

Zur wirtschaftlichen Beurteilung infrastrukturseitiger Zuglaufüberwachung

A. Schöbel ^{a1}, N. Ostermann ^{a2}

^a TU Wien, Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen

Postanschrift (Karlsplatz 13 / 232, 1040 Wien, Österreich)

Kurzfassung:

Infrastrukturseitige Maßnahmen zur Zuglaufüberwachung sind wegen ihres örtlichen Querschnittsbezuges auf einer Strecke dadurch gekennzeichnet, daß sie nie genau an allen Stellen im Netz angeordnet werden können, an welchen sich bisher ein Unfall ereignet hat beziehungsweise erst eintreten wird. Im Nachhinein ist es immer einfach, für ein spezielles Ereignis jene Konfiguration einer Zuglaufüberwachung zu entwerfen, die dann diesen speziellen Unfall verhindert hätte („empirischer Ansatz“). Diese Vorgehensweise der Standortermittlung über die Historie eines Netzes ist von Haus aus wegen ihrer Unwirtschaftlichkeit zu verwerfen. Daher wird im folgenden Beitrag eine neue Möglichkeit der wirtschaftlichen Betrachtung unter Berücksichtigung der betrieblichen Randbedingungen aufgezeigt.

Schlagworte:

Infrastrukturseitige Zuglaufüberwachung, Wirtschaftlichkeit

¹ Korrespondierender Autor: E-Mail: andreas.schoebel@tuwien.ac.at; URL: <http://www.eiba.tuwien.ac.at>

² E-Mail: norbert.ostermann@tuwien.ac.at; URL: <http://www.eiba.tuwien.ac.at>

1 Einleitung

Die fortschreitende Liberalisierung des Eisenbahnverkehrs und die damit erfolgte Aufteilung in Eisenbahn-Infrastrukturbetreiber und Eisenbahn-Verkehrsunternehmen erfordert den Einsatz von Zuglaufüberwachungssystemen insbesondere auf seiten der Infrastruktur. In weiterer Folge stellt sich sofort die Frage nach deren wirtschaftlich vertretbarer Verteilung im Netz des Infrastrukturbetreibers und im weiteren nach den richtigen Orten entlang der zu überwachenden Strecken. Diese örtliche Aufstellung einer oder mehrerer Sensoriken muß nämlich aus sicherheitstechnischen Überlegungen heraus entsprechend der letzten Haltemöglichkeit vor dem besonders überwachten Streckenabschnitt (z.B. langer Tunnel) bzw. zu schützenden Element der Infrastruktur (z.B. Brückenpfeiler) erfolgen. Diese Wirkungsweise wird mit Hilfe der Leittechnik und deren Einwirkung auf ein Stellwerk sichergestellt und als „Checkpoint“ bezeichnet [3]. Wegen des modularen Aufbaues des Checkpoints stellt sich die Frage nach dem betriebswirtschaftlich günstigen Einsatz der jeweiligen Sensoriken, um zu einer optimalen Maßnahmenplanung zu gelangen. Als Beispiel dient die Entgleisungsdetektion in den weiteren Ausführungen.

2 Kategorien technischer Zugbeobachtung

Grundsätzlich können die Maßnahmen der technischen Zugbeobachtung in Anlehnung an die Sicherheitsplanung in drei Gruppen eingeteilt werden:

- ereignisverhindernd (E)
- ausmaßmindernd (A)
- rettungsunterstützend (R)

In einer ersten Ausbauphase der technischen Zugbeobachtung sind folgende Komponenten bei den Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) vorgesehen:

- Heißläufer-/ Festbremsortungsanlagen (E /A)
- Flachstellenortungsanlagen (A)
- Lichtraumprofilemeßanlagen (A)
- Dynamische Radlastverwiegung (E /A)
- Entgleisungssensoren zur Detektion einer bereits entgleisten Achse (A)
- Branderkennungseinrichtungen (A).

Ordnet man diese Komponenten den anfangs erwähnten Gruppen zu, so erkennt man, daß der Checkpoint im Wesentlichen ausmaßmindernd wirkt, da eine Form des Schadens oder Gebrechens bereits eingetreten sein muß, um überhaupt von einer Sensorik erkannt werden zu können. Ereignisverhindernde Anteile kann man nur der dynamische Radlastverwiegung sowie der Heißläuferortungsanlage zusprechen, da

das eigentliche, ausmaßbestimmende Ereignis – eine mögliche Entgleisung – erst folgen kann.

3 Nutzendarstellung infrastrukturseitiger Entgleisungsdetektion

Betrachtet man jene Entgleisungsfälle im Netz eines Infrastrukturbetreibers näher, bei denen mehrere Kilometer Oberbau beschädigt wurden, zeigt sich, daß es zwei Abschnitte für risikoreduzierende Maßnahmen gibt: im ersten Abschnitt kann nur durch ereignisverhindernde Maßnahmen eine Entgleisung verhindert werden und damit das Ereignis an sich verhindert werden. Im zweiten Abschnitt hingegen besteht auch die Möglichkeit nur durch den Einsatz ausmaßmindernder Technologie eine Reduktion des Schadensausmaßes zu erzielen. Bei Positionierung eines Entgleisungsdetektors, der in die Betriebsführung integriert ist und ein definiertes Hauptsignal in Halt-Stellung bringt, verkürzt sich die Länge des zerstörten Oberbaus. Damit entfallen Kosten für die Wiederinstandsetzung des Oberbaus. Sie werden als Nutzen dieser Einrichtung interpretiert. Folgt man bei der Positionierung dem Ansatz der Dissertation „Zur Frage der Standortwahl von Zuglaufüberwachungseinrichtungen“ [1], sind nur die risikoträchtigen bzw. schutzbedürftigen Elemente im Netz eines Infrastrukturbetreibers im Zuge einer Risikoanalyse zu spezifizieren. Damit lassen sich benötigte Stückzahlen und Abstand zwischen gleichartigen Sensoren ermitteln.

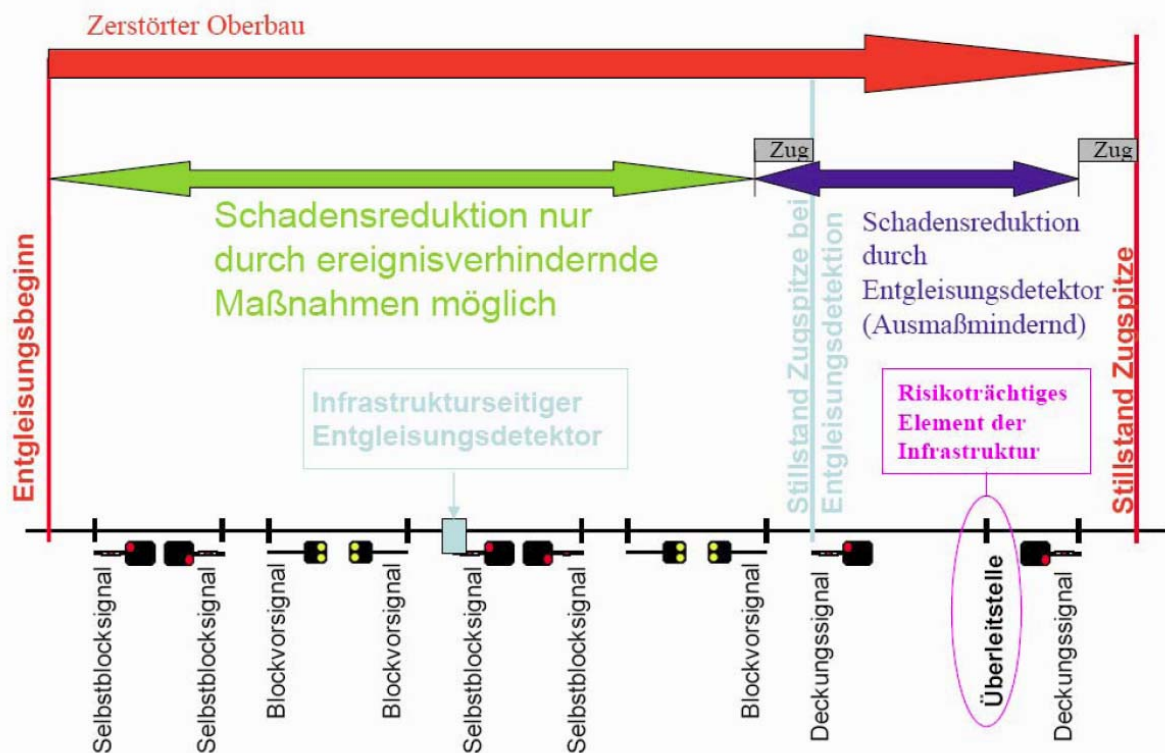


Abbildung 1: Nutzendarstellung einer infrastrukturseitigen Entgleisungsdetektion

4 Schutzbedürftige Infrastrukturelemente

Neben dem Element der Infrastruktur „Überleitstelle auf einer Schnellfahrstrecke“ sind die Bahnhöfe einer detaillierten Risikoanalyse zu unterwerfen. Hier zeigt sich, daß die Weichenbereiche im Ein- bzw. Ausfahrbereich der Bahnhöfe schutzbedürftig sind, da Entgleisungen in diesen Bereichen ein großes Schadenspotential besitzen. Betrachtet man zusätzlich noch die typischen Signalstandorte der Einfahr- bzw. Ausfahrtsignale, erscheint eine Entgleisungsdetektion mit Integration in die Stell- bzw. Leittechnik sinnlos, da im Alarmfall ein Anhalten vor dem kritischen Weichenbereich nicht mehr möglich ist.

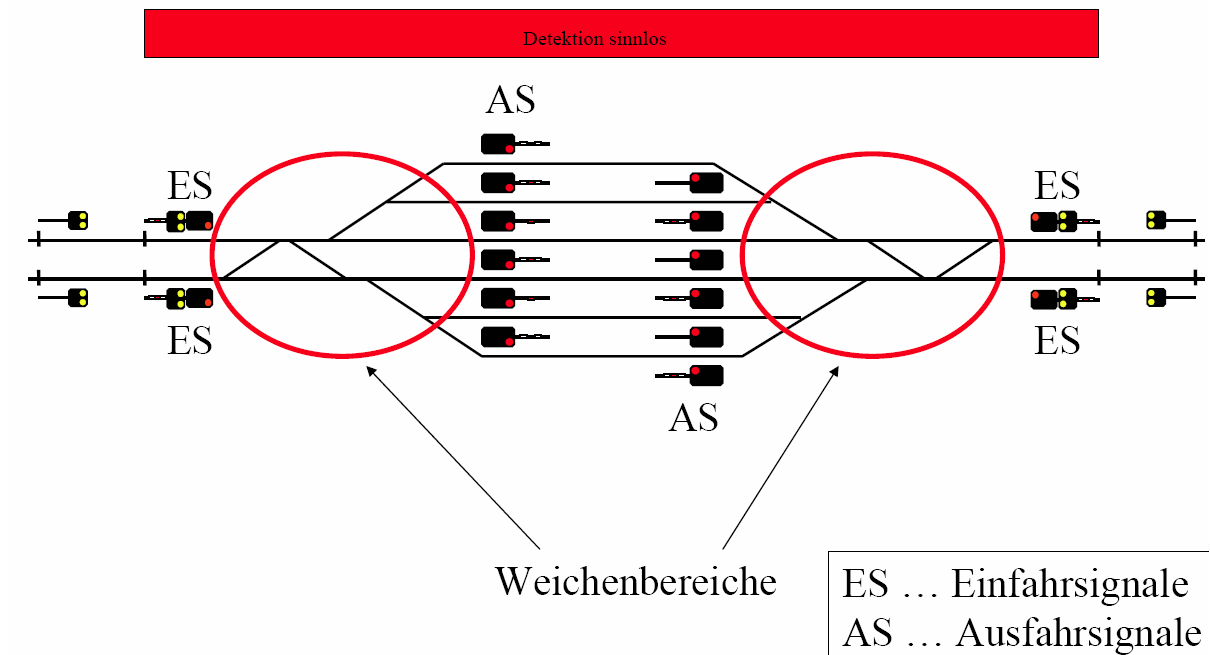


Abbildung 2: Risikopotentiale im Bahnhofsbereich

5 Streckenseitige Positionierung

Bezieht man die lokale Standortwahl auf ein vorhandenes Blocksystem, so ergeben sich Abschnitte mit unterschiedlicher Wirksamkeit einer Detektion (Abb.3). Unmittelbar nach einem Blocksignal ist eine Detektion sinnvoll, sofern die Summe aus Auswertzeit und Signalstellzeit kleiner als die Zeitspanne für die Annäherung an den Sichtpunkt des Vorsignals ist. Im Anschluß daran folgt eine Übergangszone, die durch die Auswertzeit und die maximale Zuglänge beeinflusst wird. Das Ende dieses Abschnittes wird durch den Sichtpunkt auf das Vorsignal spezifiziert. Beim Erreichen dieses Punktes durch den Triebfahrzeugführer ist ein Wechsel des Signalbegriffes aus Sicht des Infrastrukturbetreibers nicht mehr erstrebenswert, weil eine allfällig ausgelöste Notbremsung im Ereignisfall eine zusätzliche Verschlechterung des Sicherheitszustandes bringen kann. Im Bereich zwischen Sichtpunkt auf das Vorsignal und dem Blocksignal ist eine Detektion, um vor diesem Signal noch anzuhalten, schlichtweg sinnlos.

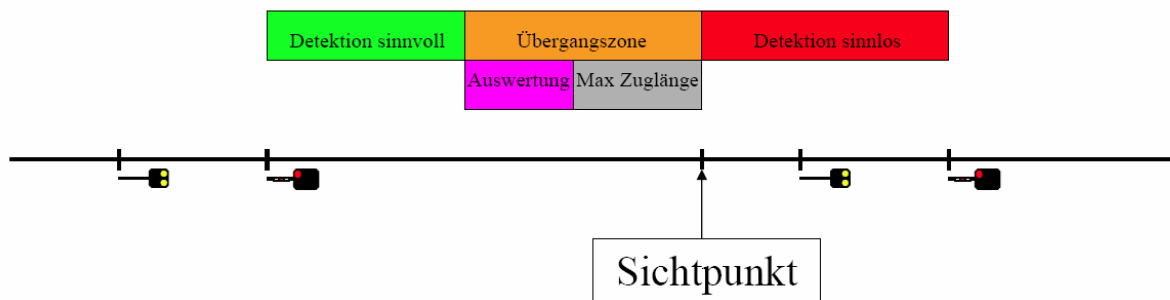


Abbildung 3: Klassifikation der Abschnitte innerhalb eines Blockes

Überträgt man diese Betrachtungsweise für die Abschnitte innerhalb eines Blockes auf eine zweigleisige Strecke ohne Streckenblock zwischen zwei Bahnhöfen, so ergibt sich in der Mitte ein mehr oder weniger langer Abschnitt, in dem eine infrastrukturseitige Detektion sinnvoll erscheint, um vor dem jeweiligen Einfahrsignal ein Anhalten des entgleisten Zuges zu erreichen. Dieser Fall stellt somit den unteren Grenzfall der Betrachtung dar, da bei größeren Abständen zwischen zwei Bahnhöfen i.a. Blocksignale aus Gründen der Leistungsfähigkeit vorhanden sein werden. Die beiden Entgleisungsdetektoren sind dabei so zu integrieren, daß sie richtungsunabhängig das jeweils richtige Einfahrsignal ansprechen.

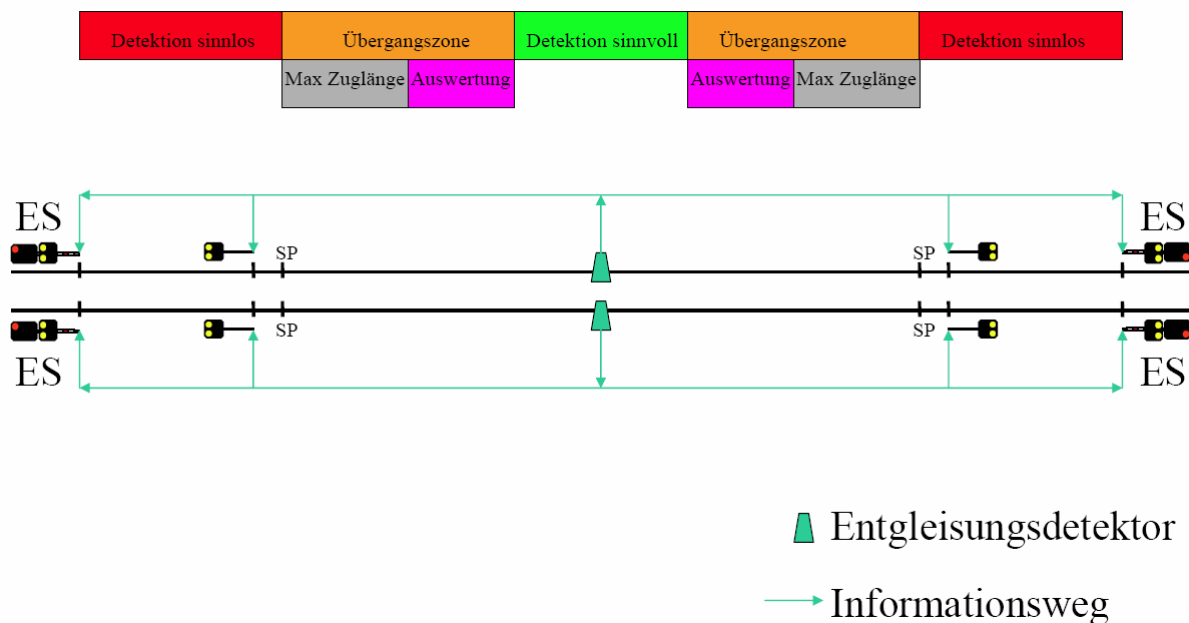


Abbildung 4: Positionierung bei Strecken ohne Streckenblock

Befindet sich zwischen den beiden benachbarten Bahnhöfen ein Selbstblock oder Streckenblock, vergrößert sich der sinnvolle Detektionsbereich, wodurch Kosten bei der Detailplanung der Standorte optimiert werden können. Im Allgemeinen wird sich aber der Bereich zwischen den Blocksignalen der beiden Richtungen als besonders kostengünstig erweisen, da hier die entsprechenden Installationen bereits vorhanden sein müssen. Auch in diesem Fall findet man das Auslangen mit zwei Detektoren, je Richtungsgleis wird einer installiert.

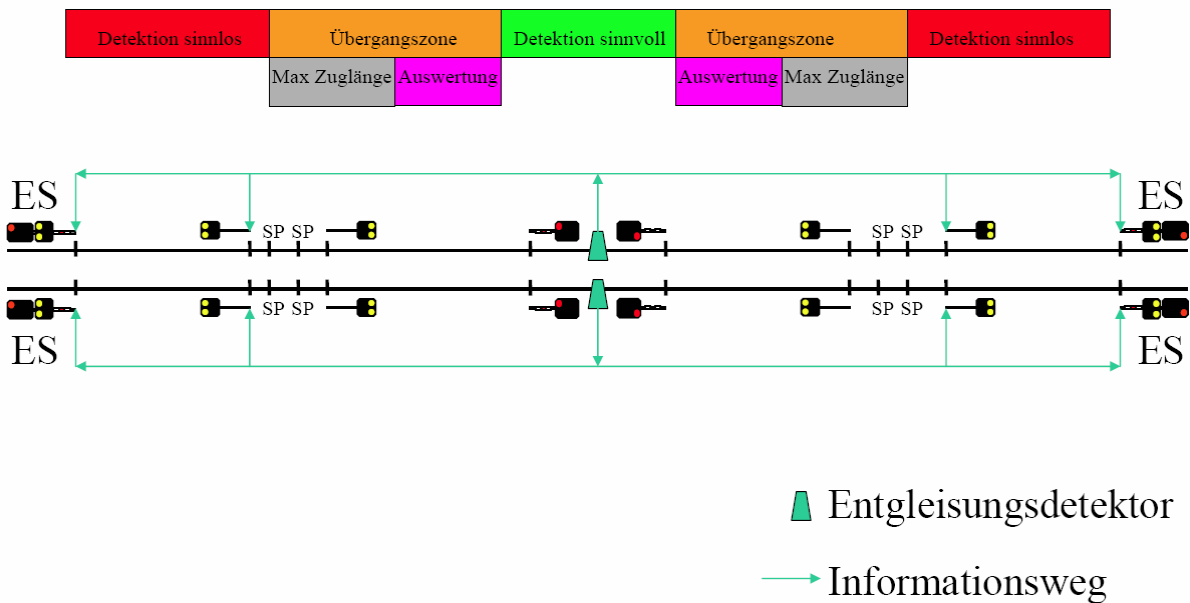


Abbildung 5: Positionierung bei Strecken mit einem Streckenblock

Interessant ist nun der Fall, wenn die Strecke zwischen zwei Bahnhöfen durch mehrere Selbstblöcke bzw. Blocksignale unterteilt wird. In Abb. 5. erkennt man, daß die beiden Standorte unterschiedlichen Signalen hinsichtlich ihrer Funktionalität zugeordnet werden können. Im Bereich des mittleren Blockes ergibt sich nun ein Bereich, in dem eine Detektion nur für das übernächste Hauptsignal in Fahrtrichtung sinnvoll ist. Dies ermöglicht eine Verdichtung der Standorte, die v.a. im Hinblick auf linienförmige Zugbeeinflussungssysteme eine quasi kontinuierliche Zuglaufüberwachung ermöglicht.

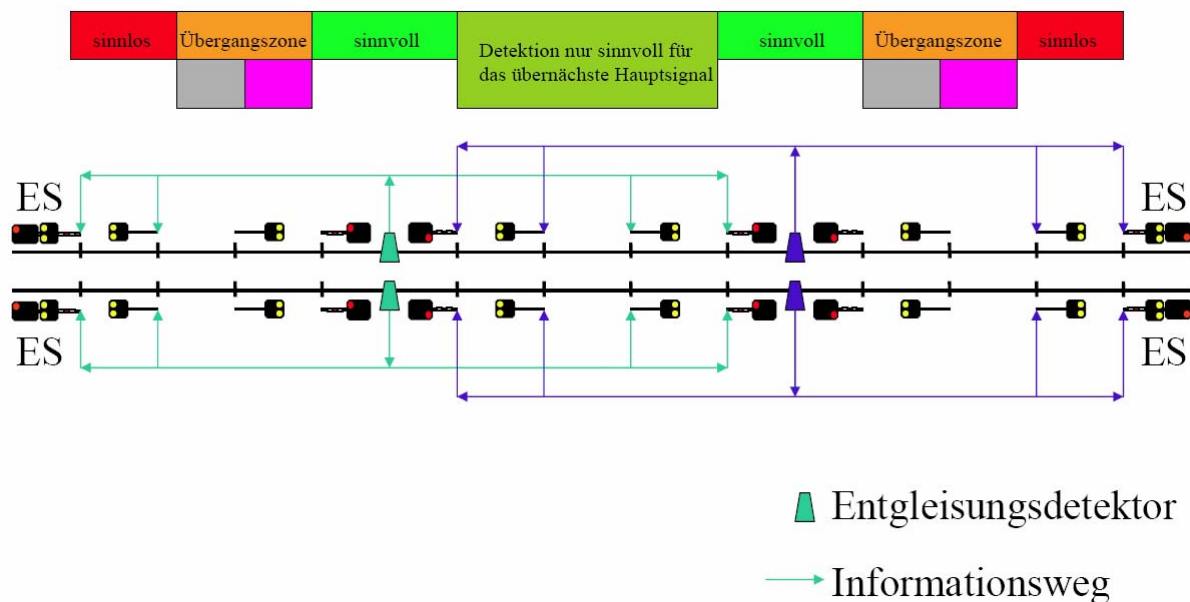


Abbildung 5: Positionierung bei Strecken mit mehreren Streckenblöcken

6 Kosten-Nutzen-Darstellung

Für die nun folgende Kosten-Nutzen-Betrachtung wird die streckenbezogene Darstellungsform beibehalten. Die Eintrittswahrscheinlichkeit für das Auftreten einer solchen Entgleisung, bei der mehrere Kilometer Oberbau beschädigt werden, kann aus der betrieblichen Unfallstatistik eines Infrastrukturbetreibers entnommen werden und geht dann in die netzbezogene Darstellung ein. Dabei ist auch das Betriebsprogramm der jeweiligen Strecke zu berücksichtigen, um nicht zu falschen Ausbaustrategien zu gelangen. Folgt man nun der streckenbezogenen Darstellung, werden mit Installation der ersten Sensorikkomponente die Aufwendungen für die Integration in die Sicherungs- bzw. Leittechnik erforderlich („Checkpoint“). Wählt man ausschließlich ausmaßmindernde Komponenten, wie den Entgleisungsdetektor, entstehen nur noch spezifische Kosten für die lokale Aufstellung. Sie werden jeweils annähernd gleich hoch angesetzt und bestimmen damit den Verlauf der Kostenfunktion. Der Nutzen wird der Einfachheit halber als lineare Funktion angenommen, die ab einer gewissen Stückzahl die Kosten übersteigt und damit auch den wirtschaftlich vertretbaren Einsatzbereich aufzeigt. Andererseits wird angenommen, daß der Nutzen nicht beliebig steigerbar ist, da die Anzahl der betrieblich sinnvoll nutzbaren Standorte begrenzt ist. Es ergibt sich daher ab einer gewissen Anzahl kein weiterer Nutzen.

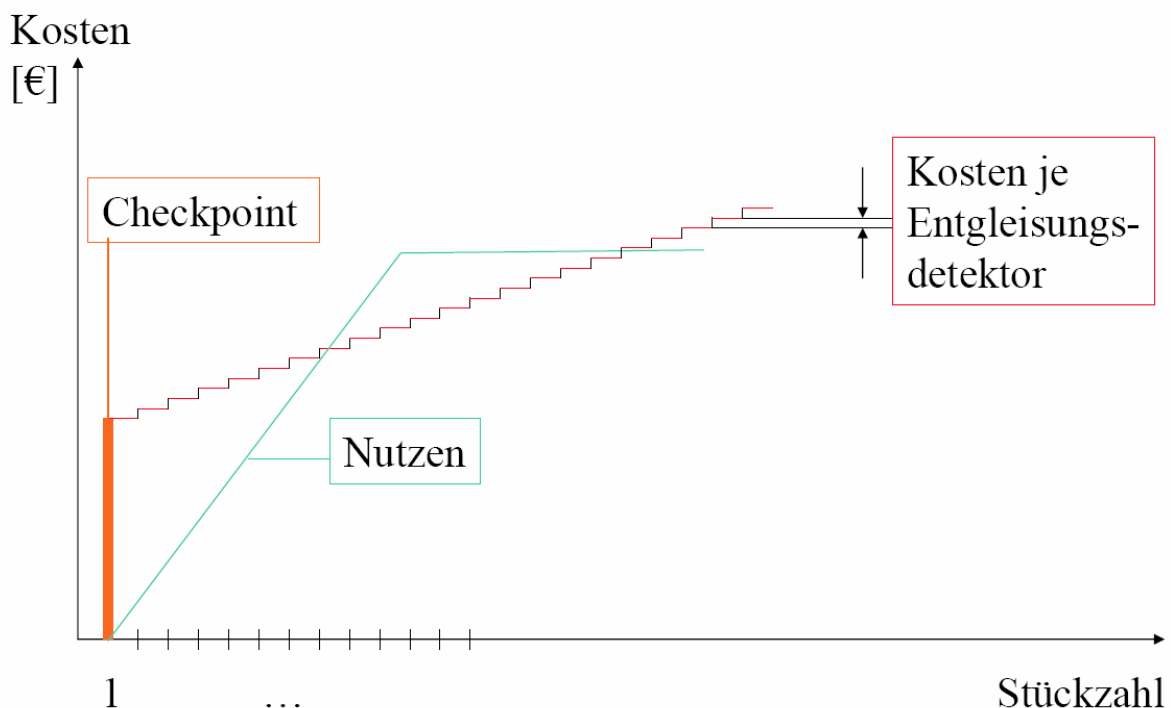


Abbildung 6: Szenario „ausmaßmindernd“

Gemäß der Kategorisierung der Sensoriken zur technischen Zuglaufüberwachung müssen in der Kosten-Nutzenbetrachtung aber auch die ereignisverhindernden Maßnahmen berücksichtigt werden. Da eine Y/Q-Messung im Allgemeinen auch über längere Streckenabschnitte Gültigkeit bewahrt – außer bei schadhafte Wagen kann auch durch die Be bzw. Entladung in der Praxis eine Veränderung des Verhältnisses Y/Q auftreten – müssen diese Kosten bei einer abschnittswisen Betrachtung anteilig mit Installation des Checkpoints berücksichtigt werden. Werden zudem auch

Heißläuferortungsanlagen eingesetzt, müssen diese ebenfalls anteilig aufgeschlagen werden. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß es bei der Erwärmung von Lagern durchaus Trends (linear oder exponentiell) geben kann, die gesondert zu betrachten sind [2]. Es stellt sich die Frage, ob durch den Einsatz ereignisverhindernder Maßnahmen bereits bei einer geringeren Anzahl von ausmaßmindernden Komponenten der wirtschaftlich vertretbare Einsatzbereich erreicht werden kann.

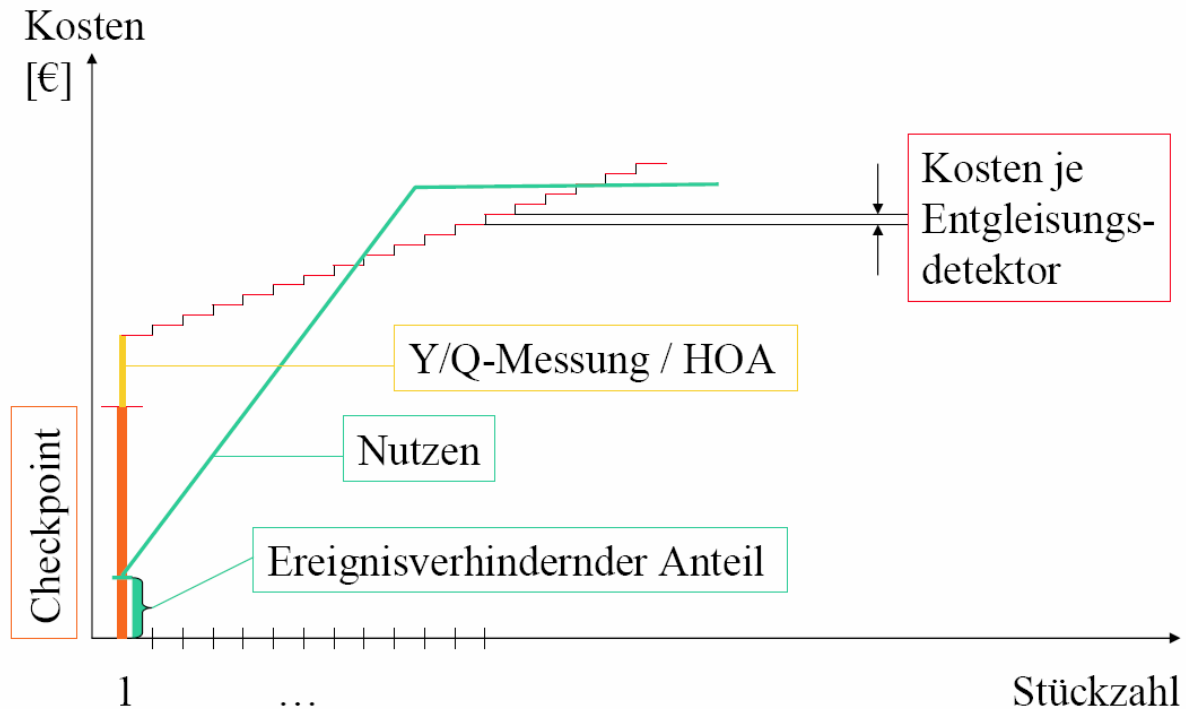


Abbildung 7: Szenario „ereignisverhindernd und ausmaßmindernd“

Ergänzend zu diesen qualitativen Ausführungen sei angemerkt, daß bei der praktischen Anwendung der gezeigten Methodik größenordnungsmäßig mit Kosten für die Wiederinstandsetzung des Oberbaus (und damit der Nutzen) - je nach Oberbauart – von 10 – 100 Tausend Euro und mit Kosten je Entgleisungsdetektor von ca. 2 000 Euro gerechnet werden kann.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorangegangenen Ausführungen mögen zeigen, daß infrastrukturseitige Zuglaufüberwachungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der betrieblichen Wirkungsweise allein aufgrund der verhinderbaren Infrastrukturschäden betriebswirtschaftlich kostendeckend eingesetzt werden können. Außerdem steht damit den Infrastrukturbetreibern - unter Verwendung ihrer eigenen Schadensdaten - ein Ansatz zur Beurteilung der Angemessenheit der Kosten von Sensoriken zur Verfügung.

Danksagung:

Im Rahmen des Programmes „I2 – Intelligente Infrastruktur“ wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) die Entwicklung eines Prototypen zur infrastrukturseitigen Entgleisungsdetektion dankenswerter Weise gefördert.

Literatur

- [1] A. Schöbel: "Zur Frage der Standortwahl von Zuglaufüberwachungseinrichtungen"; Begutachter: N. Ostermann, E. Kopp; Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen, 2005.
- [2] A. Schöbel, J. Karner: "Optimierungspotenziale bei der Stationierung von Heißläuferortungsanlagen"; ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, 54 (2005), 12; S. 805 - 808.
- [3] M. Sünder, A. Schöbel, M. Pisek, T. Maly: "Sicherheitssystemintegrierte Checkpoint-Anlagen für automatische Zugüberwachung"; Vortrag: 36. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge, Graz; 18.09.2005 - 21.09.2005; in: "Sonderheft Tagungsband", Glasers Annalen / Georg Siemens Verlag, 129/11/Berlin (2005), 1618-8330; S. 130 - 135.