
Handbuch „Akzeptanz individueller Risiken“

Anleitung zur Anwendung der Beurteilungsmethode

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

Das vorliegende Handbuch wurde durch folgende Vertreter des BAV, der SBB AG und der BLS AG erarbeitet:

Stefan Baeriswyl SBB AG, ehem. Infrastruktur (I-RSQ)

Benedikt Hitz SBB AG, Infrastruktur Sicherungsanlagen (I-AT-SAL-SIH-SAF)

Hannes Meuli BAV, Sektion Sicherheitsrisiko-Management

Hanspeter Schlatter SBB AG, Infrastruktur Sicherungsanlagen (I-AT-SAL-SIH-SAF)

Silke Schönherr BAV, Sektion Sicherheitsrisiko-Management

Jonathan Shaha SBB AG, Sicherheit, Risikomanagement Sicherheit (K-SI-RMS)

Roman Slovak BAV, Sektion Sicherheitsrisiko-Management

Joëlle Vouillamoz BLS AG, Sicherheit und Umwelt

| Version | Datum | Bearbeiter | Beschreibung |
|---------|------------|------------|--------------|
| V 1.0 | 05.12.2013 | H. Meuli | Freigabe |



Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | Einleitung..... | 4 |
| 1.1 | Ziel | 4 |
| 1.2 | Voraussetzungen | 4 |
| 2 | Anwendung der Methodik für Reisende..... | 5 |
| 2.1 | Voraussetzungen..... | 5 |
| 2.2 | Anwendung..... | 5 |
| 2.3 | Anwendungsbeispiele | 6 |
| 3 | Anwendung der Methodik für das Personal..... | 7 |
| 3.1 | Voraussetzungen..... | 7 |
| 3.2 | Anwendung..... | 7 |
| 3.3 | Anwendungsbeispiele | 9 |



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

Abkürzungen

| | |
|------|------------------------------|
| BAV | Bundesamt für Verkehr |
| EVU | Eisenbahnverkehrsunternehmen |
| ISB | Infrastrukturbetreiber |
| SBB | Schweizerische Bundesbahnen |
| Std | Stunde |
| T | Tote |
| P | Person |
| J | Jahr |
| AWAP | Automatische Warnprozesse |

Referenzen

- [1] BAV, SBB, BLS: *Beschreibung des Vorgehens zur Beurteilung der Akzeptanz der Risiken der Reisenden*. Version V2, 5.12.2013.
- [2] BAV, SBB, BLS: *Beschreibung des Vorgehens zur Beurteilung der Akzeptanz der Risiken des Personals*. Version V2, 5.12.2013.
- [3] BAV, SBB, BLS: *Beurteilung des individuellen Risikos, Management Summary* Version V 1, 5.12.2013.



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

1 Einleitung

1.1 Ziel

1.1.1.1 Das vorliegende Handbuch ist eine Anleitung zur Anwendung der in [1] und [2] beschriebenen Methodik zur Beurteilung der Akzeptanz individueller Risiken der Reisenden und des Personals im System Eisenbahn.

1.1.1.2 Diese Methodik kann eingesetzt werden, wenn ISB und EVU nachweisen müssen, dass durch eine geplante Massnahme kein inakzeptables Risiko entsteht.

1.2 Voraussetzungen

1.2.1.1 Dieses Handbuch ist keine Einführung in das Risikomanagement und richtet sich an Personen mit entsprechenden Kenntnissen. Dazu gehört unter anderem das Verständnis der folgenden Begriffe:

- Risiko
- Risikoanalyse
- Risikoakzeptanz
- Individuelles Risiko
- Kollektives Risiko

1.2.1.2 Die Methodik setzt voraus, dass das kollektive Risiko der untersuchten Gefährdung bekannt (berechnet, abgeschätzt) ist.

1.2.1.3 Die Methodik setzt weiter die Kenntnis von relevanten betrieblichen und infrastrukturenspezifischen Parametern voraus. Soweit in der nachfolgenden Anleitung nicht anders definiert, sind alle Parameter mit Durchschnittswerten zu quantifizieren.



Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

2 Anwendung der Methodik für Reisende

2.1 Voraussetzungen

2.1.1.1 Die Methodik kann nur für Reisende im Zug (nicht beim Ein- und Aussteigen oder auf einem Bahnübergang) angewendet werden. Dazu müssen folgende Parameter bekannt sein:

| Parameter ¹ | Erklärung |
|------------------------|---|
| R_{kFall} | Kollektives Risiko der untersuchten Gefährdung(en) [T/J]. Dies ist in der Regel das Ergebnis einer quantitativen Risikoanalyse oder – im einfachsten Fall – ein statistischer Wert (siehe 1.2.1.2). |
| W_{Fall} | Anzahl Vorkommnisse des untersuchten Risikos auf einer Strecke ² von 50km. |
| N_{FgFall} | Anzahl Personen pro Jahr, die dem untersuchten Risiko ausgesetzt sind. (Wenn eine bestimmte Person mehrfach der Gefährdung ausgesetzt ist, wird sie mehrfach gezählt, entspricht der Summe der Gefährdungsaussetzungen aller Personen). |

Tabelle 1: Definitionen der Parameter zur Beurteilung des individuellen Risikos der Reisenden

2.2 Anwendung

2.2.1.1 Anschliessend wird folgende Gleichung aufgestellt (Gleichung (20)³ aus [1]):

$$\frac{R_{kFall} \cdot W_{Fall}}{N_{FgFall}} \leq 6 \cdot 10^{-10} [T / P / \text{Gefährdungsaussetzung}]$$

2.2.1.2 Falls diese Gleichung erfüllt ist, ist das individuelle Risiko ausreichend klein und damit ist nachgewiesen, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.

2.2.1.3 Sollte die Gleichung nicht erfüllt sein, müssen entweder Massnahmen ergriffen werden, um das individuelle Risiko so weit zu senken, dass die Gleichung erfüllt ist oder es kann auf andere Art und Weise aufgezeigt und begründet werden, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.

¹ Die Bezeichnung dieser Parameter ist in [1] erläutert.

² Ist die Netzlänge im betrachteten Fall kleiner als 50km, muss die Anzahl der Vorkommnisse des Risikos auf eine hypothetische Streckenlänge von 50km extrapoliert werden.

³ In diese Gleichung fliessen verschiedene Daten zum gesamtschweizerischen Eisenbahnverkehr ein. Diese Daten dürfen nicht auf ein einzelnes EVU oder eine einzelne Netzbetreiberin angepasst werden, da immer der Grenzwert für das individuelle Risiko im Gesamtsystem Eisenbahn eingehalten werden muss.



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

2.3 Anwendungsbeispiele

2.3.1 Schnellfahrweichen

2.3.1.1 Für den Einsatz von Schnellfahrweichen an einem bestimmten Ort ist das kollektive Risiko für die Reisenden mit $8.4 \cdot 10^{-4}$ T/J bestimmt worden. An diesem Ort fahren pro Tag 160 Züge mit im Schnitt 140 Personen pro Zug vorbei. Es ist damit zu rechnen, dass solche Weichen künftig alle 25km zum Einsatz kommen. Damit lautet die Gleichung (20):

$$\frac{R_{kFall} \cdot W_{Fall}}{N_{FgFall}} = \frac{8.4 \cdot 10^{-4} \cdot 2}{140 \cdot 160 \cdot 365} = 2.05 \cdot 10^{-10} \leq 6 \cdot 10^{-10} T / P / \text{Gefährdungsaussetzung}$$

2.3.1.2 Somit ist das individuelle Risiko ausreichend klein und damit ist nachgewiesen, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.

2.3.2 Neigezugfahrten

2.3.2.1 Gemäss einer detaillierten Risikoanalyse ist bei einer Fahrt mit einem Neigezug das kollektive Risiko für die Reisenden $6.25 \cdot 10^{-10}$ Tote pro Kilometer (weitere Details siehe [1]). Im Zug befinden sich im Schnitt 200 Passagiere. Damit lautet die Gleichung (20)⁴:

$$\frac{R_{kFall} \cdot W_{Fall}}{N_{FgFall}} = \frac{6.25 \cdot 10^{-10} \cdot 50}{200} = 1.56 \cdot 10^{-10} \leq 6 \cdot 10^{-10} T / P / \text{Gefährdungsaussetzung}$$

2.3.2.2 Somit ist das individuelle Risiko ausreichend klein und damit ist nachgewiesen, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.

⁴ Bei diesem Beispiel ist zu beachten, dass der Bezugsrahmen nicht ein bestimmter Ort über ein Jahr ist, sondern eine Fahrt eines ganz bestimmten Zuges pro Kilometer, somit ist N_{FgFall} die Anzahl Personen in diesem einen Zug (nicht pro Jahr) und für das W_{Fall} wird 50km eingesetzt (falls das kollektive Risiko pro Kilometer vorliegt).



Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

3 Anwendung der Methodik für das Personal

3.1 Voraussetzungen

3.1.1.1 Die Methodik für das Personal kann nur für Mitarbeiter angewendet werden, die im Bahnbereich arbeiten. Dazu müssen folgende Parameter bekannt sein:

| Parameter ⁵ | Erklärung |
|------------------------|--|
| $E_{\phi Ma}$ | Durchschnittliche Arbeitszeit eines Mitarbeiters pro Jahr [Std] (Empfehlung: 1950 Std). |
| E_{Fall} | Maximal mögliche Anzahl Stunden pro Jahr, während denen ein Mitarbeiter dem untersuchten Fallrisiko ausgesetzt ist [Std]. |
| R_{iB} | Durchschnittliches individuelles Basisrisiko der Personengruppe, zu welcher der Mitarbeiter gehört [T/P/J] (siehe Tabelle 3). |
| α | Anteil des kollektiven Gesamtrisikos der beteiligten Mitarbeiter, der durch das kollektive Fallrisiko abgedeckt wird [%]. |
| R_{kFall} | Kollektives Fallrisiko summiert für ein ganzes Jahr [T/J]. |
| R_{iFall} | Maximales individuelles Fallrisiko, welches sich aus dem untersuchten Fall für einen Mitarbeiter aus dem kollektiven Fallrisiko R_{kFall} ergibt [T/P/J]. Dieses kann auf der Basis der Wiederholungshäufigkeit aus den Werten von N_{Ma} , W_{real} , W_{Fall} , bzw. auf der Basis der Expositionszeiten aus den Werten von E_{Fall} und E_{FallN} berechnet werden (Formeln siehe Seite 9). |
| N_{Ma} | Anzahl der in einem Fall gleichzeitig beteiligten Mitarbeiter [P]. |
| W_{real} | Wiederholungshäufigkeit, mit welcher ein und derselbe Mitarbeiter dem Fallrisiko pro Jahr ausgesetzt wird [1/J]. |
| W_{Fall} | Wiederholungshäufigkeit des Fallrisikos pro Jahr aller Mitarbeiter zusammen [1/J]. |
| E_{FallN} | Summe der Personenstunden pro Jahr, während denen alle beteiligten Mitarbeiter zusammen dem untersuchten Fallrisiko ausgesetzt sind [Std]. |

Tabelle 2: Definitionen der Parameter zur Beurteilung des individuellen Risikos des Personals

3.2 Anwendung

3.2.1 Risikoberechnung

3.2.1.1 Das durchschnittliche individuelle Basisrisiko R_{iB} hängt von der Personengruppe ab. Es beträgt laut [2]:

| Personengruppe | Durchschnittliches individuelles Basisrisiko R_{iB} [T/P/J] |
|-------------------------------|---|
| Mitarbeiter Rangieren | $4 \cdot 10^{-4}$ |
| Mitarbeiter Bau und Unterhalt | $4 \cdot 10^{-4}$ |
| Mitarbeiter Zugführung | $5 \cdot 10^{-5}$ |
| Mitarbeiter Werkstatt | $8 \cdot 10^{-6}$ |

Tabelle 3: Basisrisiko der Personengruppen des Personals

⁵ Die Bezeichnung dieser Parameter ist in [2] erläutert.



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

- 3.2.1.2 Anschliessend wird das individuelle Risiko auf Basis der folgenden Gleichung (Gleichung 7 aus [2]) berechnet⁶:

$$r_i = (1 - \alpha) \cdot R_{iB} + R_{iFall} [T / P / J]$$

- 3.2.1.3 Die konkrete Anwendung der Gleichung unterscheidet sich bei der Berechnung des individuellen Risikos auf Basis der Wiederholungshäufigkeit bzw. der Expositionszeit.

- 3.2.1.4 Wird das individuelle Fallrisiko auf Basis der Wiederholungshäufigkeit berechnet, resultiert für das individuelle Risiko des Mitarbeiters die folgende Gleichung:

$$r_i = (1 - \alpha) \cdot R_{iB} + \frac{W_{real}}{W_{Fall}} \cdot \frac{R_{kFall}}{N_{Ma}} [T / P / J]$$

- 3.2.1.5 Wenn das individuelle Fallrisiko nicht von der Wiederholungshäufigkeit, sondern nur von der Expositionszeit abhängig ist, kann R_{iFall} aus dem Verhältnis der Expositionszeiten berechnet werden:

$$r_i = (1 - \alpha) \cdot R_{iB} + \frac{E_{Fall}}{E_{FallN}} \cdot R_{kFall} [T / P / J]$$

- 3.2.1.6 Der Anteil α des kollektiven Fallrisikos der beteiligten Mitarbeiter an deren Gesamtrisiko kann aus der Ereignisstatistik oder durch Expertenschätzungen ermittelt werden. Falls das kollektive Fallrisiko R_{kFall} alle bahnbezogenen Risiken umfasst, welchen die beteiligten Mitarbeiter innerhalb der Expositionszeit E_{Fall} ausgesetzt sind, kann α auch durch die folgende Näherung abgeschätzt werden:

$$\alpha = \frac{E_{Fall}}{E_{\phi Ma}}$$

- 3.2.1.7 Das entsprechend 3.2.1.3 und 3.2.1.5 berechnete Risiko wird nun mit einem Grenzwert verglichen. Dieser Grenzwert ist einerseits davon abhängig, um welche Personengruppe es sich bei dem gefährdeten Personal handelt und andererseits davon, ob das resultierende individuelle Risiko r_i des meist betroffenen Mitarbeiters gegenüber dem heutigen Wert steigt oder sinkt (bzw. gleich bleibt). Ein Anstieg ist möglich, wenn neue risikobehaftete Tätigkeiten eingeführt werden, ohne dass andere Tätigkeiten wegfallen. Eine Verringerung ist möglich, wenn bestimmte Tätigkeiten sicherer gestaltet werden oder wenn risikobehaftete Tätigkeiten wegfallen.
- 3.2.1.8 Die weniger strengen Grenzwerte im Fall eines sinkenden individuellen Gesamtrisikos sind dadurch begründet, dass grundsätzlich eine Senkung des vorhandenen individuellen Risikos unterstützt werden soll. Es soll in diesen Fällen

⁶ Die grundsätzliche Struktur der Gleichung beruht darauf, dass man den vom Fallrisiko nicht betroffenen Anteil des Basisrisikos mit dem Anteil eines einzelnen Mitarbeiters am kollektiven Risiko summiert.



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

verhindert werden, dass auf eine Verbesserung wegen Verfehlung der strengeren Grenzwerte für steigende Risiken verzichtet wird.

3.2.2 Grenzwerte

| Personengruppe | Grenzwert R_{iGr1} für steigendes individuelles Gesamtrisiko [T/P/J] | Grenzwert R_{iGr2} für sinkendes (bzw. gleich bleibendes) individuelles Gesamtrisiko [T/P/J] |
|-------------------------------|--|--|
| Mitarbeiter Rangieren | $4 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| Mitarbeiter Bau und Unterhalt | $4 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| Mitarbeiter Zugführung | $1 \cdot 10^{-4}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ |
| Mitarbeiter Werkstatt | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ |

Tabelle 4: Grenzwerte zur Bewertung der individuellen Risiken des Personals

- 3.2.2.1 Falls das resultierende individuelle Risiko des Mitarbeiters r_i gemäss 3.2.1.2 kleiner ist als der entsprechende Grenzwert, ist das individuelle Risiko ausreichend klein und damit nachgewiesen, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.
- 3.2.2.2 Ist das resultierende individuelle Risiko des Mitarbeiters r_i grösser als der entsprechende Grenzwert, müssen Massnahmen ergriffen werden, um dieses Risiko so weit zu senken, dass es den entsprechenden Grenzwert einhält. Dies können auch Massnahmen sein, welche das Risiko der betroffenen Mitarbeiter ausserhalb des betrachteten Risikos reduzieren.
- 3.2.2.3 Bei den Personengruppen „Mitarbeiter Rangieren“ und „Mitarbeiter Bau und Unterhalt“ ist der Grenzwert für steigendes individuelles Risiko gleich hoch wie das Basisrisiko (vgl. Tabelle 3). Daher können Zusatzrisiken grundsätzlich nicht bewilligt werden, da nicht nachgewiesen werden kann, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen. In Einzelfällen kann eine Restrisiko bei einer geringfügigen Steigerung der individuellen Risiken aufgrund einer plausiblen Begründung als vertretbar bezeichnet werden.

3.3 Anwendungsbeispiele

3.3.1 Zu kleiner Gleisabstand 1

- 3.3.1.1 In einem Bahnhof entspricht der Gleisabstand nicht den gesetzlichen Vorgaben. Dies erhöht während Rangierfahrten das Risiko für Rangiermitarbeiter, welche durch auf dem Nachbargleis verkehrende Züge gefährdet werden. Das kollektive Risiko beträgt auf diesem Bahnhof 0.022 T/J. Es liegt ein Massnahmenvorschlag vor, der das bestehende Risiko auf 0.001 T/J reduzieren würde. Es stellt sich die Frage, ob diese Reduktion genügt. Es handelt sich also insgesamt um ein sinkendes individuelles Gesamtrisiko.



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

| Parameter | Wert | Begründung |
|--------------------|---------------------------------|--|
| E_{Ma} | 1950 Std | Übliche Jahresarbeitszeit eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Rangieren“. |
| α | 0.2% | Das kollektive Fallrisiko R_{kFall} umfasst alle bahnbezogenen Risiken, welchen die beteiligten Mitarbeiter innerhalb der Expositionszeit (1 Minute/Fahrt) ausgesetzt sind. Ein Mitarbeiter arbeite pro Jahr 48 Wochen zu je 5 Tagen. $E_{\text{Fall}} = 48 \cdot 5 \cdot 1/60 = 4 \Rightarrow \alpha = E_{\text{Fall}} / E_{\text{Ma}} = 4/1950 = 0.002 = 0.2\%$ |
| R_{iB} | $4 \cdot 10^{-4} \text{ T/P/J}$ | Basisrisiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Rangieren“. |
| W_{real} | 240 | Ein Mitarbeiter arbeitet pro Jahr 48 Wochen zu je 5 Tagen. Ein einzelner Mitarbeiter habe pro Tag im Schnitt maximal eine Rangierfahrt zu begleiten. $W_{\text{real}} = 48 \cdot 5 \cdot 1 = 240$ pro Jahr. |
| W_{Fall} | 720 | Es finden pro Jahr in diesem Bahnhof 720 solche Rangierfahrten statt. |
| R_{kFall} | 0.001 T/J | Kollektives Fallrisiko mit Massnahmen. |
| N_{MA} | 1 | Pro Rangierfahrt ist nur ein Mitarbeiter gefährdet. |
| R_{iGr2} | $1 \cdot 10^{-3} \text{ T/P/J}$ | Grenzwert für das individuelle Risiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Rangieren“ bei sinkendem Gesamtrisiko. |

Tabelle 5: Berechnung der Eingangswerte des Anwendungsbeispiels „Zu kleiner Gleisabstand 1“

$$r_i = (1 - \alpha) \cdot R_{\text{iB}} + \frac{W_{\text{real}}}{W_{\text{Fall}}} \cdot \frac{R_{\text{kFall}}}{N_{\text{Ma}}} = (1 - 0.002) \cdot 4 \cdot 10^{-4} + \frac{240}{720} \cdot \frac{0.001}{1} = 7.3 \cdot 10^{-4} \text{ T / P / J}$$

3.3.1.2 Das Risiko r_i ist $7.3 \cdot 10^{-4}$ und damit kleiner als $R_{\text{iGr2}} = 1 \cdot 10^{-3}$ d.h. ausreichend klein. Somit ist nachgewiesen, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.

3.3.2 Automatische Warnprozesse

3.3.2.1 Auf Baustellen im Gleisbereich sollen neue, technikbasierte, automatische Warnprozesse (AWAP) eingeführt werden. Diese werden insgesamt zu einem tieferen individuellen Risiko führen. Aus Statistiken wird abgeschätzt, dass das bisherige Risiko im Zusammenhang mit Warnungen des Baupersonals (durch Technik oder durch Sicherheitswärter) 10% des kollektiven Risikos der Mitarbeiter der Personengruppe Mitarbeiter Bau und Unterhalt beträgt. Gemäss Schätzungen beträgt das kollektive Risiko der Mitarbeiter für Gefährdungen aus dem neuen AWAP netzweit $R_{\text{kFall}} = 0.01 \text{ T/J}$.

**bis****SBB CFF FFS**

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

| Parameter | Wert | Begründung |
|-------------|-------------------------|---|
| α | 0.1 | Bisher bestehe das Basisrisiko zu 10% aus Risiken aufgrund fehlender oder falscher Warnung. |
| R_{iB} | $4 \cdot 10^{-4} T/P/J$ | Basisrisiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Bau und Unterhalt“. |
| W_{real} | $3.6 \cdot 10^4$ | Wiederholungshäufigkeit der Warnung pro Mitarbeiter pro Jahr. Ein Mitarbeiter arbeite 48 Wochen pro Jahr zu je 5 Tagen. Es erfolgen bis zu 150 Zugfahrten pro Tag, die eine Warnung auslösen $\Rightarrow W_{real} = 48 \cdot 5 \cdot 150 = 3.6 \cdot 10^4$. |
| W_{Fall} | $3.65 \cdot 10^6$ | Anzahl Warnungen auf dem gesamten Netz pro Jahr. 100 AWAP Anlagen netzweit und durchschnittlich je 100 Züge pro Tag $\Rightarrow W_{Fall} = 100 \cdot 100 \cdot 365 = 3.65 \cdot 10^6$. |
| R_{kFall} | 0.01 T/J | Kollektives Risiko der neuen Warnanlagen netzweit. |
| N_{MA} | 10 | Annahme für die durchschnittliche Anzahl Mitarbeiter auf einer durch AWAP überwachten Baustelle. |
| R_{iGr2} | $1 \cdot 10^{-3} T/P/J$ | Grenzwert für das individuelle Risiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Bau und Unterhalt“ bei sinkendem Gesamtrisiko. |

Tabelle 6: Berechnung der Eingangswerte des Anwendungsbeispiels „Automatische Warnprozesse“

$$r_i = (1 - \alpha) \cdot R_{iB} + \frac{W_{real}}{W_{Fall}} \cdot \frac{R_{kFall}}{N_{Ma}} = (1 - 0.1) \cdot 4 \cdot 10^{-4} + \frac{3.6 \cdot 10^4}{3.65 \cdot 10^6} \cdot \frac{0.01}{10} = 3.7 \cdot 10^{-4} T/P/J$$

3.3.2.2 Das Risiko r_i ist $3.7 \cdot 10^{-4} T/P/J$ und damit kleiner als $R_{iGr2} = 1 \cdot 10^{-3} T/P/J$ d.h. ausreichend klein. Somit ist nachgewiesen, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.

3.3.3 Rangieren von Hand

3.3.3.1 Künftig sollen auf einem kleinen Bahnhof pro Tag 10 Wagen neu von Hand mit Hilfe von Seilwinden und Stangen rangiert werden. Damit kann das Geld für eine Rangierlokomotive eingespart werden. Die Risikoanalyse hat gezeigt, dass bezogen auf diese Gefährdung von einem kollektiven Gesamtrisiko von 0.01 T/J auszugehen ist. Bei den betroffenen Mitarbeitern wird das individuelle Gesamtrisiko steigen.

**bis****SBB CFF FFS**

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

| Parameter | Wert | Begründung |
|--------------------|--------------------------|---|
| $E_{\emptyset Ma}$ | 1950 Std | Übliche Jahresarbeitszeit eines Mitarbeiters der Personengruppe Rangieren. |
| E_{Fall} | 480 Std | Die betroffenen Mitarbeiter sind im Schnitt pro Tag zwei Stunden mit diesen Rangierarbeiten beschäftigt. 48 Jahresarbeitswochen zu je 5 Tagen $\Rightarrow E_{Fall} = 48 \cdot 5 \cdot 2 = 480$. |
| R_{iB} | $4 \cdot 10^{-4}$ T/P/J | Basisrisiko eines Mitarbeiters der Personengruppe Rangieren. |
| W_{real} | 2400 | Wiederholungshäufigkeit der Rangierungen pro Mitarbeiter pro Jahr: 48 Jahresarbeitswochen zu je 5 Tagen zu je 10 Rangierungen $\Rightarrow W_{real} = 48 \cdot 5 \cdot 10 = 2400$. |
| W_{Fall} | 3650 | Wiederholungshäufigkeit der Rangierungen auf diesem Bahnhof pro Jahr: 365 Tage zu je 10 Rangierungen $\Rightarrow W_{Fall} = 365 \cdot 10 = 3650$. |
| R_{kFall} | 0.01 T/J | Kollektives Risiko für diese Tätigkeit: 0.01 T/J (enthält alle bahnbezogenen Risiken der beteiligten Mitarbeiter) |
| N_{MA} | 1 | Annahme zur Anzahl der beteiligten Mitarbeiter pro Rangierung. Es soll möglich sein, dass ein einzelner Mitarbeiter diese Rangierung durchführt. |
| R_{iGr1} | $4E \cdot 10^{-4}$ T/P/J | Grenzwert für das individuelle Risiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Rangieren“ bei steigendem Gesamtrisiko. |

Tabelle 7: Berechnung der Eingangswerte des Anwendungsbeispiels „Rangieren von Hand“

$$r_i = \left(1 - \frac{E_{Fall}}{E_{\emptyset Ma}}\right) \cdot R_{iB} + \frac{W_{real}}{W_{Fall}} \cdot \frac{R_{kFall}}{N_{Ma}} = \left(1 - \frac{480}{1950}\right) \cdot 4 \cdot 10^{-4} + \frac{2400}{3650} \cdot \frac{0.01}{1} = 6.9 \cdot 10^{-3} T / P / J$$

3.3.3.2 Das Risiko r_i ist $6.9 \cdot 10^{-3} T/P/J$ und damit deutlich grösser als $R_{iGr1} = 4 \cdot 10^{-4} T/P/J$. Somit sind zwingend risikoreduzierende Massnahmen zu ergreifen, damit keine inakzeptablen Risiken entstehen.

3.3.4 Zu kleiner Gleisabstand 2

3.3.4.1 In einem Bahnhof kann beim Umbau der minimale durch das Gesetz geforderte Gleisabstand nicht eingehalten werden (3.50m statt 4.20m). Aus diesem Grund besteht beim Befahren dieser Gleise für den Rangierer bei einer gleichzeitigen Zugdurchfahrt auf dem Nebengleis ein erhöhtes Risiko. Auf der Basis einer Detailanalyse liegen zwei Massnahmenvorschläge vor, welche zu einem zusätzlichen kollektiven Risiko aus dem zu kleinem Gleisabstand von $1.5 \cdot 10^{-3} T/J$ bzw. $3 \cdot 10^{-5} T/J$ führen. Pro Jahr wird durchschnittlich 15 Mal das betreffende Gleis zum Rangieren benutzt, wobei jedes Mal von 4 Rangiervorgängen ausgegangen wird. Dabei ist jeweils 1 Mitarbeiter aus einem Team von insgesamt 10 Personen beteiligt.



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

| Parameter | Wert | Begründung |
|-------------|--|--|
| α | 0% | Es handelt sich um ein Risiko, welches im heutigen Bahnhof (vor dem Umbau) nicht vorhanden ist. Daher ist auch der Anteil des Fallrisikos am Basisrisiko des Mitarbeiters gleich Null. |
| R_{iB} | $4 \cdot 10^{-4}$ T/P/J | Basisrisiko eines Mitarbeiters der Personengruppe Rangieren. |
| W_{real} | 20 | Es wird angenommen, dass ein und derselbe Mitarbeiter pro Jahr maximal 5 Mal am entsprechenden Gleis rangiert. Bei 4 Rangiervorgängen ergibt sich eine reale Wiederholungshäufigkeit für den einzelnen Mitarbeiter von $W_{real} = 20$ |
| W_{Fall} | 60 | Auf dem entsprechenden Gleis wird 15 Mal pro Jahr rangiert mit jeweils 4 Rangiervorgängen $\Rightarrow W_{Fall} = 15 \cdot 4 = 60$. |
| R_{kFall} | $1.5 \cdot 10^{-3}$ bzw. $3 \cdot 10^{-5}$ T/J | Kollektives Fallrisiko mit Massnahmen M1 bzw. M2. |
| N_{MA} | 1 | Pro Rangierfahrt ist ein Mitarbeiter gefährdet. |
| R_{iGr1} | $4 \cdot 10^{-4}$ T/P/J | Grenzwert für das individuelle Risiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Rangieren“ bei steigendem Gesamtrisiko. |

Tabelle 8: Berechnung der Eingangswerte des Anwendungsbeispiels „Zu kleiner Gleisabstand 2“

$$r_{iM1} = (1 - \alpha) \cdot R_{iB} + \frac{W_{real}}{W_{Fall}} \cdot \frac{R_{kFall}}{N_{Ma}} = (1 - 0) \cdot 4 \cdot 10^{-4} + \frac{20}{60} \cdot \frac{1.5 \cdot 10^{-3}}{1} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ T / P / J}$$

$$r_{iM2} = (1 - \alpha) \cdot R_{iB} + \frac{W_{real}}{W_{Fall}} \cdot \frac{R_{kFall}}{N_{Ma}} = (1 - 0) \cdot 4 \cdot 10^{-4} + \frac{20}{60} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-5}}{1} = 4.1 \cdot 10^{-4} \text{ T / P / J}$$

3.3.4.2 Die Verringerung des Gleisabstandes führt zu einem zusätzlichen kollektiven Risiko und bedeutet für die beteiligten Mitarbeiter ein steigendes individuelles Risiko. Die Werte der resultierenden individuellen Risiken r_{iM1} und r_{iM2} werden daher mit dem Grenzwert R_{iGr1} der entsprechenden Personengruppe (Rangierer) $R_{iGr1} = 4 \cdot 10^{-4}$ T/P/J verglichen. Es ist ersichtlich, dass mit keiner der beiden Massnahmen der Grenzwert eingehalten werden kann. Während die Massnahme 1 als unzureichend zu betrachten ist, kann bei der Massnahme 2 nur ein geringfügiger Anstieg des jährlichen individuellen Risikos eines Mitarbeiters (2%) festgestellt werden. Auf der Grundlage des prognostizierten Risikos kann in Diskussion mit dem BAV im Einzelfall geklärt werden, ob nach Umsetzung aller verhältnismässigen Massnahmen damit ein akzeptables Risiko erreicht wird.

3.3.5 Sicherheit der Lokführer bei einem Zusammenstoss (Crash-Verhalten)

3.3.5.1 Die Lokführer eines bestimmten Loktyps (50 Loks, welche etwa 5% der Flotte aller täglich betriebenen Loks umfassen) sind aufgrund eines Umbaus der Loks und des Inkrafttretens einer Überarbeitung der Norm zur „Crash-Sicherheit von Fahrzeugen“ möglicherweise nicht zulässigen Risiken ausgesetzt. Entspre-



bis

SBB CFF FFS

Referenz/Aktenzeichen: BAV-023.11//

chend der Statistik zu Zusammenstössen und unter Berücksichtigung von Expertenschätzungen kann ein entsprechendes auf dem schweizerischen Eisenbahnnetz vorhandenes kollektives Risiko dieser Nicht-Einhaltung der Norm von 0.01 T/J angenommen werden. Dieses Fallrisiko wirkt auf alle Lokführer während der Zeit, innerhalb welcher sie sich auf dem Führerstand des betroffenen Loktyps aufhalten. Da das individuelle Risiko der Lokführer nicht von der Wiederholungshäufigkeit, sondern von der Expositionszeit abhängig ist, wird für seine Berechnung die Formel aus 3.2.1.5 angewendet.

| Parameter | Wert | Begründung |
|-------------|-------------------------|--|
| α | 74% | Heutiges kollektives Risiko aller Lokführer beträgt gemäss der Expertenschätzungen 0.27 T/J (\Rightarrow für betroffenen Loktyp etwa $0.27 \cdot 0.05 = 0.0135$ T/J) \Rightarrow der Anteil des kollektiven Fallrisikos am Basisrisiko entspricht $\alpha = 0.01/0.0135 = 0.74$ |
| R_{iB} | $5 \cdot 10^{-5}$ T/P/J | Individuelles Basisrisiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Zugführung“. |
| R_{kFall} | 0.01 T/J | Kollektives Fallrisiko entsprechend der Expertenschätzungen |
| E_{Fall} | 1920 Std | Maximal mögliche Anzahl Stunden, während denen ein Mitarbeiter (Lokführer) dem Fallrisiko ausgesetzt ist, entspricht der Arbeitszeit von 5 Tage à 8 Stunden während 48 Wochen $\Rightarrow E_{Fall} = 5 \cdot 8 \cdot 48 = 1920$ Std |
| E_{FallN} | 273750 Std | Es gibt in ganzem Netz 50 Lokomotiven mit einer täglichen Betriebszeit von 15 Stunden \Rightarrow die Expositionszeit aller Lokführer beträgt somit $E_{FallN} = 50 \cdot 15 \cdot 365 = 273750$ Std |
| R_{iGr2} | $2 \cdot 10^{-4}$ T/P/J | Grenzwert für das individuelle Risiko eines Mitarbeiters der Personengruppe „Mitarbeiter Zugführung“ bei sinkendem bzw. gleichbleibendem Gesamtrisiko. |

Tabelle 9: Berechnung der Eingangswerte des Anwendungsbeispiels „Sicherheit der Lokführer bei einem Zusammenstoss“

$$r_i = (1 - \alpha) \cdot R_{iB} + \frac{E_{Fall}}{E_{FallN}} \cdot R_{kFall} = (1 - 0.74) \cdot 5 \cdot 10^{-5} + \frac{1920}{273750} \cdot 0.01 = 8.31 \cdot 10^{-5} [T / P / J]$$

3.3.5.2 Da es sich um Lokomotiven handelt, welche heute bereits im Betrieb sind, geht es um die Beurteilung von gleich bleibenden individuellen Risiken. Der Wert des resultierenden individuellen Risikos r_i wird daher mit dem Grenzwert R_{iGr2} der entsprechenden Personengruppe (Mitarbeiter Zugführung) $R_{iGr2} = 2 \cdot 10^{-4}$ T/P/J verglichen (s. Tabelle 4). Es ist ersichtlich, dass dieser Grenzwert eingehalten ist. Somit ist das individuelle Risiko ausreichend klein und damit nachgewiesen, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen.