



Infrastruktur
Anlagen & Technologie

Division Infrastruktur
Zugkontrollleinrichtungen

I-AT

I-SQU-UEW-ZKE

ZKE – Gesamtkonzept

Version 1.4

Vom: 1.1.2025

	Genehmigt BAV (gem. Art. 40 EBV)	
Datum / Visum		
Name		
Stelle / Funktion		

	Erstellt	Erstellt	Freigegeben
Datum / Visum			
Name	Daniel Pixley	Stefan Koller	Roland Meister
Stelle / Funktion	BLS Leiter Automation	I-SQU-UEW-ZKE Leiter Zugkontrollleinrichtungen	I-SQU-UEW Leiter Überwachung / Leiter Steuergruppe Detektionsanlagen

Dokumenten-Kontrollblatt

Inhalt	ZKE-Gesamtkonzept
Ersteller	Stefan Koller
Wordprozessor	Microsoft Word 2010
Filename	2024-ZKE_Gesamtkonzept_BLS_SBB
Status des Dokuments	In Bearbeitung / in Review / <u>Freigegeben</u>
Verteiler	BAV Mitglieder Steuergruppe Detektionsanlagen
Vernehmlassung/Freigabe	Steuergruppe Detektionsanlagen

Versionsverwaltung

Version	Datum	Ersteller	Änderungshinweise
1.1	16.09.2012	J. Vouillamoz / U. Nietlispach	Ursprungsversion
1.2	14.06.2017	P. Büchli	Überarbeitung aufgrund AWK Audit, Input BAV und StGr Detektionsanlagen.
1.3	22.8.2022	S. Koller	Ergänzung Anforderungen an Interventions- bahnhöfe, Weiterentwicklung zu Wayside Intelli- gence, Verzicht auf Explosivgas-Ortung
1.4	27.11.2024	S. Koller	Überarbeitung aufgrund Input BAV

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	6
1.1	Gesetzliche Verankerung des Gesamtkonzepts ZKE	6
1.2	Umgang mit Änderungen mit Einfluss auf das Gesamtkonzept ZKE	6
2	Zugkontrollleinrichtungen ZKE	7
2.1	Definition und Zielsetzung ZKE	7
2.2	Arten von ZKE	7
2.3	Einschränkungen betreffend ZKE	9
3	Prinzipien für Planung und Bau von ZKE	10
3.1	Risikoorientierter Ausbau des ZKE Netzes	10
3.2	Kosten/Nutzen-Verhältnis (KNV)	11
3.3	HFO	12
3.4	RLC	13
3.5	PAO	13
3.6	BOA	14
3.7	Standortkriterien Interventionsbahnhöfe	14
3.8	Resultierendes Netz	15
4	Betrieb der ZKE	16
4.1	Grenz- und Eingriffswerte	16
4.2	Intervention	16
4.3	Alarmarten, Eingriffswerte und Intervention für ZKE (Stand Anfangs 2016)	17
4.4	Vernetzung	19
4.5	Verfügbarkeit von ZKE	19
4.6	Kommunikation ISB - EVU bzw. BAV	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehen für die Priorisierung von ZKE	10
Abbildung 2: Übersicht ZKE, 01.07.2024	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beurteilungsklassen KNV	11
Tabelle 2: Ausbaustand HFO-Anlagen	12
Tabelle 3: Ausbaustand RLC-Anlagen	13
Tabelle 4: Ausbaustand PAO-Anlagen	13
Tabelle 5: Ausbaustand BOA-Anlagen	14
Tabelle 6: Alarmarten bei HFO-Anlagen	17
Tabelle 7: Alarmarten bei RLC-Anlagen	18
Tabelle 8: Alarmarten bei PAO-Anlagen	18
Tabelle 9: Alarmarten bei BOA-Anlagen	19

Abkürzungsverzeichnis

AB EVB	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
BAV	Bundesamt für Verkehr
CIS Infra	Cargo Informationssystem Infrastruktur
EBG	Eisenbahngesetz
EBV	Eisenbahnverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FDV	Fahrdienstvorschriften
GBL	Gotthard-Basis-Linie
ISB	Infrastrukturbetreiberin
IZ	Interventionszentrum
KNV	Kosten/Nutzen-Verhältnis
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
NBN	Netzbenutzer
NZV	Netzzugangsvereinbarung
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety
RCS	Rail Control System
SIL	Safety Integrity Level
UIC	Internationaler Eisenbahnverband
ZKE	Zugkontrolleinrichtungen

Referenzdokumente

- [1] Eisenbahngesetz, BAV, 01.07.2024
- [2] Eisenbahnverordnung, BAV, 01.07.2024
- [3] Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, BAV, 01.07.2024
- [4] Handbuch Zugkontrolleinrichtungen, I-50099, Version 16-0, 01.07.2024
- [5] Netzkarte mit Zugkontrolleinrichtungen (detailliert), 01.07.2024
- [6] UIC, Verlagerichtlinien, Band 1, 01.04.2024

Management Summary

Zugkontrollleinrichtungen (ZKE) erlauben es Züge bei der Vorbeifahrt auf bestimmte Risiken hin zu überprüfen. Da eine 100-prozentige Detektion aller Gefahren nach den heutigen technischen Möglichkeiten nicht garantiert werden kann, unterstützen ZKE die entsprechenden Prüfungen durch die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) bzw. Netzbenutzerinnen (NBN), ersetzen diese aber nicht. Auch die Verantwortung für die Gewährleistung der Sicherheit von Bauten, Anlagen oder Fahrzeugen gemäss EBG ändert dadurch nicht.

ZKE ermöglichen es insbesondere Züge gezielt vor der Einfahrt in kritische Streckenabschnitte (z.B. Tunnel) zu überprüfen oder Gefahren festzustellen, die sich während der Fahrt ergeben (z.B. Ladegutverschiebungen). Stellt die ZKE eine mögliche Gefährdung mit ausreichender Wahrscheinlichkeit fest, wird der Zug am nächstmöglichen geeigneten Ort angehalten und das entsprechende EVU zwecks Behebung verständigt.

Das vorliegende Konzept zeigt, welche Anlagentypen aktuell im Einsatz sind und nach welchen Grundsätzen sie geplant, gebaut und betrieben werden. Dabei sind die wichtigsten Kriterien für Planung und Bau der ZKE die Kosten-/Nutzenrechnungen und die daraus resultierenden Netzkonzepte.

Die technische Entwicklung verändert und verbessert die Messanlagen laufend, hat zugleich aber auch Einfluss auf mögliche neue Risiken.

Das vorliegende Konzept wird regelmässig alle vier Jahre überprüft, gegebenenfalls angepasst und dem BAV zur Kenntnis bzw. bei wichtigen Anpassungen zur erneuten Genehmigung vorgelegt.

1 Ausgangslage

1.1 Gesetzliche Verankerung des Gesamtkonzepts ZKE

Gemäss Art. 40 EBV [2] können die Infrastrukturbetreiberinnen (ISB) Zugkontrollen einsetzen zur Kontrolle, ob die Fahrzeuge den Anforderungen eines sicheren Betriebs genügen. Dafür müssen sie ein netzweites Konzept erstellen und dieses dem BAV zur Genehmigung unterbreiten. SBB und BLS haben 2012 beschlossen, dem BAV ein schweizweit gültiges, die Infrastrukturen von SBB und BLS beinhaltendes Gesamtkonzept ZKE abzugeben. Das Konzept berücksichtigt die umfangreichen Vorarbeiten der letzten Jahre auf diesem Gebiet und stellt den heutigen Stand in Sachen ZKE bei SBB und BLS dar.

1.2 Umgang mit Änderungen mit Einfluss auf das Gesamtkonzept ZKE

Das vorliegende Konzept wird regelmässig alle vier Jahre überprüft, gegebenenfalls angepasst und dem BAV zur Kenntnis bzw. bei wichtigen Anpassungen zur erneuten Genehmigung vorgelegt.

Die Überprüfung des Konzepts ist in der Verantwortung der ISB, die Freigabe erfolgt durch die Steuergruppe Detektionsanlagen. Auslöser für eine frühere Überprüfung können sein:

- Wesentliche Veränderung der Verkehrsströme
- Wesentliche Veränderung der Verkehrszusammensetzung (z.B. Verhältnis Reisezüge zu Güterzügen, spezielles Rollmaterial usw.)
- Wesentliche Veränderung der Verkehrsmengen (z.B. Personenbelegung Reisezüge, Menge Gefahrgut usw.)
- Einführung neuer Technologien für sicherheitsrelevante Zugkontrollen durch die Infrastrukturbetreiberin.
- Erfahrungen mit Eingriffswerten
- Festgestellte Ereignisse

2 Zugkontrollleinrichtungen ZKE

2.1 Definition und Zielsetzung ZKE

ZKE sind ortsfeste Messeinrichtungen am Geleise, die einerseits den Zug bei der Vorbeifahrt mit Streckengeschwindigkeit auf verschiedene, vor allem sicherheitsrelevante, Merkmale prüfen und andererseits die Strecke auf gefährdeten Abschnitten bezüglich Naturgefahren überwachen. ZKE werden von der Infrastruktur geplant, gebaut und betrieben und können vom ISB gemäss EBV Art. 40 zum Schutz der Infrastrukturanlagen eingesetzt werden, um zu prüfen, ob die Fahrzeuge den Anforderungen an einen sicheren Betrieb genügen.

ZKE kompensieren einerseits die zunehmende Automatisierung des Bahnbetriebs, d.h. den Wegfall der Kontrolle der vorbeifahrenden Züge durch das Infrastrukturbahnpersonal, durch eine weitgehend automatisierte Zugbeobachtung. Andererseits gewährleisten sie eine diskriminierungsfreie Kontrolle der EVU im Netzzugang. Sie tragen zudem dazu bei, die Integrität der Infrastruktur-Anlagen zu gewährleisten.

Ziel ist, das Sicherheitsniveau aus Sicht Infrastruktur mindestens zu halten und eine grosse Verfügbarkeit der Anlagen zu gewährleisten. Daher betreiben die ISB ein Netz von ZKE.

2.2 Arten von ZKE

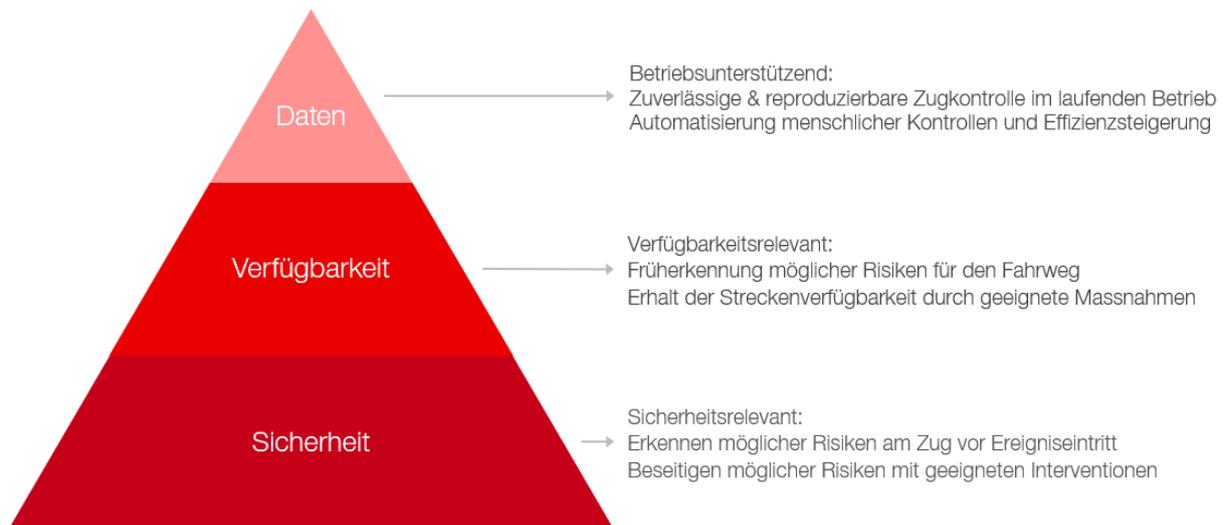
Seit dem ersten Einsatz von Heissläufer- und Festbremsortungsanlagen (HFO) 1973 wurde der Ausbau des schweizweiten Normalspurnetzes von ZKE in mehreren Dimensionen vorangetrieben:

- stetiger Ausbau mit bestehenden Anlagentypen und Verdichtung der Kontrollpunkte
- Entwicklung neuer Anlagentypen und Detektion neuer Gefahren
- Vernetzung der Anlagen und zentral gesteuerte Intervention

Die ersten Anlagentypen dienten der Erkennung von unmittelbar entgleisungsgefährdender oder personengefährdender Zustände am Rollmaterial selber. Diese Anlagentypen werden im Folgenden als «sicherheitsrelevant» bezeichnet.

Mit weiteren Anlagentypen wurde später die Erkennung von Risiken adressiert, die nicht unmittelbar für das Fahrzeug selber relevant sind, aber zu einer eingeschränkten Verfügbarkeit der Infrastruktur führen. Insbesondere Schäden, die durch das Fz an der Infrastruktur gemacht werden, für das Fahrzeug selber aber keine unmittelbare Gefährdung darstellen. Diese Anlagentypen werden im Folgenden als «verfügbarkeitsrelevant» bezeichnet.

Zukünftig sollen mit bestehenden und neuen Anlagentypen, insbesondere kamerabasierten Systemen, umfassende Fahrzeugdaten erhoben werden, die für die Digitalisierung und Automatisierung der Bahnbetriebsabläufe relevant sind und zur Optimierung des Gesamtsystems Bahn beitragen. Diese Anlagentypen werden im Folgenden als «betriebsunterstützend» bezeichnet, d.h. betriebsunterstützende Systeme stellen Daten (z.B. Kamerabilder) für Drittsysteme zur Verfügung.



Als sicherheitsrelevante ZKE werden folgende Anlagenarten eingestuft:

- **Heissläufer- und Festbremsortungsanlagen (HFO)**

HFO messen die Temperatur im Bereich von Achslager und Rad bzw. Wellenscheibenbremsen. So können heissgelaufene Achslager oder festsitzende Bremsen detektiert und Entgleisungen wegen Rad- oder Achsbruch bzw. Radschäden aufgrund einer thermischen Ursache bzw. die damit zusammenhängenden Schäden (z.B. Gefahrgutunfälle) verhindert werden. HFO können weiter indirekt Drehgestell und Böschungsbrände verhindern und geben zudem Rückschlüsse auf den Rollmaterialzustand bzw. dessen Unterhalt.

- **Radlastcheckpoints (RLC)**

RLC messen das Gewicht der einzelnen Räder. Dies erlaubt Rückschlüsse auf den Beladezustand (Lastverteilung im Wagen bzw. Überbeladung) und den Rollmaterialzustand im Bereich Räder und Achsen. So können Entgleisungen wegen Rollmaterialschäden, ungeeigneter Ladungsverteilung oder Lastverschiebung sowie Schäden an der Infrastruktur aufgrund von zu hohen Lasten vermieden werden.

- **Profil- und Antennenortungsanlagen (PAO)**

PAO messen Lichtraumprofilüberschreitungen bei vorbeifahrenden Wagen. So werden Kollisionen wegen Profilverletzungen und Brände durch Fahrleitungsberührungen (z.B. Antennen) vermieden.

- **Brandortungsanlagen (BOA)**

BOA messen die Umgebungsluft-Konzentration der Brandgase CO/CO₂ von vorbeifahrenden Zügen. So können Brände im Anfangsstadium detektiert werden, bevor sie zu einem Schaden führen. BOA werden bauartbedingt in Tunnels platziert, da nur so die für die korrekte Messung nötige Konzentration an Gasen erreicht wird.

Als primär verfügbarkeitsrelevante ZKE werden folgende Anlagen eingestuft:

- Anhubmessung (AHM)
- Naturgefahren Alarmanlage (NGA)
- Dragging Equipment Detection (DED)

Diese Anlagen werden im vorliegenden Gesamtkonzept ZKE nicht behandelt, da sie als nicht sicherheitsrelevant eingestuft werden. Grundsätzlich werden sie nach denselben Kriterien errichtet und soweit möglich und sinnvoll mit den bestehenden ZKE-Standorten kombiniert.

Als Zugkontrolleinrichtungen mit primär betriebsunterstützender Wirkung gelten bestehende oder zukünftige Systeme deren Daten mehrheitlich genutzt werden für:

- den Betrieb und Unterhalt des Rollmaterials (z.B. die Radsätze)
- die Digitalisierung oder Automatisierung von Prozessen (z.B. die technischen Abgangskontrollen)

Folgende Systeme zählen zu den betriebsunterstützenden Systemen:

- RFID (Radio Frequency Identification), automatisierte Fahrzeugidentifikation gemäss EN 17230
- WIN Kamerasysteme (Wayside Intelligence), bildgebende Systeme zur manuellen oder automatisierten Auswertung der Fahrzeugbilder

Die erforderlichen Regelungen und Vereinbarungen zu diesen Systemen werden ausserhalb des ZKE Gesamtkonzepts erstellt.

2.3 Einschränkungen betreffend ZKE

ZKE verstehen sich grundsätzlich als zusätzliche Kontrolle der ISB zur Einhaltung der Kontrollpflichten der EVU (Abgangs- und Unterwegskontrollen). Sie sind nicht nötig für das Betreiben einer Strecke, sondern erhöhen deren Sicherheitsniveau. Daher gibt es für ZKE weder Anforderungen an einen SIL (Safety Integrity Level) noch an maximale Ausfallzeiten. Aus diesem Grund werden für ZKE auch keine RAMS-Nachweise (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) geführt.

Aufgrund der Weise, wie ZKE geplant, gebaut und betrieben werden, existieren folgende Einschränkungen:

- ZKE alarmieren nur bezüglich der gemessenen Parameter und nur bei den dafür vorgegebenen Eingriffswerten, auch wenn weitere Auffälligkeiten aus den Messungen gelesen werden könnten.
- Alarmer werden aufgrund der festgelegten Eingriffswerte generiert (siehe Kapitel 4.1).
- Es kann nicht garantiert werden, dass in mehrgleisigen Anlagen alle Züge über die vorhandene ZKE fahren und somit gemessen werden.
- ZKE stehen nicht immer zur Verfügung. Bei Ausfall einer einzelnen Anlage oder auch einem netzweiten Totalausfall ist es nicht möglich, kurzfristig Ersatzmassnahmen bereitzustellen¹.
- ZKE können Fehlalarme generieren.

Aus den oben aufgeführten Gründen sind Schadenersatzforderungen von Seiten EVU gegenüber der ISB für Schäden aufgrund einer Nicht-Verfügbarkeit der Anlage oder einer Nicht-Detektion eines Schadens am Rollmaterial ausgeschlossen. Die Primärverantwortungen gemäss EBG [1] Art. 8 sowie Art. 8a bis f bleiben unverändert bestehen.

¹ Kurzfristige Ersatzmassnahmen wie z.B. visuelle Kontrollen durch Bahnbetriebspersonal bei Zugsdurchfahrt sind mangels örtlich vorhandenen Personals nicht möglich.

3 Prinzipien für Planung und Bau von ZKE

Nachstehende Kapitel geben die Prinzipien für Planung und Bau von ZKE wieder. Aussagen zu Investitionsbedarf sowie Grundsätze und Abläufe für die Sicherstellung der Finanzierung der ZKE sind nicht Teil des vorliegenden Gesamtkonzepts.²

3.1 Risikoorientierter Ausbau des ZKE Netzes

Aufgrund des heutigen hohen Sicherheitsniveaus des Schweizer Eisenbahnnetzes einerseits und der beschränkten finanziellen Mittel für den Ausbau bzw. die Weiterentwicklung des Netzes andererseits, werden weitergehende Sicherheitsmassnahmen – wie es auch ZKE sind – risikoorientiert und unter Beachtung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses umgesetzt. Dies heisst, dass Sicherheitsmassnahmen aufgrund ihrer Risikoreduktion priorisiert werden: je mehr Risikoreduktion eine Massnahme pro eingesetzten Franken bringt, umso höher steht sie in der Prioritätenliste der zu finanzierenden Massnahmen.

Die Priorisierung für ZKE erfolgt gemäss nachstehender Abbildung.

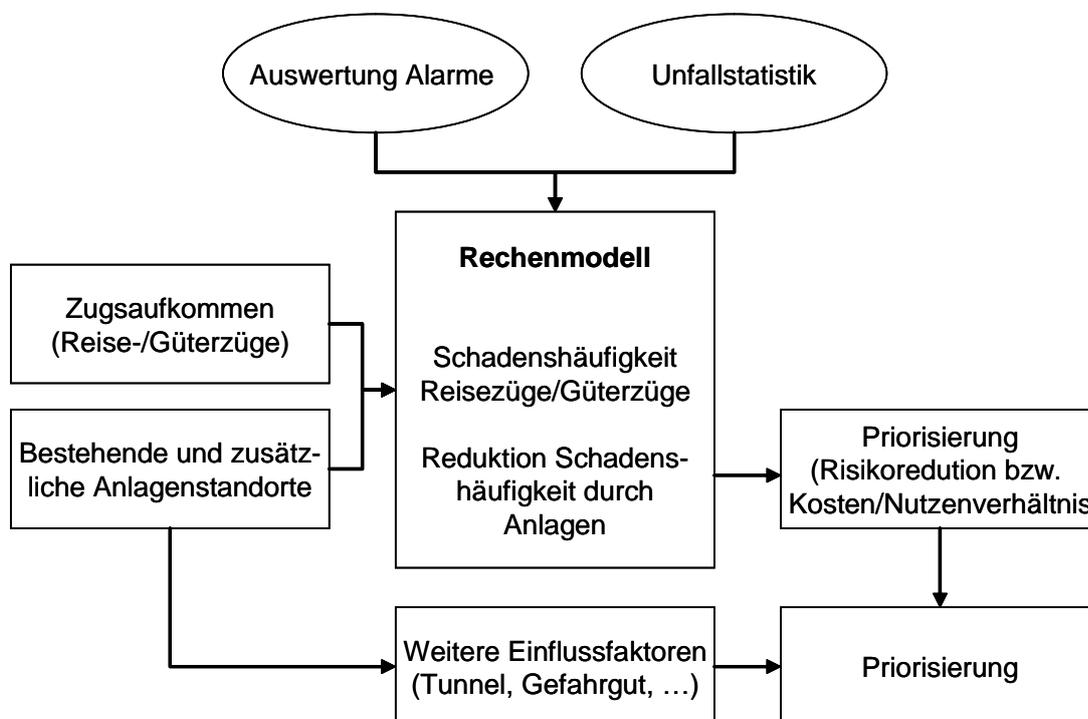


Abbildung 1: Vorgehen für die Priorisierung von ZKE

Aufgrund der Unfallstatistik sowie – bei existierenden Anlagentypen – der Auswertung der generierten Alarme werden die netzweite Häufigkeit und das mittlere Schadensausmass (bezogen auf Personen- und Sachschäden) der von der Anlage verhinderten Schadensereignisse bestimmt.

In Abhängigkeit bestehender bzw. möglicher Anlagenstandorte einerseits und betrieblicher Kenngrössen wie der Zugdichte unterteilt nach Güter- und Reisezügen andererseits, wird die

² ZKE gelten als Teil der Infrastruktur. Die notwendigen Mittel werden in den Infrastruktur-Investitionsplänen aufgenommen und bewilligt.

Schadenshäufigkeit sowie – aufgrund einer quantitativen Abschätzung (Rechenmodell) – anschliessend die Risikoreduktion bestimmt. Diese wird schlussendlich monetarisiert.

Aufgrund der Risikoreduktion bzw. des Kosten/Nutzen-Verhältnisses ergibt sich die Prioritätenliste. Weitere Einflussgrössen wie Tunnel, Gefahrguttransport usw. werden qualitativ berücksichtigt und können Änderungen in der Prioritätenreihung bewirken.

Aufgrund dieses Verfahrens ergeben sich die Anzahl Anlagen eines Typs, deren optimale Standorte und somit deren Distanzen untereinander.

3.2 Kosten/Nutzen-Verhältnis (KNV)

Das Kosten/Nutzen-Verhältnis einer Anlage entspricht dem Quotient zwischen den Jahreskosten für eine Anlage und der monetarisierten Risikoreduktion.

$$KNV = \frac{\text{Kosten}}{\text{Nutzen}} = \frac{\text{Massnahmekosten}}{\text{monetarisierte Risikoreduktion}}$$

Ist diese Zahl kleiner als 1, so ist die entsprechende zusätzliche Anlage aus dem Blickwinkel des Kosten/Nutzen-Verhältnisses zu bauen. Ist sie höher als 5.0 wird auf einen Bau verzichtet. Untenstehende Tabelle erläutert den Umgang mit Werten zwischen 1 und 5.

Beurteilungsklasse	Beurteilung, Empfehlung
KNV < 1.0, günstig	Zur Realisierung empfohlen
KNV von 1.0 bis 2.0, ausgewogen	Aus Sicht Risiko sinnvoll zu realisieren, hohe Priorität
KNV von 2.0 bis 5.0, ungünstig	Aus Sicht Risiko nicht effizient. Nur sinnvoll zu realisieren, wenn ein starker weiterer Nutzen vorliegt.
KNV über 5.0, sehr ungünstig	Aus Sicht des Risikos nicht begründbar

Tabelle 1: Beurteilungsklassen KNV

Die Berechnung des KNV³ ergibt schlussendlich die Anforderungen für Planung und Bau der diversen Anlagentypen. Da sowohl Kosten wie auch Nutzen je nach Anlagentyp unterschiedlich sind, können diese Anforderungen bezüglich Teilkriterien unterschiedlich sein (z.B. unterschiedliche Distanzen zwischen Anlagen). Der Bau von Anlagen mit einem KNV > 1 lässt sich rein kalkulatorisch nicht begründen und trotzdem kann eine Realisierung sinnvoll oder erforderlich sein (z.B. Vorgaben, Zusatznutzen, erforderliche Netzdichte, etc...). Diese Fälle sind entsprechend zu begründen.

³ Siehe Managementsystem SBB Konzern: Teil Safety (Methodik Riskmanagement Safety bei der SBB)

3.2.1 Kosten

Die Massnahmenkosten entsprechen den Investitions-, Instandhaltungs- und Betriebskosten für die ZKE umgerechnet in Jahreskosten.

3.2.2 Nutzen

Als Nutzen bzw. monetarisierte Risikoreduktion wird einerseits die Risikoreduktion bezüglich Sicherheit und andererseits die Erhöhung der Verfügbarkeit der Infrastruktur durch das Vorhandensein von ZKE verstanden.

3.2.2.1 Risikoreduktion bezüglich Sicherheit

Die Risikoreduktion bezüglich Sicherheit entspricht der Differenz zwischen dem monetarisierten Sicherheitsrisiko in CHF/J mit und ohne ZKE. Dabei werden die mit der ZKE beeinflussbaren Szenarien betrachtet. Die Risikoaversion wird gemäss SBB Konzernvorgabe K252 berücksichtigt.

3.2.2.2 Verfügbarkeitssteigerung

Die in der Risikoberechnung betrachteten Szenarien verursachen im Eintretensfall Verspätungsminuten, welche für den Nachweis der Verfügbarkeitssteigerung bewertet werden können. Die jährlich eingesparten Verspätungsminuten werden in CHF/J umgerechnet. Dabei werden nur die betriebswirtschaftlichen Folgen berücksichtigt.

3.3 HFO

Die Ursachen für die Überschreitung der von den HFO geprüften Kriterien entstehen während der Fahrt eines Zuges. Daher wird angenommen, dass die Wirksamkeit einer HFO linear mit dem Abstand von der Anlage abnimmt. Somit müssen HFO in regelmässigen Abständen geplant und gebaut werden.

Der Abstand von Anlage zu Anlage ist vom KNV abhängig und wird insbesondere beeinflusst durch:

- die Verkehrsdichte
- die Streckengeschwindigkeit
- bei Personenzügen durch die Anzahl Unterwegshalte und Rollmaterialumläufe
- die Gefahrgutmengen
- den Rola-Anteil.

Ausbaustand der HFO-Anlagen	SBB	BLS
Bis Ende 2023 realisierte HFO-Anlagen	99	10
Weitere geplante HFO-Anlagen (inkl. GBL)	-	-
	99	10

Tabelle 2: Ausbaustand HFO-Anlagen

3.4 RLC

RLC sind primär für Güterzüge von Interesse. Dabei entstehen die meisten Ursachen für die von den RLC gemessenen Abweichungen beim Beladen der Wagen und der Zugsbildung. Ladeverschiebungen und Rollmaterialdefekte können auch während der Fahrt entstehen.

Aus obengenannten Gründen sind für die Berechnung des KNV folgende Kriterien relevant:

- Verkehrsdichte bezüglich Güterzügen
- Gefahrgutmenge
- Ort der Zugsbildung bzw. Wagenbeladung

Aufgrund dieser Faktoren weisen RLC Anlagen an folgenden Standorten ein KNV < 1 auf:

- an den Grenzübergängen (für den internationalen Transitgüterverkehr)
- bei der Ein-/Ausfahrt aus den Rangierbahnhöfen (für Export- und Inlandverkehre)
- in der Nähe von Anlagen, auf denen ein grosser Gefahrgutumschlag stattfindet

Die Anzahl Anlagen ist durch das KNV gegeben.

Ausbaustand der RLC-Anlagen	SBB	BLS
Bis Ende 2023 realisierte RLC-Anlagen	34	-
Weitere geplante RLC-Anlagen (inkl. GBL)	-	-
	34	-

Tabelle 3: Ausbaustand RLC-Anlagen

3.5 PAO

Die Ursachen der durch die PAO gemessenen Abweichungen betreffen primär Güterzüge und hängen einerseits von dem Beladen bzw. der Abgangskontrolle der Züge und andererseits von der richtigen Zugnummernvergabe ab. Während der Fahrt können Abweichungen entstehen, wenn sich durch den Fahrtwind einzelne Teile lösen (z.B. Blachen).

Das KNV wird beeinflusst durch:

- die Zugsdichte
- die Gefahrgutmengen
- das Profil der Züge (SIM bzw. Kombiniertes Verkehr)
- das Profil der Infrastruktur

Aus dem KNV ergeben sich zu bauende Anlagen auf den Nord-Süd Transitstrecken, wobei sie insbesondere vor der Einfahrt in die „Slalomstrecke“ des SIM-Korridors und vor Tunnels gemessen am KNV am günstigsten sind.

Ausbaustand der PAO-Anlagen	SBB	BLS
Bis Ende 2023 realisierte PAO-Anlagen	12	2
Weitere geplante PAO-Anlagen (inkl. GBL)	6	-
	12	2

Tabelle 4: Ausbaustand PAO-Anlagen

3.6 BOA

Die Ursachen der durch die BOA gemessenen Abweichungen können während der Fahrt entstehen. Dabei ist die Relevanz der Detektion von Bränden in Tunneln hoch, da hier ein Brand verheerende Auswirkungen haben kann. Der Austritt von explosiven Gasen wird aufgrund des sehr ungünstigen KNV nicht weiterverfolgt.

Das KNV für die Detektion von Bränden wird beeinflusst durch:

- die Verkehrsdichte
- die Gefahrgutmengen
- das Vorhandensein langer doppelspuriger Tunnels bzw. Tunnelketten mit langen Fluchtwegen (Selbstrettung)

Aufgrund des KNV werden Anlagen vor oder in langen Tunnels auf den Transitkorridoren oder stark befahrenen Tunnels gebaut.

Technische Voraussetzung für die Realisierung eines Messstandorts ist ein Tunnel mit einer Mindestlänge von 1 km.

Ausbaustand der BOA-Anlagen	SBB	BLS
Bis Ende 2023 realisierte BOA-Anlagen	24	1
Weitere geplante BOA-Anlagen (inkl. GBL)	-	-
	24	1

Tabelle 5: Ausbaustand BOA-Anlagen

3.7 Standortkriterien Interventionsbahnhöfe

Die Berücksichtigung der bestehende Infrastruktur ist ein wesentlicher Bestandteil für die Positionierung einer ZKE im Streckennetz. Einerseits erfordern die einzelnen Anlagentypen spezifische Standortanforderungen (z. B. RLC, PAO: Gleislage, HFO: Fahrzeit zur Anlage, BOA Tunnel) andererseits muss ein geeigneter Betriebspunkt zur Verfügung stehen, um eine allfällige Intervention sinnvoll und rechtzeitig vornehmen zu können. Die wesentlichen Kriterien, die nach Möglichkeit für die Wahl eines geeigneten Interventionsstandorts zu berücksichtigen sind:

- Separates Interventionsgleis mit genügender Gleislänge (> 750m auf Transitachsen)
- Gleiszugang für die Intervention durchführendes Personal (Gehweg, Evakuationsmöglichkeit)
- Distanz zur ZKE (< 10 km)
- Rangier- und Verlademöglichkeiten
- Betriebliche Einschränkungen (keine Gleisbelegung durch geplante Abstellungen)
- Fahrstrom und Beleuchtung

3.8 Resultierendes Netz

Das aktuelle ZKE-Netz wird mit der „Netzkarte mit Zugkontrollleinrichtungen“ [5] dokumentiert.

Zur Illustration ist der heutige Stand des resultierenden Netzes der ZKE-Anlagen in Abbildung 2 dargestellt.

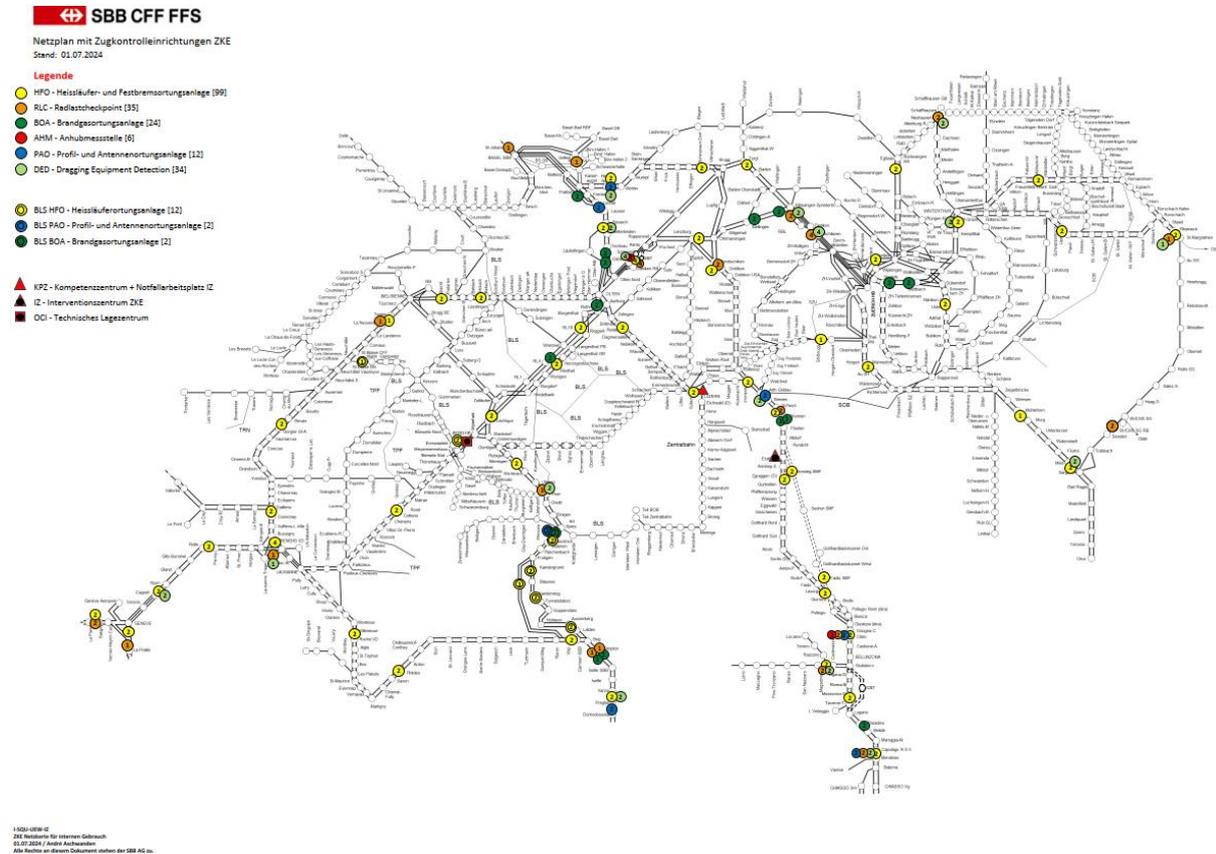


Abbildung 2: Übersicht ZKE, 01.07.2024

4 Betrieb der ZKE

4.1 Grenz- und Eingriffswerte

4.1.1 Eingriffswerte

Alarmer von ZKE erfolgen aufgrund definierter Eingriffswerte. Diese werden aufgrund verschiedener Überlegungen festgelegt:

- HFO: Aufgrund von Untersuchungen zur Beständigkeit der Materialien von Rad und Achslager, insbesondere auch Lagerfett
- RLC: Aufgrund der Anforderungen (Grenzwerte) der AB EBV bzw. der Verladerichtlinien der UIC
- PAO: Aufgrund der Anforderungen (Grenzwerte) der AB EBV
- BOA: Aufgrund von Überlegungen zur Brandleistung bei einem fahrenden und einem stillstehenden Zug.

4.1.2 Eingriffswerte bei existierenden Grenzwerten gemäss AB EBV

Für Achslasten (AB EBV, AB 31, Kap. 2.1) und Lichtraumprofile (AB EBV, AB 18) sind in der AB EBV Grenzwerte definiert. Für die RLC sind die statischen Achslasten für die verschiedenen Streckenklassen⁴ relevant, für die PAO gelten die Bestimmungen zum Lichtraumprofil. Weiter ist für die RLC in den Verladerichtlinien der UIC das Radlastverhältnis links/rechts festgelegt (UIC, Verladerichtlinien, Band 1, Kap. 3.3).

Aufgrund diverser Faktoren wie Prozessgenauigkeit (= Messgenauigkeit der ZKE-Anlagenbestandteile + Dynamik des fahrenden Zugs), der Verkehrszusammensetzung und der betrieblichen Umsetzbarkeit können die Grenzwerte der AB EBV nicht direkt angewandt werden. Es müssen Eingriffswerte definiert werden, die sich von den Grenzwerten unterscheiden. Die Eingriffswerte werden unter Berücksichtigung der Sicherheit festgelegt und mittels Risikobetrachtung verifiziert.

Die Eingriffswerte orientieren soweit wie möglich an den Grenzwerten gemäss AB EBV und sollen diesen sukzessive so nahe kommen, wie es die Prozessgenauigkeit der ZKE-Anlagenbestandteile erlaubt⁵, unter Berücksichtigung des Einflusses der Dynamik des fahrenden Zuges. Die Kriterien nach denen diese Annäherung geschieht, richten sich nach den technischen Möglichkeiten gemäss dem Stand der Technik sowie dem KNV des neuen Eingriffswerts und nach der Betriebserfahrung, bewertet im Rahmen des Gesamtrisikos der Bahnen.

4.2 Intervention

Je nach Alarmart einer ZKE unterscheidet sich die Intervention (siehe Kapitel 4.3). Dabei wird zwischen betriebsgefährdenden und anderen Alarmfällen unterschieden.

Um die Intervention zu professionalisieren, die Verspätungsminuten zu reduzieren und die Trendalarmer zu behandeln bzw. die Fahrzeuge zu verfolgen, hat die SBB eine zentrale Stelle für die Intervention und Abwicklung der Alarmfälle geschaffen, die 7x24h besetzt ist (IZ ZKE in Erstfeld). Details siehe Kapitel 4.3.

⁴ relevant ist die Streckenklasse D mit einer statischen Achslast von 22.5 t

⁵ ansonsten wird eine übermässige Anzahl Fehlalarme generiert, die zu unnötigen Zugstopps führen kann und somit die Glaubwürdigkeit der Anlage gefährdet

Generiert eine ZKE einen Alarm, wird der betroffene Zug am Interventionsbahnhof bzw. sofort angehalten und kontrolliert. Alle weiteren Schritte sind in den AB FDV Infrastruktur (R 30111) bzw. im Handbuch Zugkontrolleinrichtungen [4] geregelt. Die Freigabe des Zuges erfolgt immer durch die EVU (allenfalls via IZ ZKE, aber in Verantwortung und im Auftrag der EVU).

4.3 Alarmarten, Eingriffswerte und Intervention für ZKE (Stand Anfangs 2016)

Aufgrund der gemessenen Kriterien generiert jede Art von ZKE andere Alarme. Die wichtigsten Alarmarten, Eingriffswerte und Interventionsarten sind im Folgenden dargestellt⁶. Sie entsprechen dem Handbuch Zugkontrolleinrichtungen [4] und bilden die Basis für die ZKE-Prozesse. Anpassungen im Sinne von Weiterentwicklungen sind möglich.

4.3.1 HFO

Bei den HFO werden verschiedene Alarme unterschieden, je nachdem ob es sich um einen Heissläufer oder einen Festbremser handelt. Abhängig von der Alarmart wird der Zug sofort oder im nächsten Interventionsbahnhof angehalten.

Alarmart	Auslöser	Eingriffswert ⁷	Intervention ⁸
Heissläufer heiss	Heisses Achslager	≥100°C	Zughalt, Fahrzeug aussetzen
Heissläufer warm	Warmes Achslager	≥80°C - <100°C	Zughalt im Interventionsbahnhof (max. 10 km), Fahrzeug aussetzen/verfolgen ⁹
Differenzalarm (Heissläufer)	Abweichung der Temperatur der Lager links zu rechts	≥45°C	Zughalt, Fahrzeug aussetzen
Heissläufer Rola Trendalarm	Warmes Achslager Rola	≥80°C - <85°C (Sommer) ¹⁰	Fahrzeug verfolgen ⁹
Festbremser heiss (Scheibenbremse)	- Bremsstörung - Handbremse nicht gelöst	≥350°C	Füllstoss Zughalt, Fahrzeug aussetzen
Festbremser heiss (Klotzbremse)	- Bremsstörung - Handbremse nicht gelöst	≥250°C	Füllstoss Zughalt, Fahrzeug aussetzen
Festbremser Trend (Klotzbremse)	- Bremsstörung - Handbremse nicht gelöst	≥200°C < 250°C	Fahrzeug verfolgen ⁹
Alarm untergeordnet	Anlage erkennt Fehlalarm (Funken, Sonne, Hotspot ...)		Nur Alarmierung im IZ Erstfeld, Unterdrückung auf Meldebahn ⁹

Tabelle 6: Alarmarten bei HFO-Anlagen

Bei HFO-Anlagen können Festbremser aus technischen Gründen nur einseitig detektiert werden; i.d.R. sind aber bei Festbremsern jeweils beide Räder einer Achse betroffen.

⁶ Stand anfangs 2024

⁷ siehe dazu auch Kapitel 4.1

⁸ siehe dazu auch Kapitel 4.2

⁹ nur mit der Vernetzung möglich, siehe dazu Kapitel 4.4

¹⁰ Definition Sommer / Winter siehe Handbuch Zugkontrolleinrichtungen [4]

4.3.2 RLC

Bei den RLC werden verschiedene Alarme generiert, bezogen auf einzelne Achsen oder den ganzen Zug. Die Alarme sind in Tabelle 7 aufgelistet. Bei Alarmierung wird je nach Fall ein Besserverlad bzw. das Aussetzen des Fahrzeugs oder die Korrektur im betrieblichen Cargo-Informationssystem (CIS Infra) veranlasst.

Alarmart	Auslöser	Eingriffswert	Intervention
Radlastverhältnis links/rechts	Ladeverschiebung oder Fahrzeugdefekt	Li:Re 1:1.7	Zughalt, Fahrzeug aussetzen oder Besserverlad
Achslast überschritten	Falschverlad	≥25.0 t	Zughalt, Fahrzeug aussetzen oder Besserverlad
Zuggewicht	ZIS Infra-Eintrag falsch	Ist ≥ 120 % CIS	Zughalt, Korrektur der Bremsrechnung
Radfehler	Dynamische Radlast zu hoch	≥40 t	Zughalt, Fahrzeug aussetzen
Abweichende Traktion	ZIS-Infra Eintrag falsch	Anzahl Lokachsen falsch	Korrektur ZIS Infra
Abweichende Achszahl	ZIS-Infra Eintrag falsch	Anzahl Achsen falsch	Korrektur ZIS Infra

Tabelle 7: Alarmarten bei RLC-Anlagen

4.3.3 PAO

Bei der PAO wird zwischen Profilverletzung und Antennenalarm unterschieden. Eine Alarmierung führt immer zum Zughalt.

Alarmart	Auslöser	Eingriffswert	Intervention
Profilüberschreitung	Profilverletzung im Raum von Fahrzeugen und Ladungen	50/30 mm ¹¹	Zughalt, Besserverlad
Antennendetektion	Profilverletzung im Raum des Stromabnehmers, z.B. durch Antenne	>1.2 mm	Zughalt, Antenne einfahren / befestigen / entfernen

Tabelle 8: Alarmarten bei PAO-Anlagen

Einzelne Alarme können unterdrückt werden¹².

¹¹ Neue PAO Anlagen werden mit 60/40 mm in Betrieb genommen und nach 3 Monaten erfolgreichem Betrieb auf den Eingriffswert 50/30 reduziert.

¹² Bei starken Niederschlägen (Schneefall, Regen) und nicht linearen Geschwindigkeiten (z.B. starke Beschleunigungen) können keine zuverlässigen Alarmwerte generiert werden.

4.3.4 BOA

Bei der BOA werden die Brandgase CO und CO₂ detektiert. Bei einem Alarm hat die Kontrolle zwingend durch die Interventionsdienste der Infrastrukturbetreiberinnen (Betriebswehr) zu erfolgen.

Alarmart	Auslöser	Eingriffswert	Intervention
Zugalarm Brandgas	Brandleistung	>0.5 MW	Zughalt nach Tunnel Tunnel nicht gesperrt

Tabelle 9: Alarmarten bei BOA-Anlagen

4.4 Vernetzung

Alle ZKE sind konsequent softwaremässig vernetzt, d.h. die Messdaten der verschiedenen ZKE werden zentral gesammelt, so dass Auswertungen über mehrere Anlagen gemacht werden können. Daraus können weitere Vorteile generiert werden:

- Beim Vergleich der Messungen von aufeinanderfolgenden typengleichen ZKE können Trends gebildet werden. Dies erlaubt die Verfolgung eines auffälligen Objekts (insbesondere bei HFO-Anlagen).
- Vergleich der Messdaten mit Daten der Umsysteme (ZIS, RCS usw.).
- Vereinfachungen im Handling: automatisierter Datenaustausch unter Anlagen, vereinfachter Zugriff auf Anlagen, vereinfachte Bearbeitung der Alarmfälle.

Neben der Vernetzung der ZKE von SBB und BLS wird die Vernetzung mit den grenznahen Anlagen angestrebt. Dies ermöglicht es Fahrzeuge bereits an den Grenzbahnhöfen (meist mit Rangieranlagen) auszusetzen bzw. Verladezustände zu korrigieren.

4.5 Verfügbarkeit von ZKE

Da beim Ausfall einer einzelnen ZKE oder einem netzweiten Totalausfall kurzfristig keine Ersatzmassnahmen möglich sind, leistet eine hohe Verfügbarkeit der ZKE einen wichtigen Beitrag an einen sicheren Betrieb.

Aufgrund der Erfahrung der letzten Jahre werden für ZKE folgende Verfügbarkeits-Richtwerte festgelegt (inklusive geplante und ungeplante Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten an ZKE):

- Gesamtverfügbarkeit ZKE ≥ 95 %
- Verfügbarkeit der Anlagen > 97 %
- Verfügbarkeit Vernetzung Netz ≥ 98 %
- Verfügbarkeit Vernetzung Server + Applikation ≥ 99.8 %

4.6 Kommunikation ISB - EVU bzw. BAV

Die Grundsätze zu Abläufen und gegenseitigen Rechten und Pflichten bei durch ZKE offenbarten Unregelmässigkeiten werden gemäss NZV Art. 15j in der Netzzugangsvereinbarung zwischen ISB und EVU geregelt.

Allgemein gilt:

- Die EVU erhalten im kritischen Übergangsbereich (unter der Interventionsschwelle) ein sogenanntes «Warnmail». Sie sind verpflichtet, das betroffene Fahrzeug an einem für sie geeigneten Standort zu untersuchen und wenn relevant, die Feststellungen an den Wagenhalter (VKM) weiterzuleiten, damit dieser entsprechende Massnahmen einleiten kann.
- Beim Überschreiten der Alarmschwellen werden die EVU durch das IZ ZKE nach Abschluss der Intervention mit einer Alarmmeldung per Email über Ursache, Abhandlung und allfällig nötige weitere Massnahmen verständigt. Nach Treffen von Massnahmen gibt die EVU den Zug wieder frei.
- Das IZ ZKE stuft betriebsgefährdende Alarme einer ZKE aufgrund ihres Risikopotenzials in drei Kategorien ein:
 - Kategorie 1: Nicht akut betriebsgefährdender Zustand: Der Fahrzeugzustand kann sich weiter verschlechtern. Das Fahrzeug muss spätestens Ende des Zuglaufs ausgesetzt werden.
 - Kategorie 2: Betriebsgefährdender Zustand: Das Fahrzeug ist nur noch über eine kurze Distanz lauffähig. Das Fahrzeug muss beim nächstmöglichen Interventionsbahnhof ausgesetzt werden.
 - Kategorie 3: Zustand mit hoher Gefährdung: Die Weiterfahrt würde unmittelbar zu einem Ereignis führen. Das Fahrzeug muss unverzüglich angehalten werden.
- Betriebsgefährdende Alarmfälle werden von den ISB dem BAV gemeldet.
- Quartalsweise werden die gewichteten Fehlerquoten¹³ im Verhältnis zu den gemessenen Achsen der einzelnen EVU von den ISB dem BAV und den EVU¹⁴ rapportiert. Zudem werden die Fehlerquoten durch die ISB mit den EVU besprochen und Massnahmen zur Senkung der Fehlerquoten vereinbart.
- Zusätzlich informiert das IZ ZKE im Rahmen von vertraglich geregelten Serviceleistungen gewisse EVU über ihre ZKE-Fälle mit monatlichen und jährlichen Detailstatistiken.

¹³ Es werden nur die betriebsgefährdenden Alarmfälle berücksichtigt.

¹⁴ Sicherheitsbericht (Quartalsbericht) an EVU: nur von der ISB SBB.