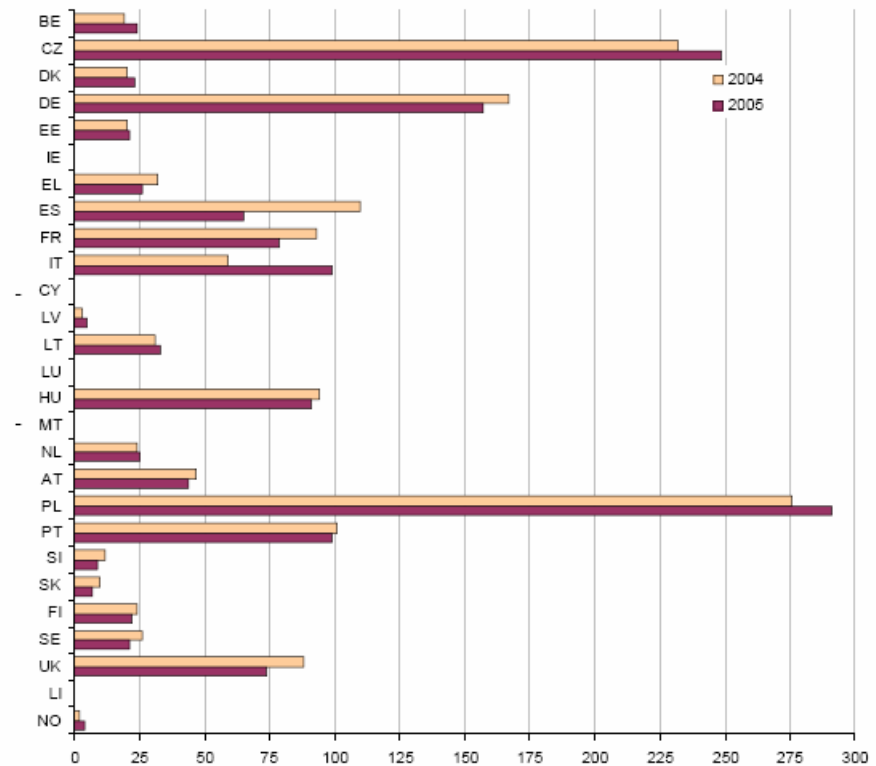




# Motivation

## Ausgangssituation

- Das Eisenbahnsystem ist eines der sichersten Verkehrssysteme aber...
  - über 7000 schwere Eisenbahnunfälle (EU, 2005)<sup>1</sup>
  - über 3000 Tote und Schwerverletzte (EU, 2005)<sup>1</sup>
- Problem: Erhaltung und Verbesserung der Sicherheit ist teuer
- Alternative: Zielgerichtete Verbesserung der Sicherheit



Zahl der bei Eisenbahnunfällen getöteten Personen (2004 und 2005)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eurostat 2007

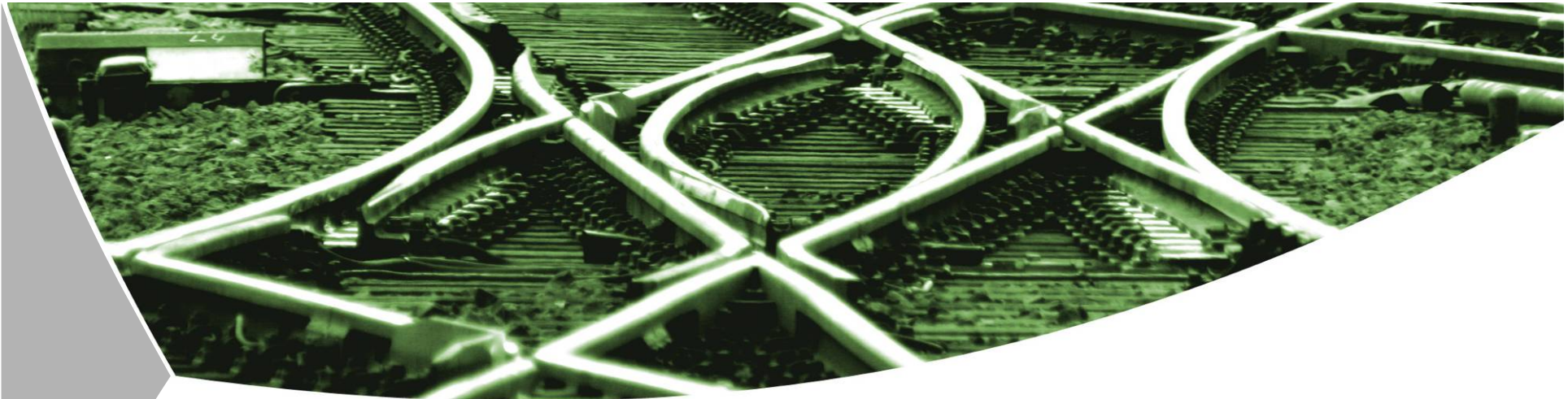


# Motivation

## Ziel

- Entwicklung eines Modells, das
  - die Schwächen im Eisenbahnsystem aufzeigt,
  - helfen kann, die Sicherheit zielgerichtet zu verbessern
  - helfen kann, dabei kostengünstige Maßnahmen zu verwenden
  
- MoSiS<sup>®</sup> – Modell der Sicherheits-Schichten im Eisenbahnsystem





# Grundlagen

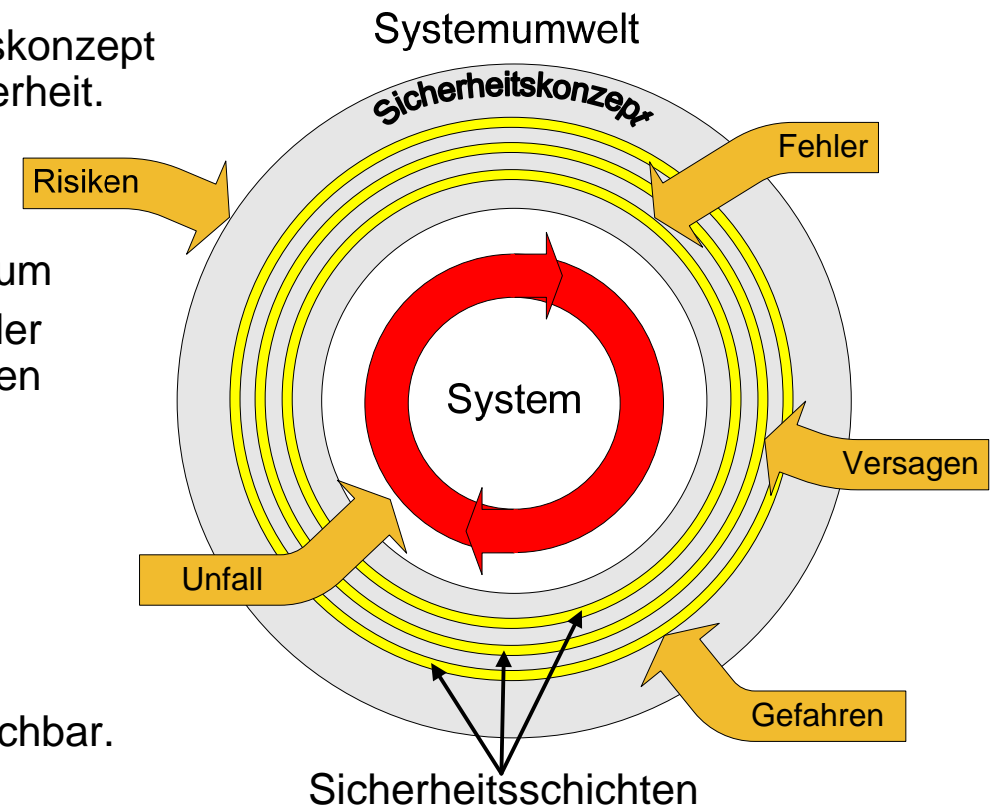




# Sicherheitsschichten

## Wahrung der Sicherheit eines Systems

- Jedes System hat ein Sicherheitskonzept zur Wahrung der jeweiligen Sicherheit.
- Sicherheitsschichten existieren zum
  - Schutz des Systems und der ihm ausgesetzten Menschen
  - Mindern der Risiken
  - Abwenden von Gefahren
  - Abfangen von Fehlern
  - Verhindern von Unfällen
- Absolute Sicherheit ist nicht erreichbar.
- Jedes Sicherheitskonzept, jede Sicherheitsschicht hat Lücken.

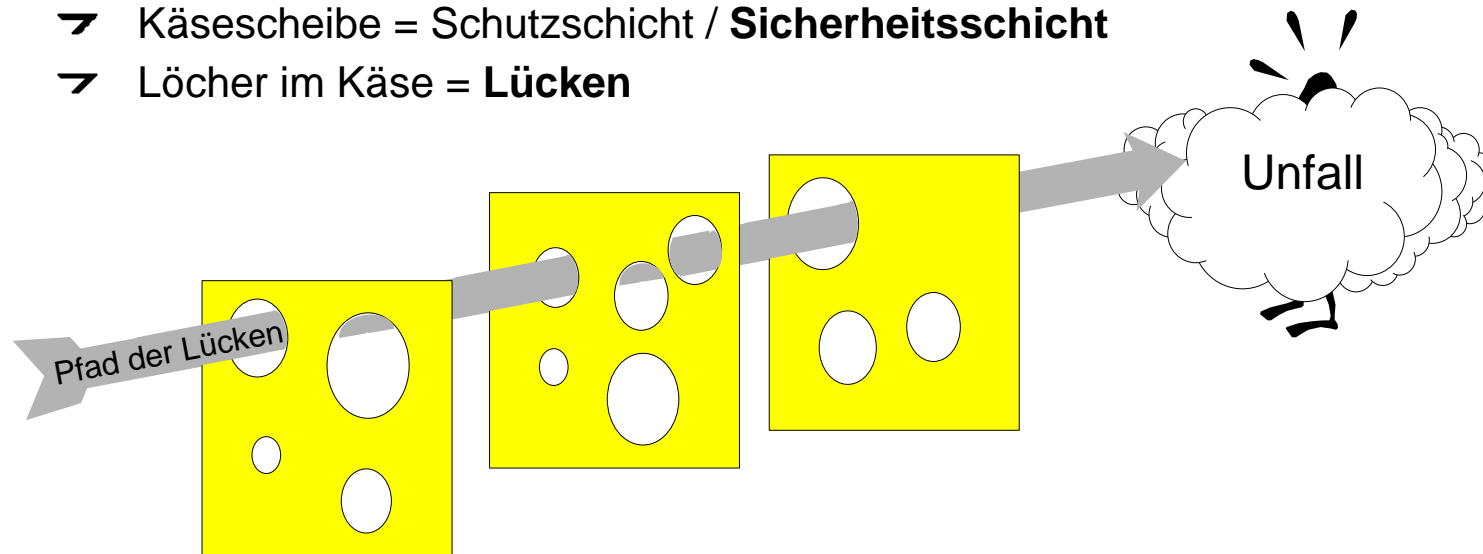




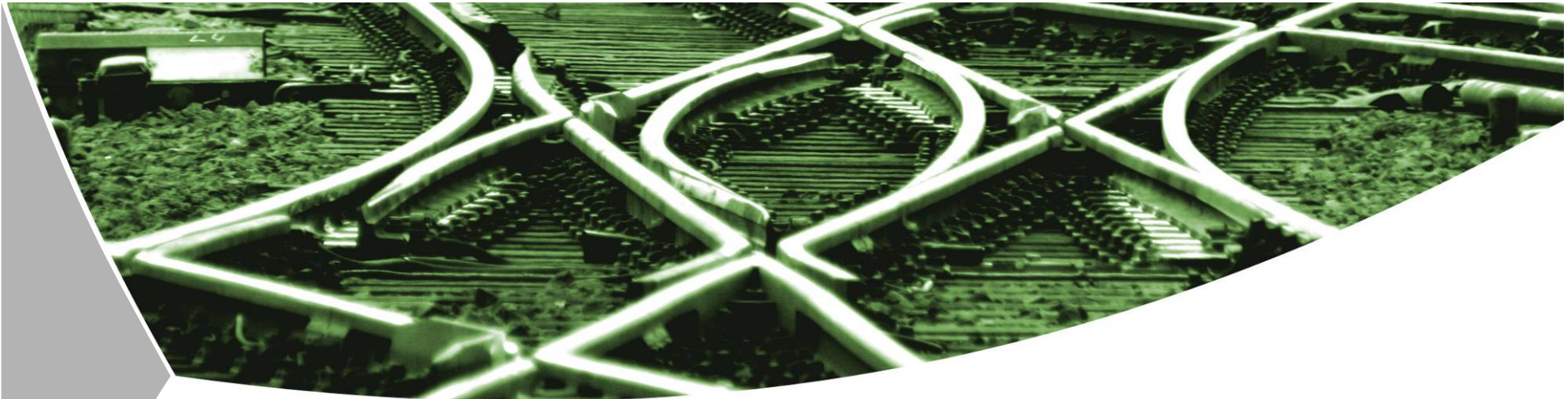
# Schweizer-Käse-Modell

## Darstellung der Schichten und ihrer Lücken

- Schweizer-Käse-Modell von James Reason
  - mehr als ein einzelner Fehler, damit es zu einem Unfall kommt
  - Käsescheibe = Schutzschicht / **Sicherheitsschicht**
  - Löcher im Käse = **Lücken**



- Pfad der Lücken muss sämtliche Sicherheitsschichten durchstoßen, bevor es zu einem Unfall kommen kann
- Pfad der Lücken zeigt, an welchen Stellen das Sicherheitskonzept Schwachstellen hat



## MoSiS – Entwicklung des Modells

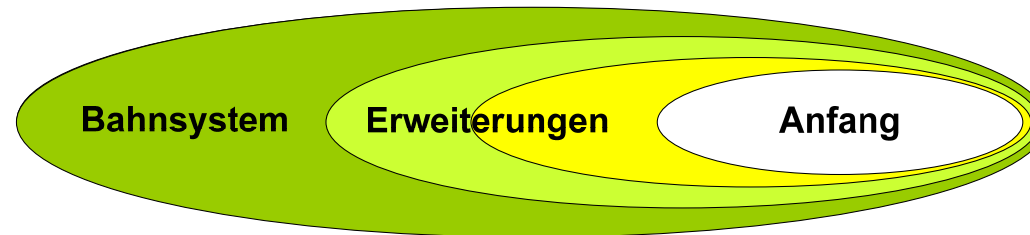


# MoSiS

## Ansatzpunkt

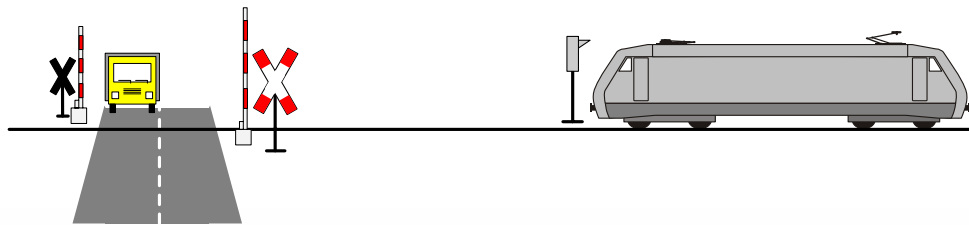
- MoSiS – Modell der Sicherheits-Schichten im Eisenbahnsystem für das komplette Eisenbahnsystem auf einmal entwickeln
  - praktisch unmöglich

- Alternative:



- Wo anfangen?

- 17 % aller Eisenbahnunfälle ereignen sich an Bahnübergängen (EU, 2005)<sup>1</sup>
- 880 Personen wurden an BÜ getötet oder schwer verletzt (EU, 2005)<sup>1</sup>

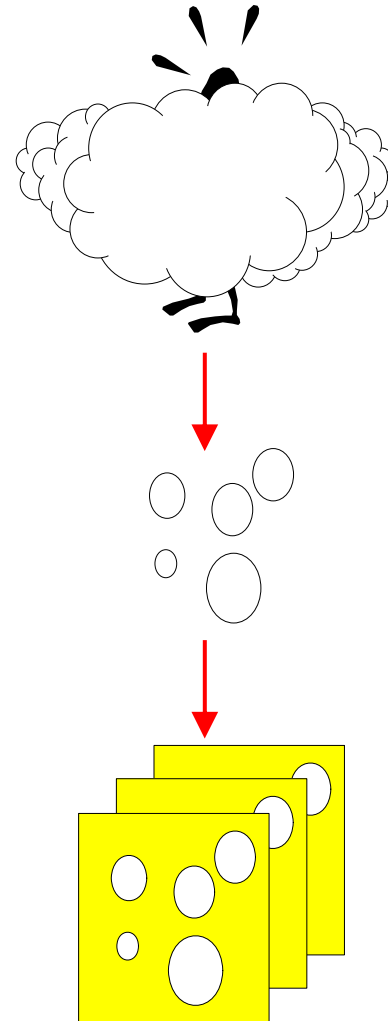




# Sicherheitsschichten am Bahnübergang

## Ein Ansatz

- Sicherheitsschichten haben Lücken
- Unfall: alle Sicherheitsschichten durchbrochen
- Unfallhergang beschreibt den Weg der Lücken
  
- Unfall
  - Lücken
  - Sicherheitsschichten
  
- Suche nach
  - Ursachen statt Schuld
  - kausalen Zusammenhängen



Unfall

Lücken

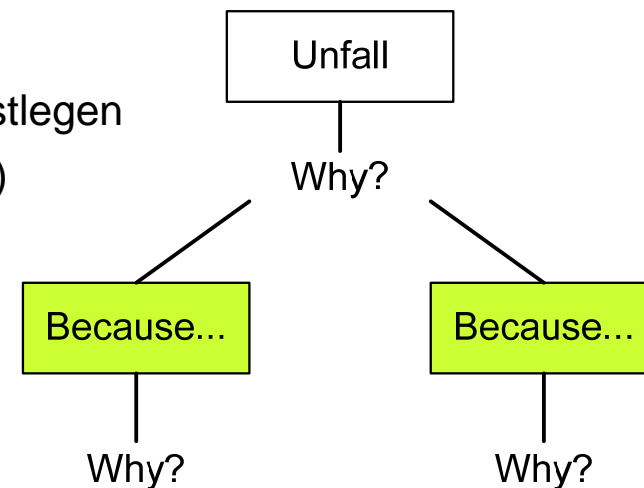
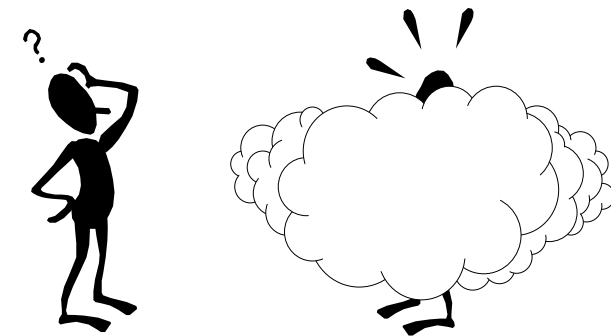
Sicherheitsschichten



# Unfallursachenanalyse

## Why-Because-Analyse

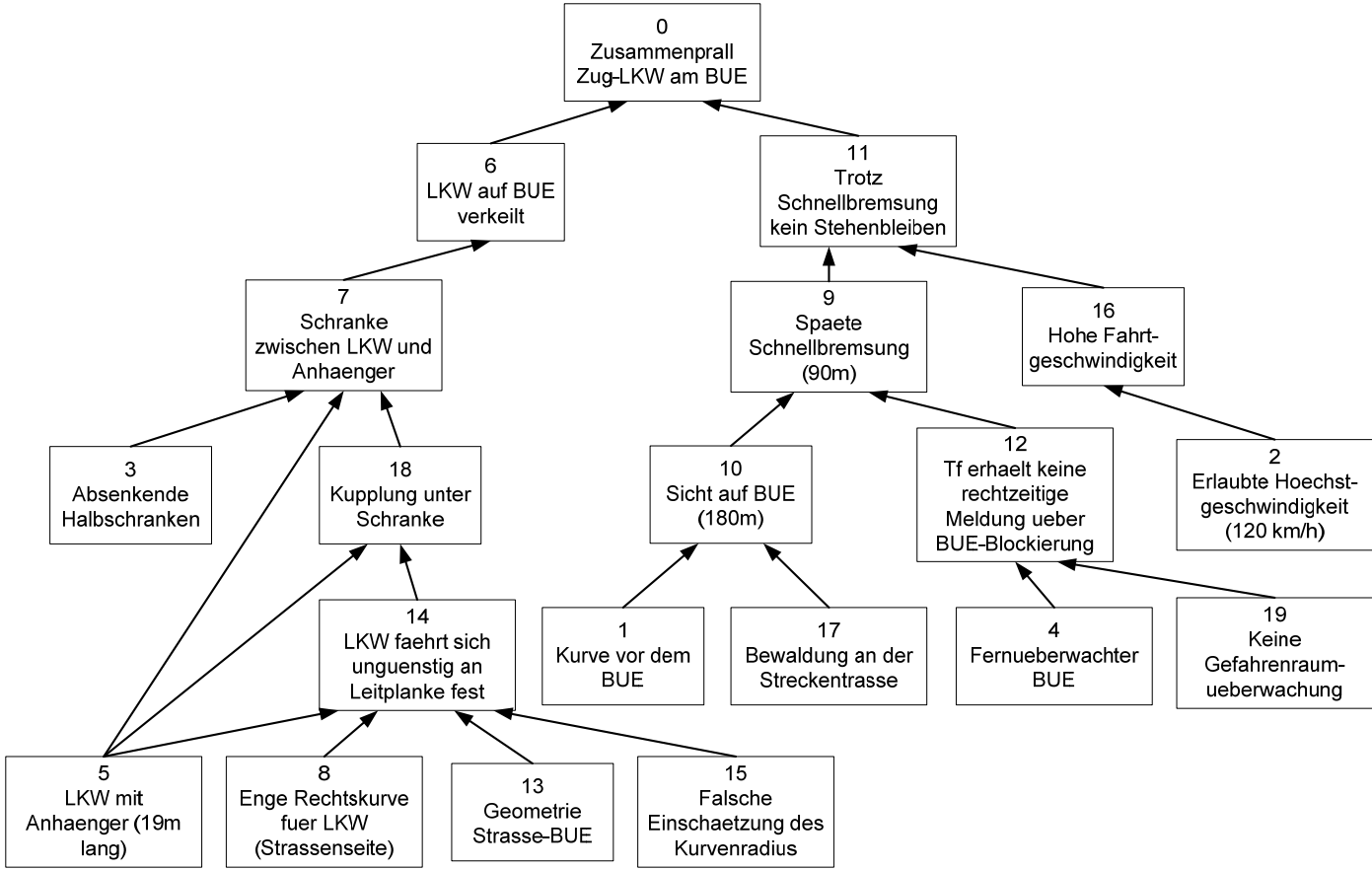
- Why-Because-Analyse (WBA)
  - streng kausale Argumentation
  - graphische Darstellung
  - für heterogene Systeme geeignet
  - einfach zu verstehen
  
- Vorgehensweise WBA
  - zu untersuchendes Ereignis (Unfall) festlegen
  - Fakten zusammenstellen (List of Facts)
  - Why-Because-Graph (WBG) erstellen
  - Vollständigkeit überprüfen





# Unfall am Bahnübergang

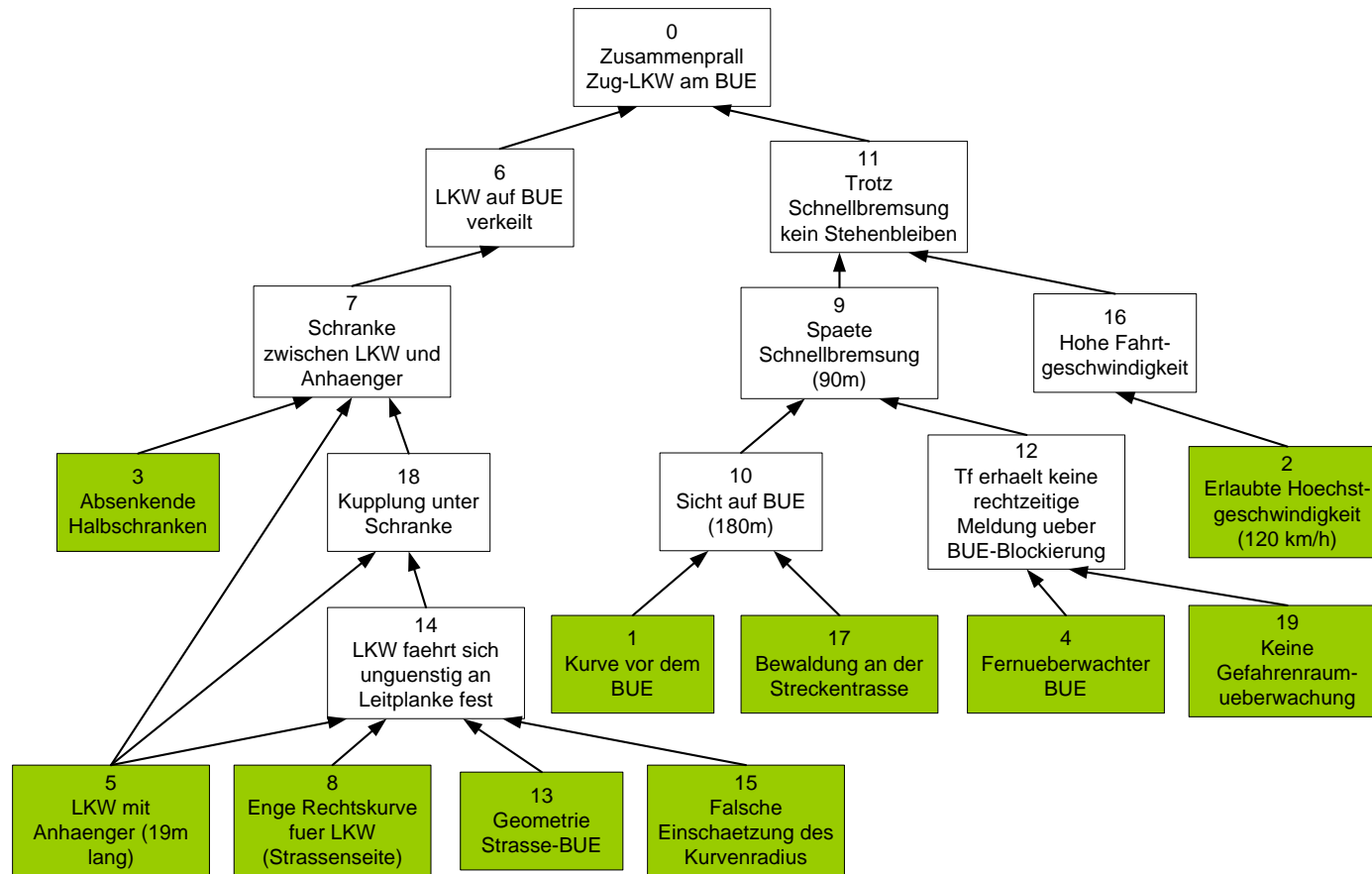
## Why-Because-Graph (WBG)





# Unfall am Bahnübergang

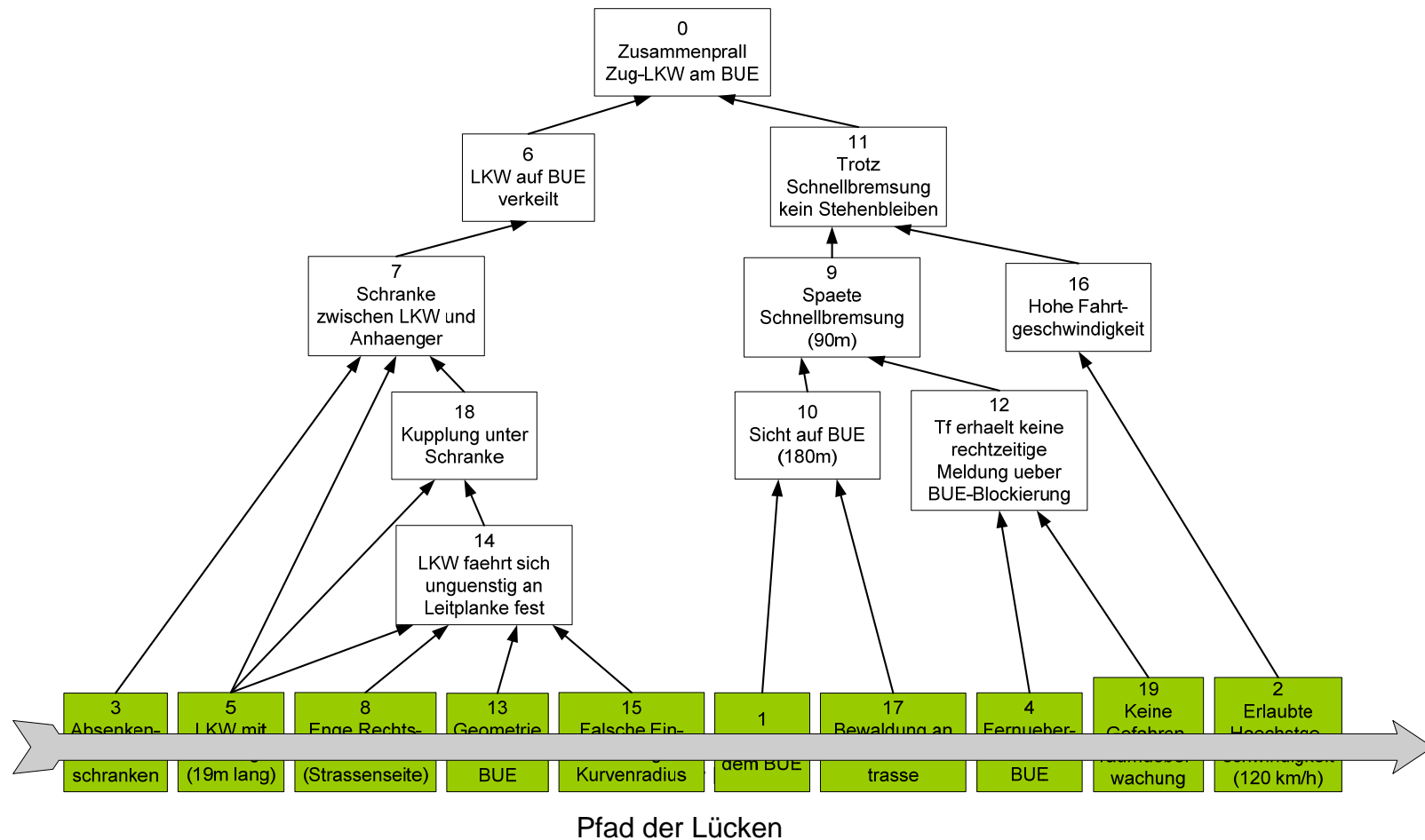
## WBG – Grundursachen





# Unfall am Bahnübergang

## Pfad der Lücken

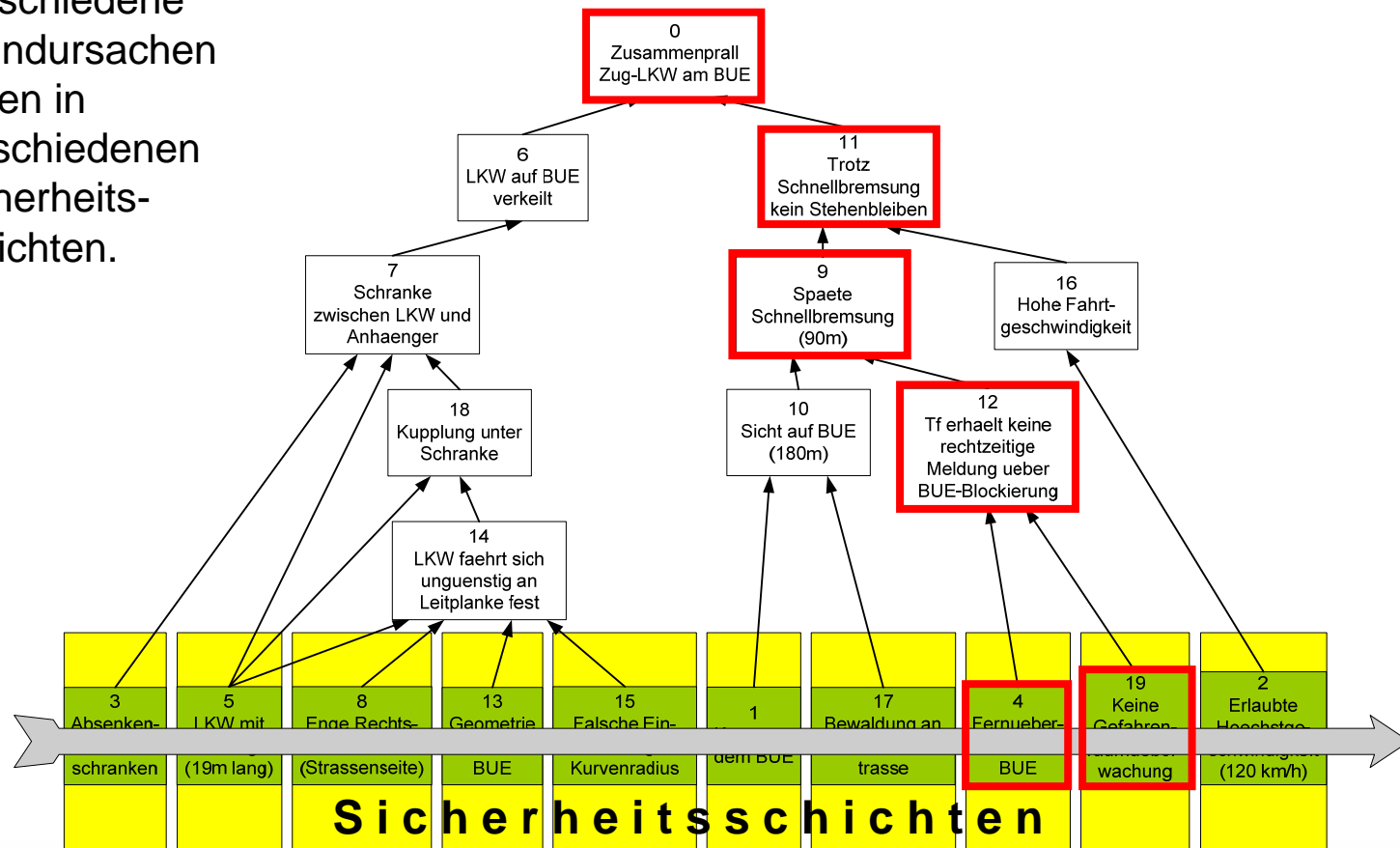




# WBG

## Sicherheitsschichten

➤ Verschiedene Grundursachen liegen in verschiedenen Sicherheitsschichten.



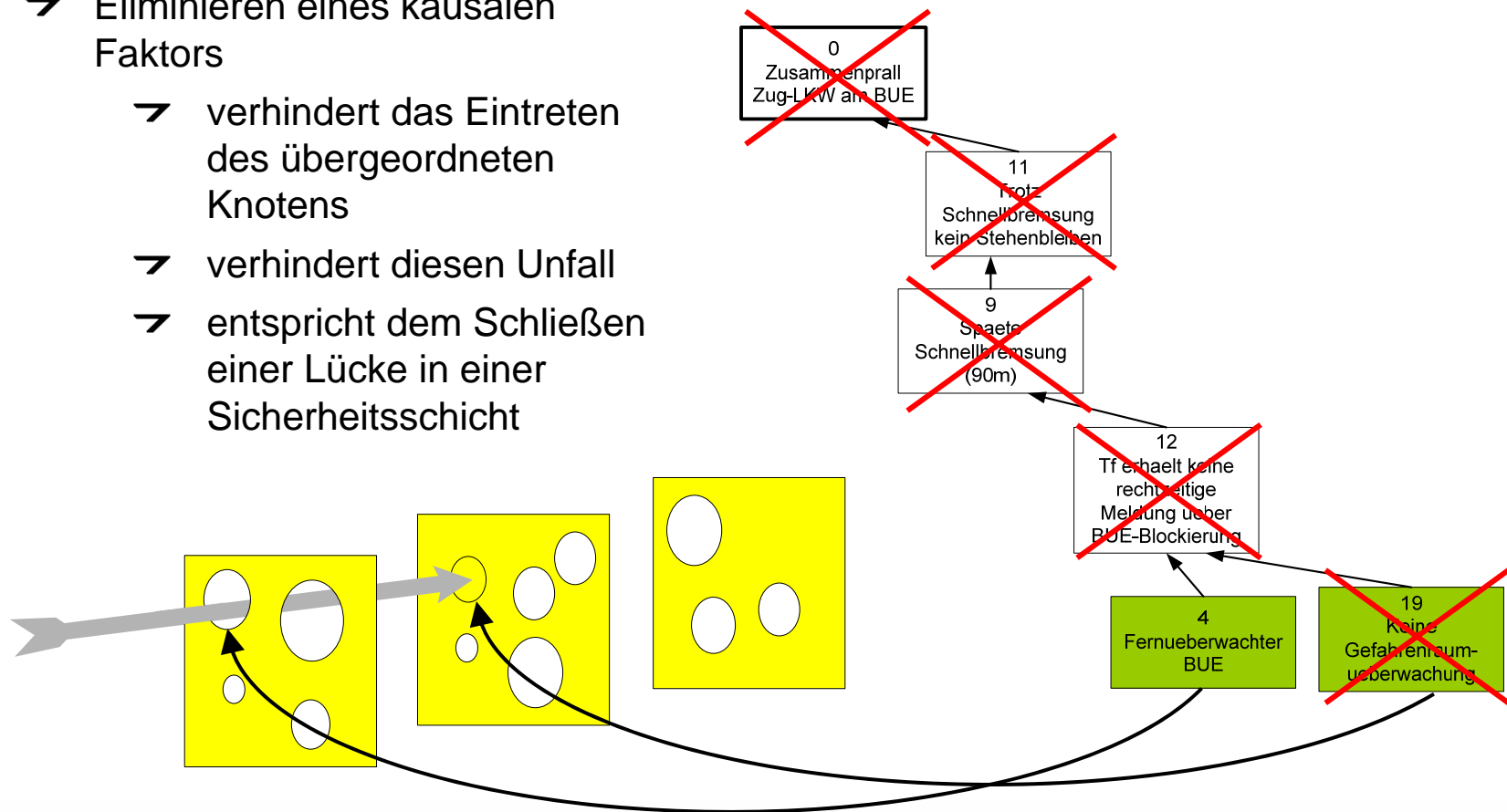


# Unfall am Bahnübergang

## Grundursachen – Sicherheitsschichten

### ➤ Eliminieren eines kausalen Faktors

- verhindert das Eintreten des übergeordneten Knotens
- verhindert diesen Unfall
- entspricht dem Schließen einer Lücke in einer Sicherheitsschicht

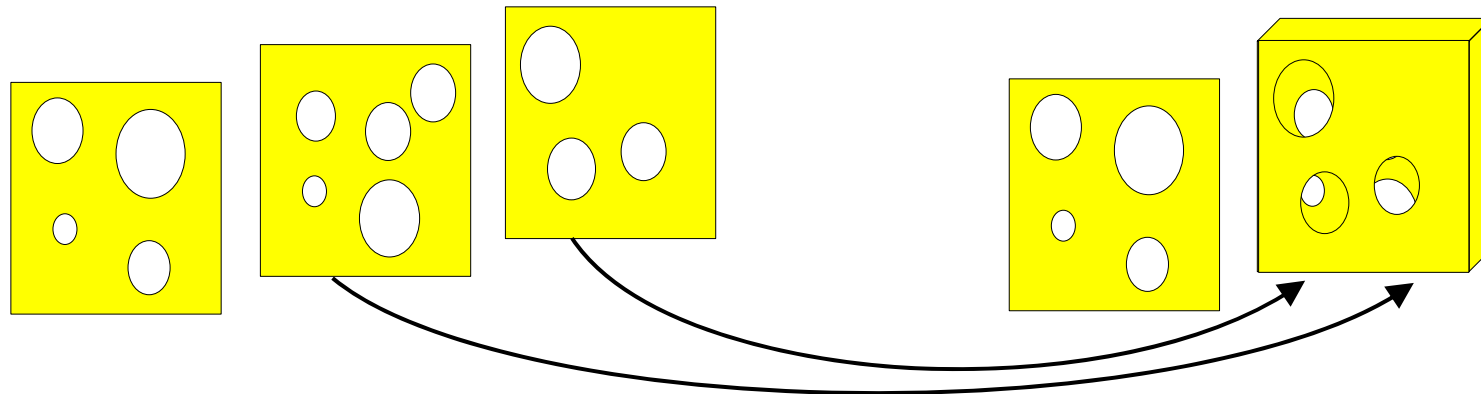




# WBG

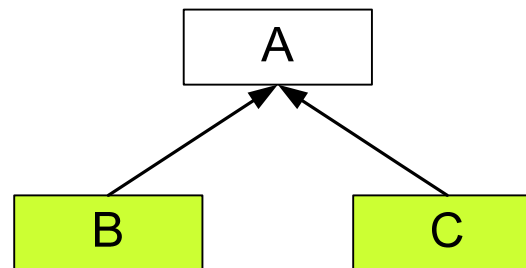
## Dicke der Sicherheitsschichten

- Mehrere dünne Sicherheitsschichten können zu einer dickeren Sicherheitsschicht zusammengefasst werden.



- In einem WBG gilt:

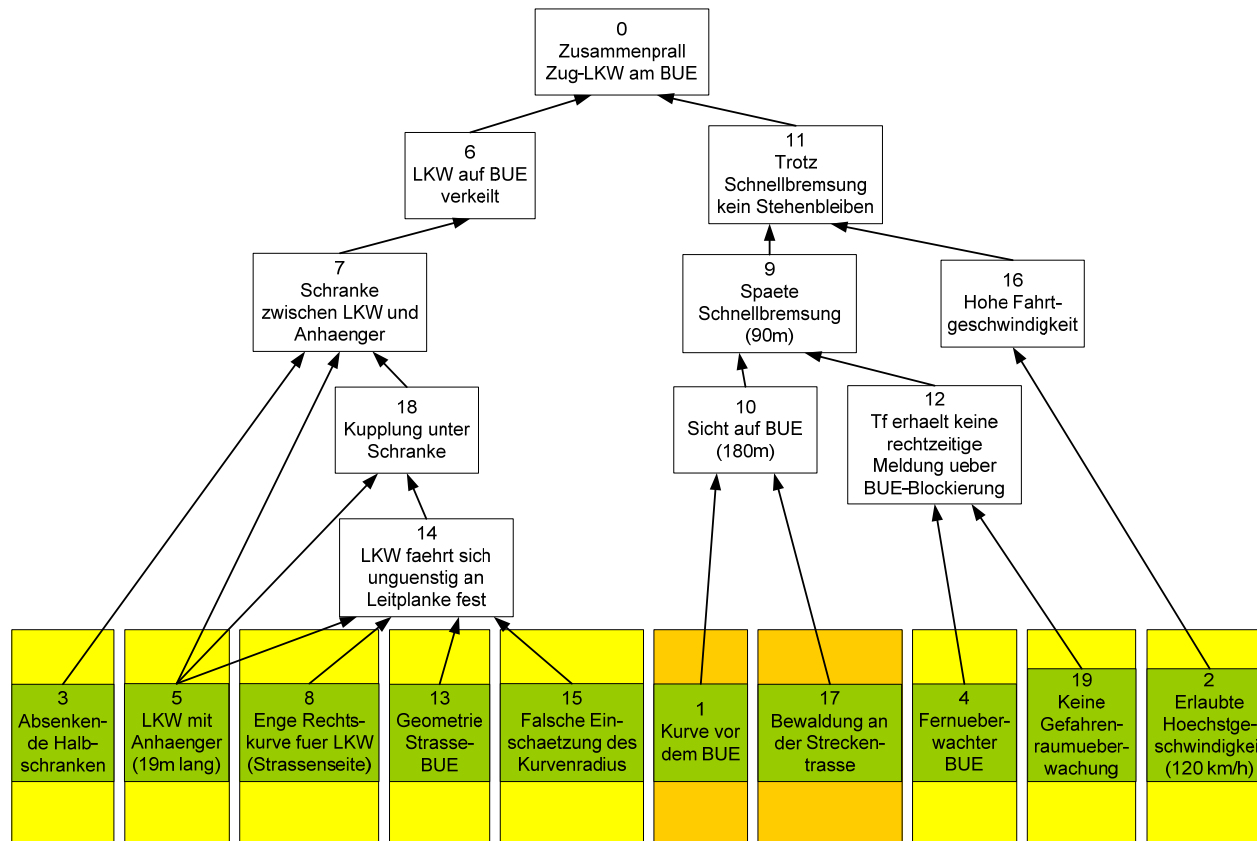
$$➤ A \Leftrightarrow B \wedge C$$





# WBG

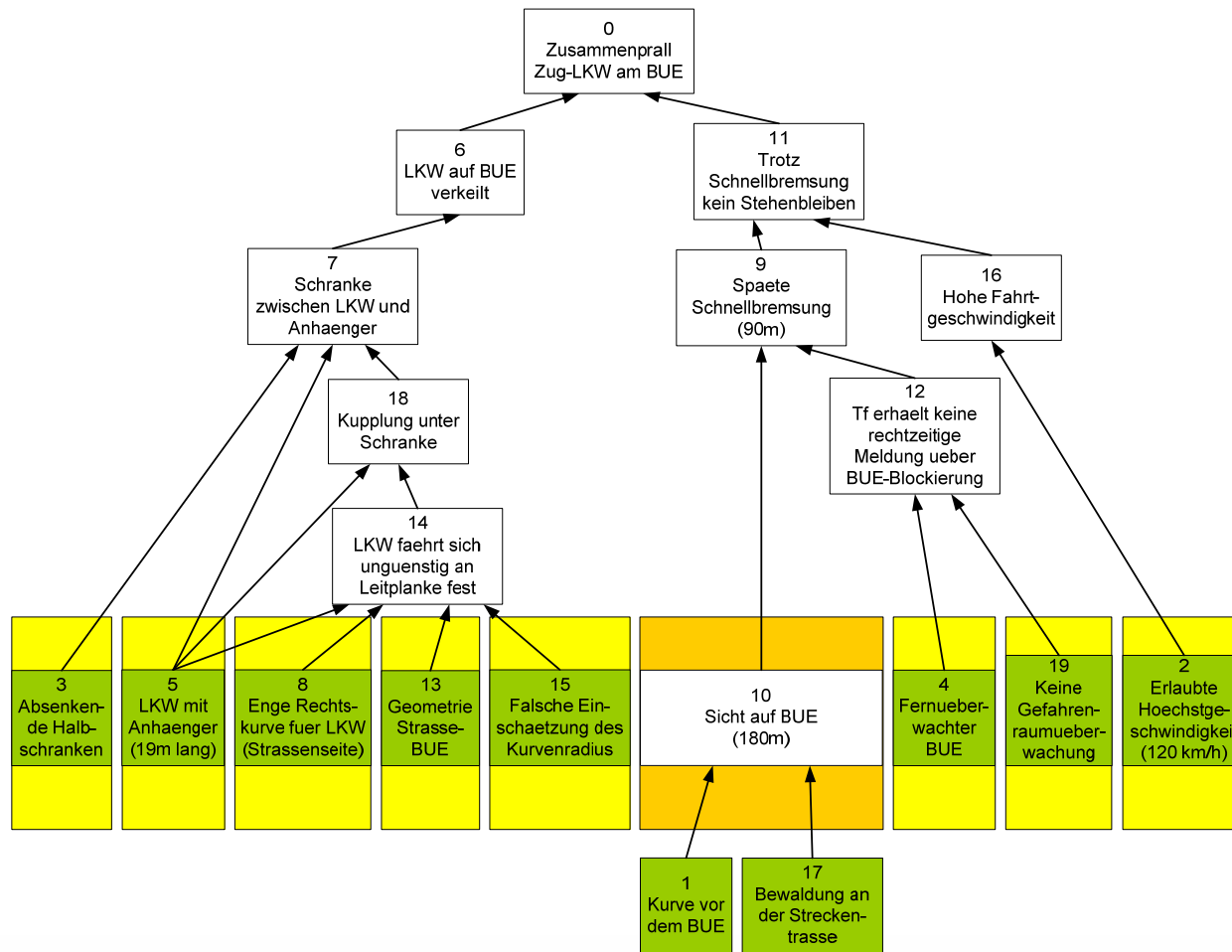
## Zusammenfassen von Sicherheitsschichten (1)





# WBG

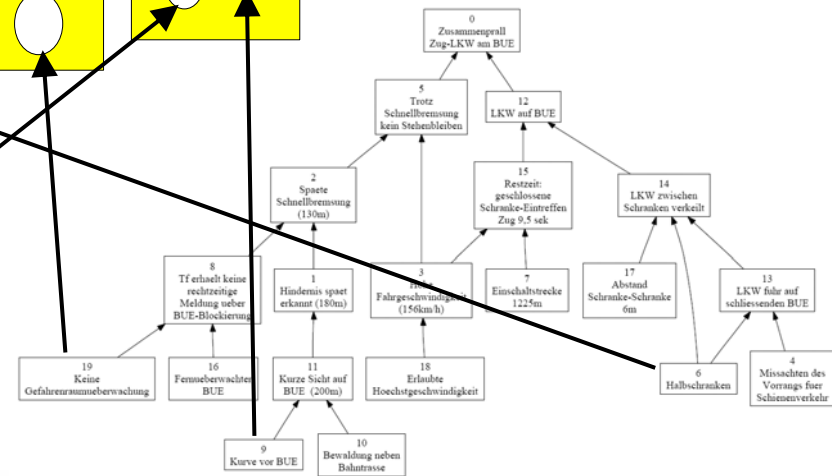
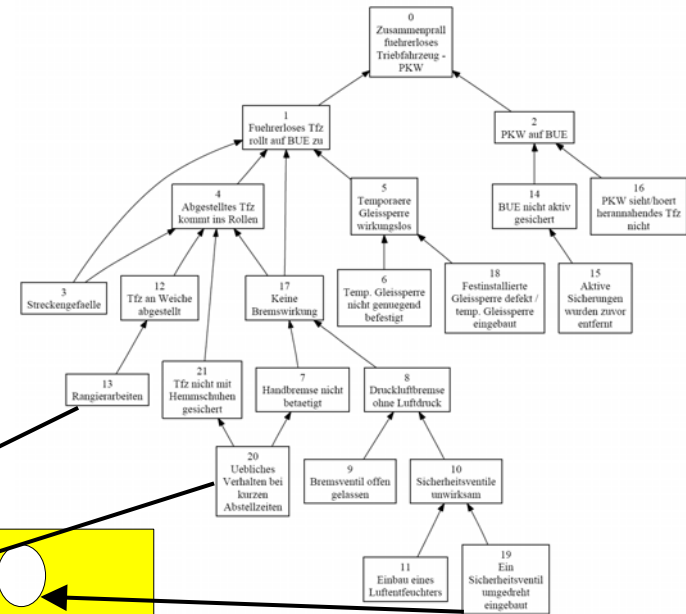
## Zusammenfassen von Sicherheitsschichten (2)





# Unfälle an Bahnübergängen Kombination mehrerer WBA

- Je mehr WBA, desto mehr Informationen über die Lücken
- Je mehr Informationen über die Lücken, desto mehr Information über die Sicherheitsschichten
- Sicherheitsschichten bilden MoSiS



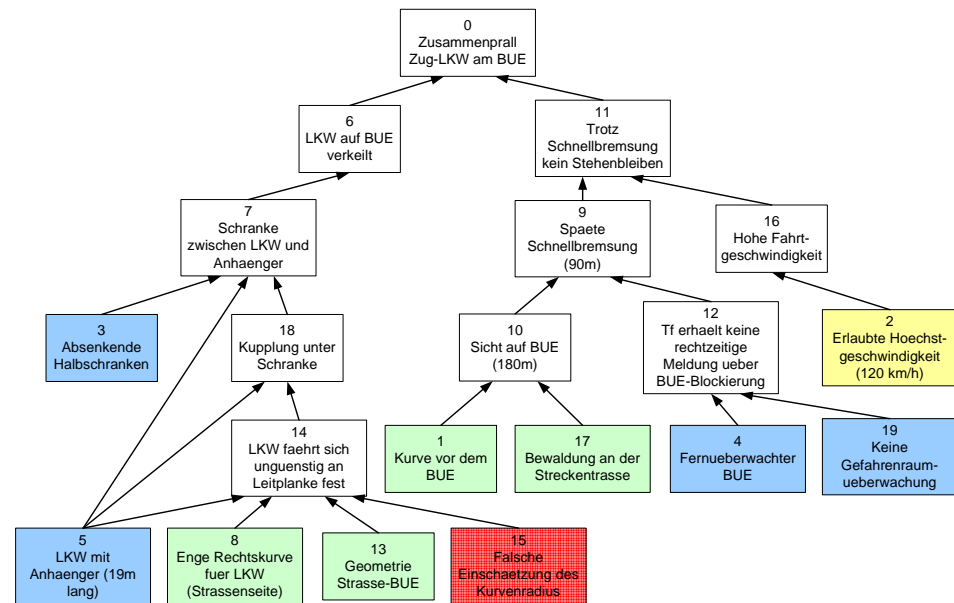


# Identifikation der Sicherheitsschichten

## Klassifikation der Lücken

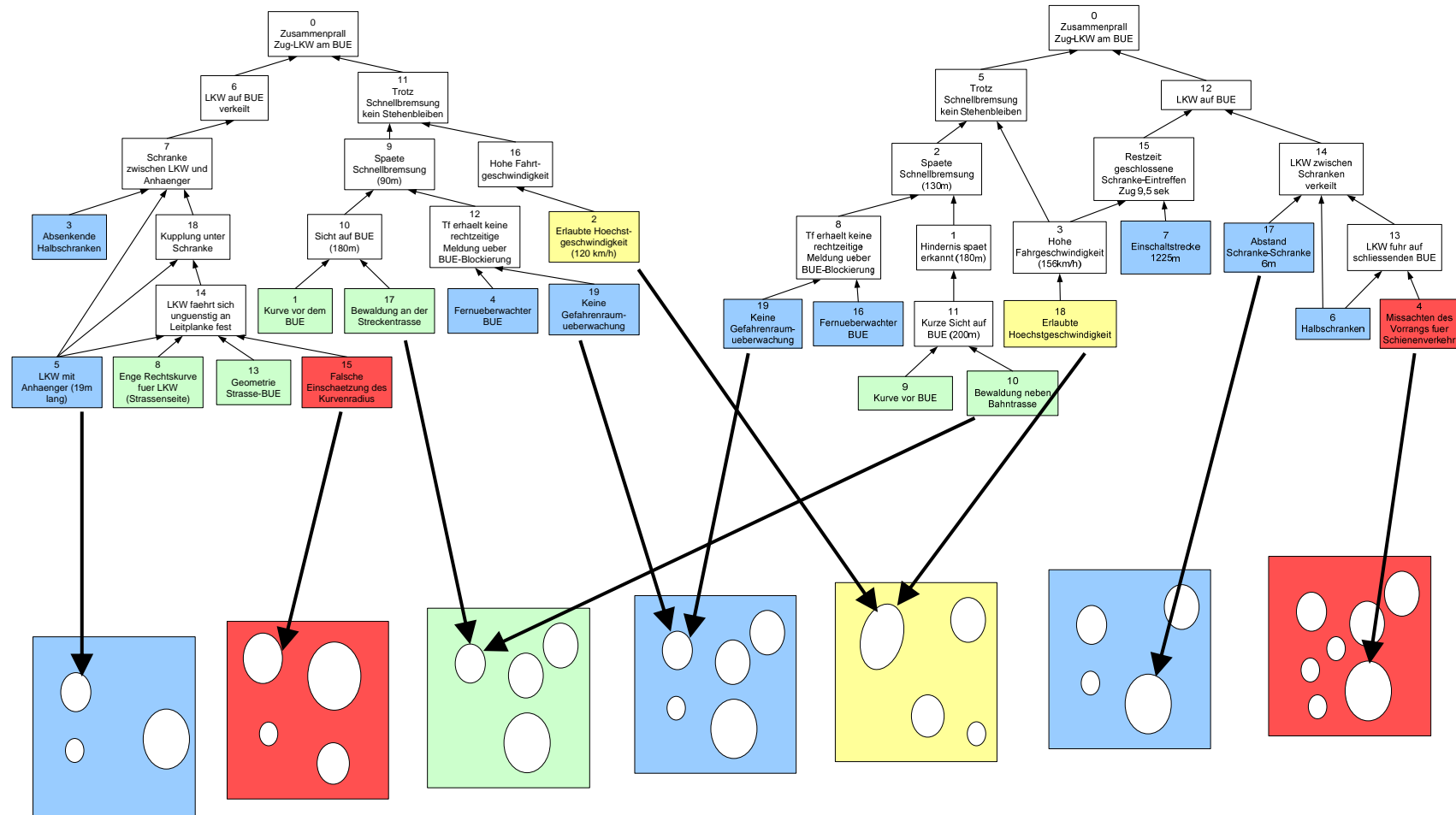
- Lücken = Grundursachen im WBG
- Klassifikation durch Färben der Blätter
- Verschiedene Klassifikationen:

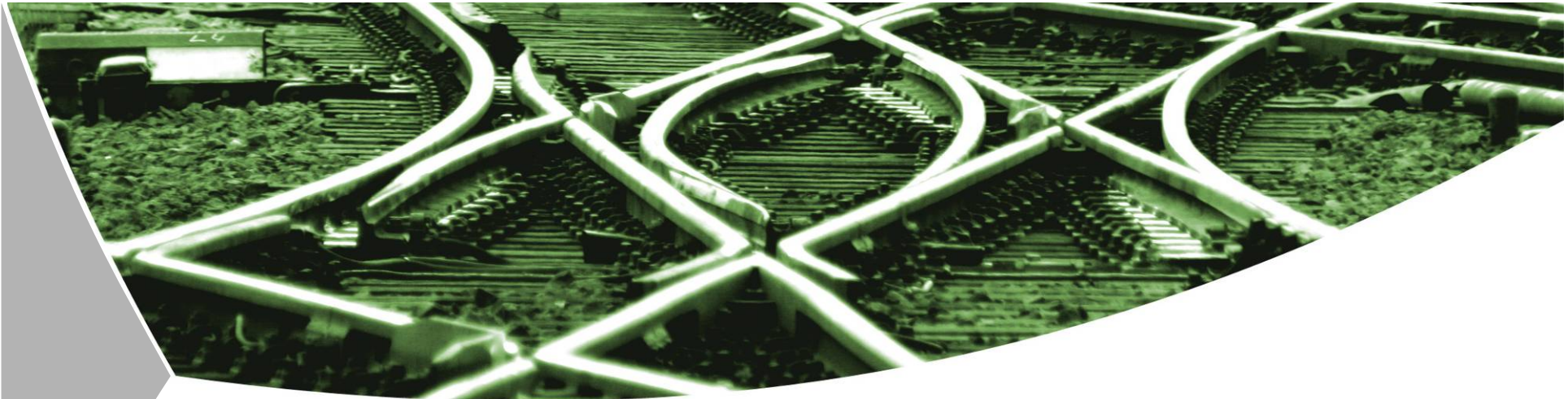
- Gemeinsamkeiten
- Beeinflussbarkeit
- Technik – Mensch – Organisation – Umgebung / Physik
- ...





# Klassifikation der Lücken Kombination mehrerer WBA





## MoSiS – Anwendung des Modells

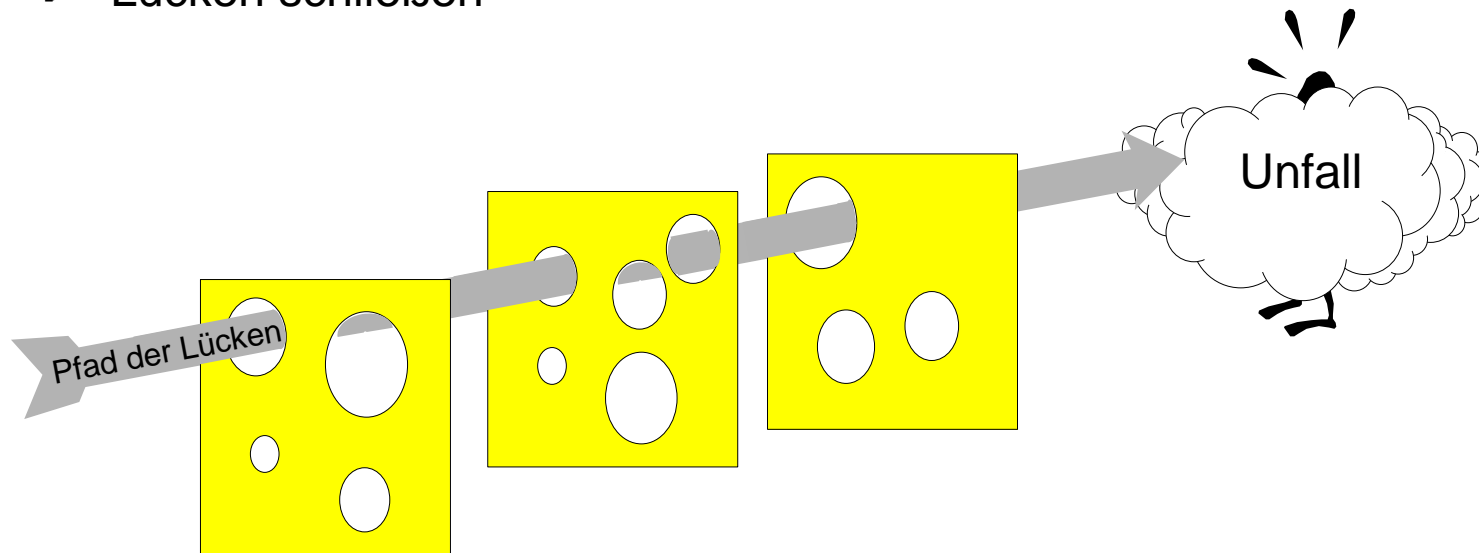




# Anwendungen von MoSiS

## Lücken schließen

- Kenntnis der Sicherheitsschichten bedeutet Kenntnis der Lücken
- Lücken schließen

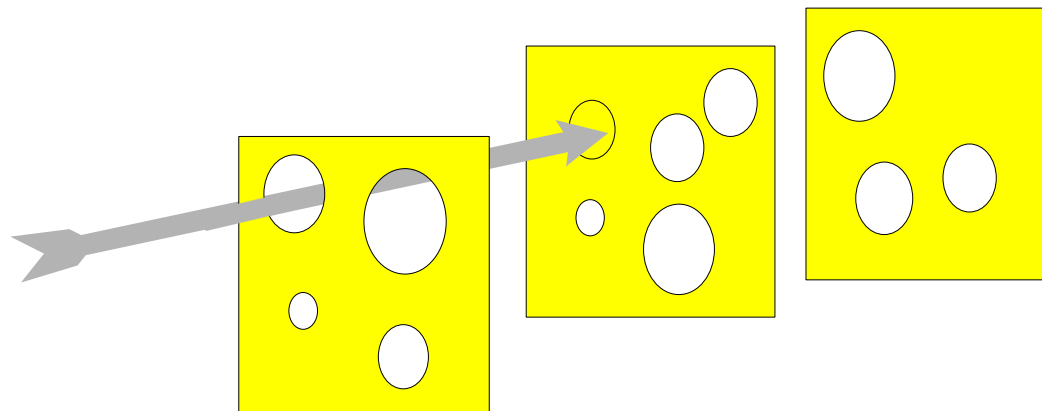




# Anwendungen von MoSiS

## Lücken schließen

- Kenntnis der Sicherheitsschichten bedeutet Kenntnis der Lücken
- Lücken schließen



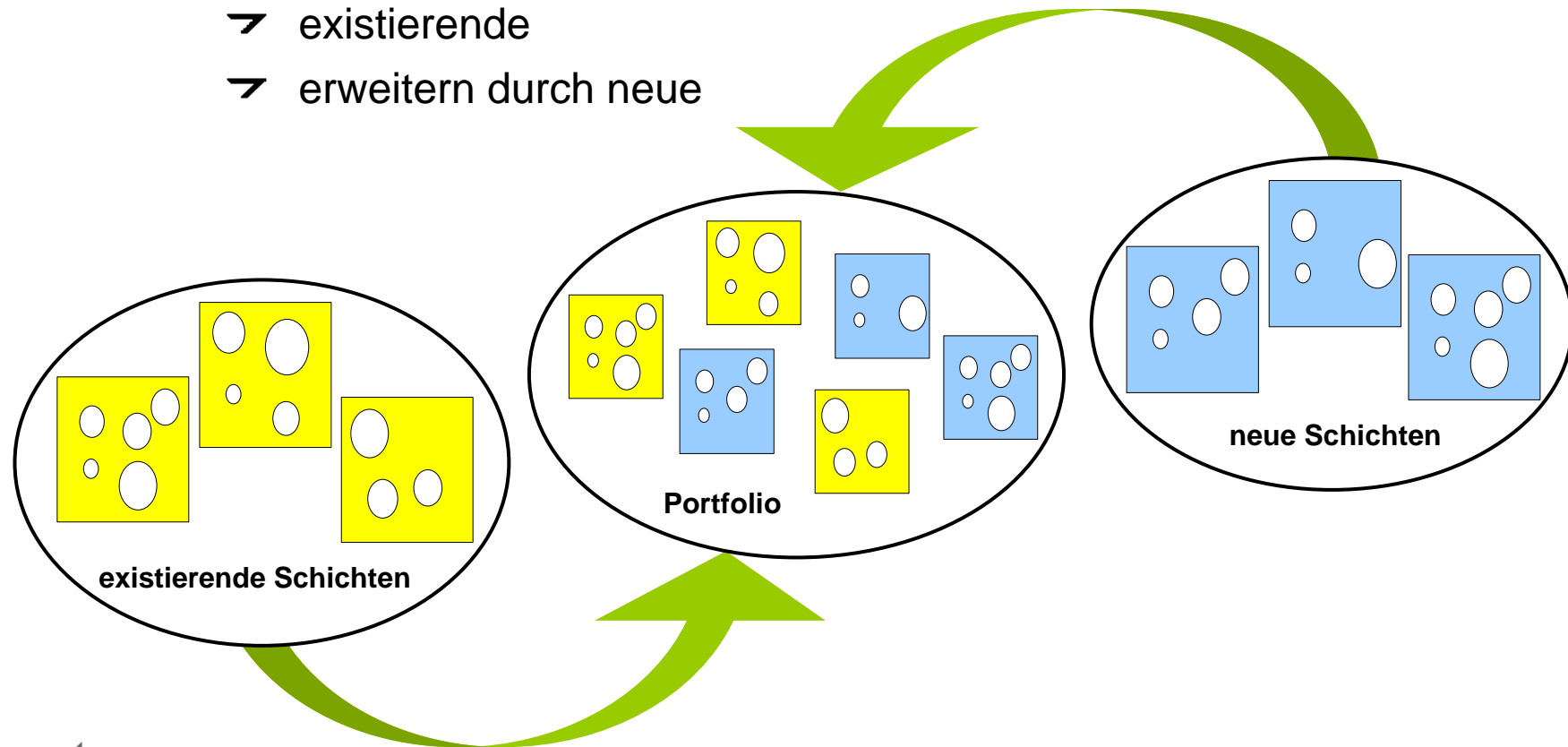
kein Unfall



# Anwendungen von MoSiS

## Portfolio erweitern

- MoSiS bietet ein Portfolio aus Sicherheitsschichten
  - existierende
  - erweitern durch neue

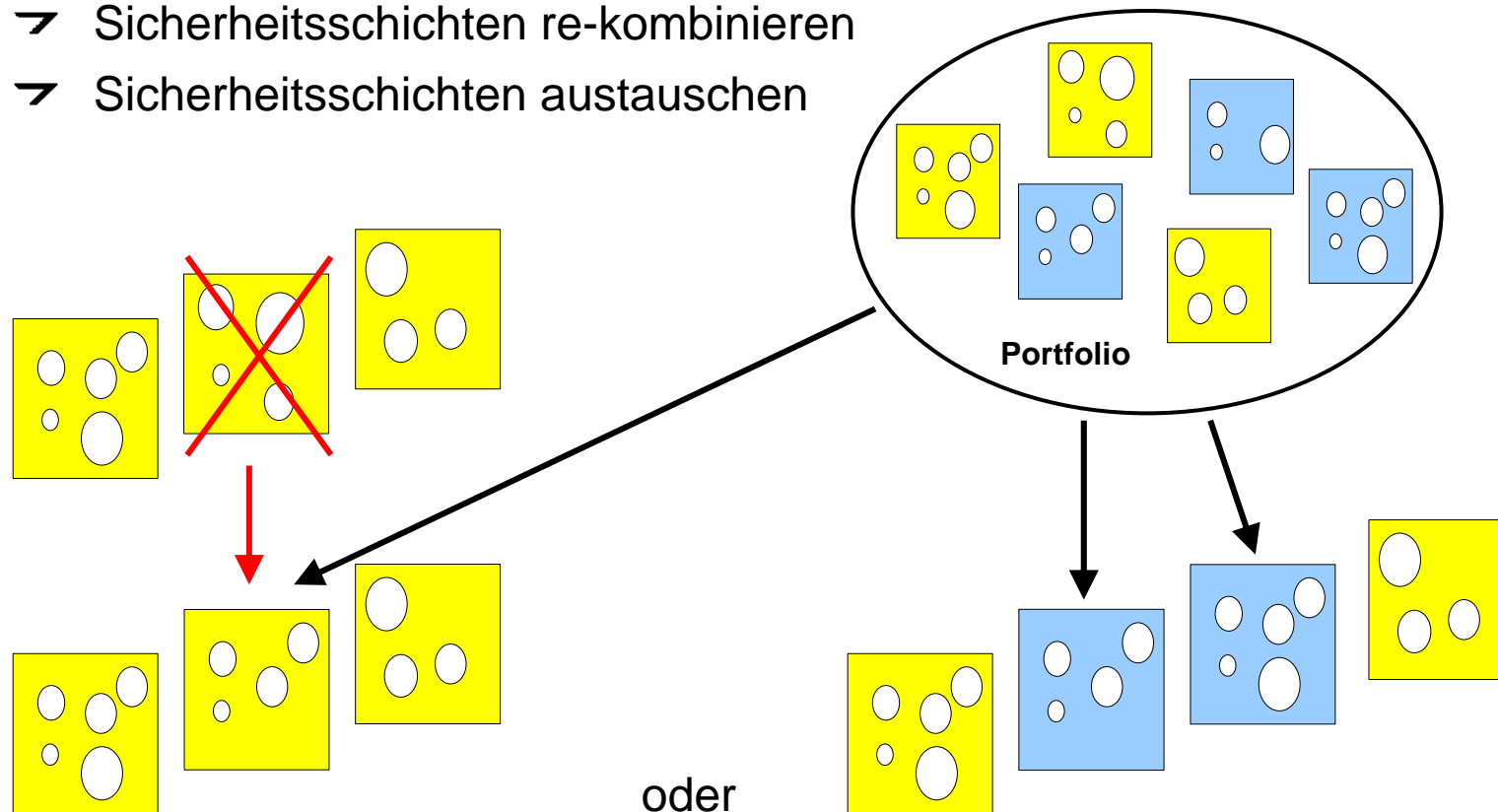




# Anwendungen von MoSiS

## Sicherheitskonzept verbessern

- Sicherheitsschichten re-kombinieren
- Sicherheitsschichten austauschen

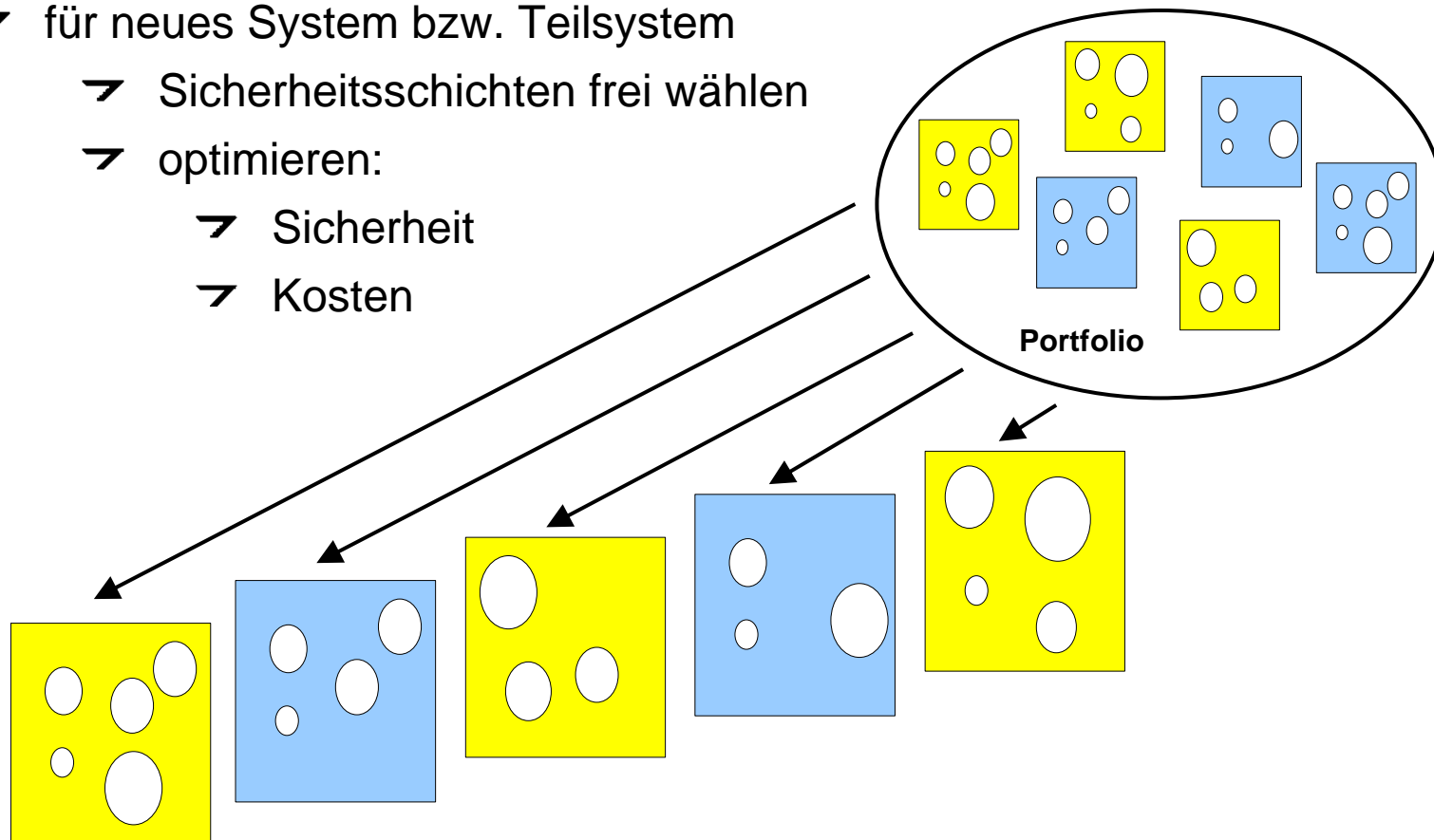


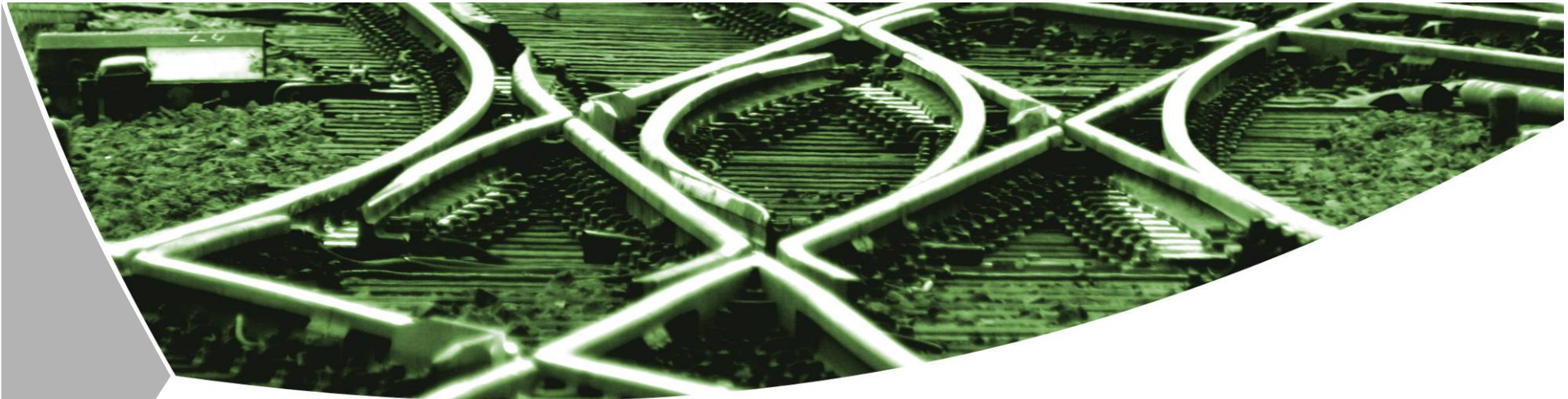


# Anwendungen von MoSiS

## Neues Sicherheitskonzept

- für neues System bzw. Teilsystem
  - Sicherheitsschichten frei wählen
  - optimieren:
    - Sicherheit
    - Kosten





## Zusammenfassung und Ausblick





# Zusammenfassung

## Thesen



- Das Eisenbahnsystem ist eines der sichersten Verkehrssysteme.
- Absolute Sicherheit ist nicht möglich.
- Verbesserung gegenüber dem Ist-Stand ist stets möglich.
  
- MoSiS lässt folgenden Nutzen erwarten:
  - Identifikation von Lücken der Sicherheitskonzepte
  - Modellierung der Sicherheitsschichten
  - Möglichkeit, Sicherheitsschichten hinzuzufügen, auszutauschen und zu re-kombinieren
  - Möglichkeit, Sicherheitskonzepte bzgl. Sicherheit und Kosten zu optimieren



# Ausblick

## Nächste Schritte

- Weitere WBA
  - mehr Informationen über die Lücken
  - Problem: wenig Unfallberichte
  - Lösung: Analyse möglicher Unfälle (FTA)
  
- Sicherheitsschichten für Bahnübergang
  - identifizieren
  - beschreiben
  
- Fokus erweitern
  - Strecke
  - Netz
  - Bahnsystem



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



**Fragen?**

Kontakt:

stefanie.schwartz@dlr.de

markus.pelz@dlr.de

