

Forschungsgesellschaft
für angewandte
Systemsicherheit und
Arbeitsmedizin



**„Bestandsaufnahme und
Evaluation der individuellen
Warnung als
Sicherungsmaßnahme gegen
die Gefahren aus dem
Eisenbahnbetrieb für
Tätigkeiten der schnellen
Vegetationspflege“**

F 06-2101

FSA Kurzbericht (Auszug aus Abschlussbericht)

Juliane Manteuffel

Berlin, November 2022

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 3 |
| 1.1. | Anlass der Studie..... | 4 |
| 1.2. | Schnelle Vegetationspflege | 5 |
| 2 | Individuelle Warnung | 6 |
| 2.1. | Gemeinsamkeiten und Unterschiede der individuellen und kollektiven Warnung..... | 6 |
| 2.2. | Studienergebnisse aus Vorgängerprojekten | 7 |
| 2.2.1. | Anforderungen an individuelle Warnsysteme und Warngeräte | 8 |
| 2.2.2. | Erprobung und Entwicklung eines individuellen Warnsystems | 10 |
| 2.2.3. | Schlussfolgerungen..... | 12 |
| 2.3. | Zöllner Vegetation Warnsystem | 12 |
| 2.3.1. | Funktionsweise | 13 |
| 2.3.2. | Systemseitige Rückfallebenen..... | 14 |
| 3 | Evaluationsstudie | 15 |
| 3.1. | Projektziele und Untersuchungsaspekte | 16 |
| 3.1.1. | Untersuchungsaspekt Usability und User Experience | 16 |
| 3.1.2. | Untersuchungsaspekt Arbeitsbezogene Auswirkungen..... | 18 |
| 3.1.3. | Untersuchungsaspekt Sicherheit..... | 20 |
| 3.2. | Methode..... | 20 |
| 3.3. | Durchführung und Erhebung | 21 |
| 4 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 23 |
| 4.1. | Praktische Implikationen | 25 |

F 06-2101 Projekt „Bestandsaufnahme und Evaluation der individuellen Warnung als
Sicherungsmaßnahme gegen die Gefahren aus dem Eisenbahnbetrieb für Tätigkeiten der
schnellen Vegetationspflege“ – Kurzbericht

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.1.1. | <i>Fehlerquellen bei Technik und Funk</i> | 25 |
| 4.1.2. | <i>Einweisung und Qualifikation</i> | 26 |
| 4.1.3. | <i>Physische Auswirkungen</i> | 28 |
| 4.1.4. | <i>Gestaltung der Signale</i> | 29 |
| 5 | Fazit | 31 |
| 6 | Ausblick | 34 |
| 7 | Literatur | 37 |

1 Einleitung

Vorbemerkung

Die vorliegende Studie hat das Ziel, die Sicherheit bei Arbeiten im bzw. am Gleisbereich, konkret die Sicherheit von Vegetationsarbeitenden bei der schnellen Vegetationspflege, zu verbessern. Den Betrachtungen dieser Studie liegt die Vision Zero zugrunde.¹ Bereits 2008 hat sich die Gesetzliche Unfallversicherung in Deutschland dem Ziel *„Arbeits- und Lebenswelten so zu gestalten, dass niemand mehr getötet oder so schwer verletzt wird oder beruflich bedingt erkrankt, dass ein Schaden entsteht“* verschrieben. Für die Präventionsarbeit bedeutet das, dass sie *„immer wieder neu auf dieses Ziel ausgerichtet werden“* muss.² Dies gilt auch für die in dieser Studie betrachtete Sicherungsmaßnahme, der individuellen Warnung für Arbeiten im Hochrisikobereich Gleisbau. Bei dieser Maßnahme handelt es sich um ein Novum im Bereich der Sicherungsmaßnahmen für Arbeiten im bzw. am Gleisbereich, da die zu Schützenden (Vegetationsarbeitende) ihren Warnsignalgeber persönlich am Körper tragen. Diese Maßnahme ist eine im hohen Maße vom Verhalten *aller* Beteiligten (z.B. Auslösen der Warnung durch das Sicherungspersonal, Tragen persönlicher Warngeräte und Reaktion auf die Warnung durch Vegetationsarbeitende) abhängige Sicherungsmaßnahme. Gerade bei dieser neuen und verhaltensabhängigen Maßnahme ist es wichtig, sich ändernde Rahmenbedingungen (der Mikro- und Makroumwelt) zu erkennen, sich diesen ggf. anzupassen, aber nicht von ihnen treiben zu lassen und dabei das Präventionsziel immer im Blick zu haben.

¹ Die Vision einer Welt ohne Arbeitsunfälle und arbeitsbedingte Erkrankungen, bei der die Vermeidung tödlicher und schwerer Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten höchste Priorität hat. Diese Haltung liegt allen Forschungsstudien der FSA zugrunde.

² <https://www.dguv.de/de/praevention/visionzero/index.jsp>

Zur Beurteilung dieser relativ jungen Sicherungsmaßnahme werden die vier folgenden Grundsätze der Vision Zero zugrunde gelegt:

- (1) Das Leben ist nicht verhandelbar.*
- (2) Der Mensch ist fehlbar.*
- (3) Die tolerierbaren Grenzen liegen in der Belastbarkeit des Menschen.*
- (4) Jeder hat ein Anrecht auf eine sichere und gesunde Arbeitsumgebung.*

Nach diesen Grundsätzen werden in die hier vorliegende Bewertung der individuellen Warnung sowohl der menschliche Fehler als auch die Grenzen der körperlichen und psychischen Belastbarkeit einbezogen. Schwere Verletzungen oder der Tod als Folge solcher Fehler oder durch Überschreiten der Belastbarkeitsgrenzen sind nicht akzeptabel.

1.1. Anlass der Studie

Die individuelle Warnung zur Sicherung von Arbeiten für die schnelle Vegetationspflege ist das Ergebnis von Tätigkeitsanalysen und umfassenden Risikobetrachtungen im Rahmen einer FSA-Forschungsreihe zu den Einsatzmöglichkeiten der individuellen Warnung für bestimmte Arbeitsstellen im bzw. am Gleisbereich aus den Jahren 2011-2014 (Manteuffel & Bärenz 2012, Bärenz et al. 2014). Seitdem ist die individuelle Warnung für diese Arbeiten bei der DB Netz AG zugelassen.

Eine Bewertung dieser neuen und relativ jungen Sicherungsmaßnahme steht bisher aus. Bereits im Abschlussbericht der o.g. Forschungsreihe wird darauf hingewiesen, dass es sich um Querschnittsstudien handelt. Langfristige Risiken sowie sich gegebenenfalls neu ergebende, sicherheitskritische Faktoren, die beispielsweise die Trageakzeptanz beeinflussen und sich somit auf die Wirksamkeit der Maßnahme auswirken können, sind auf Basis der Querschnittsstudie nicht vorherseh- bzw. abschätzbar. Darüber hinaus wurde das im Rahmen

dieser Studie untersuchte individuelle Warnsystem lediglich mit *einer* Sicherungs-/Vegetationsfirma³ pilotiert. Daher stellt sich für den Fall einer Etablierung des Systems für die schnelle Vegetationspflege auch die Frage, inwieweit sich dieses Warnsystem auf andere Sicherungs- und Vegetationsfirmen übertragen lässt. Außerdem besteht seitens der DB Netz AG die Frage nach der Ausweitung des Systems auf weitere Tätigkeiten.

Mithilfe dieser Evaluationsstudie sollen folglich Erkenntnisse über langfristige Risiken und neue sicherheitskritische Faktoren durch das Arbeiten mit dem neuen Warnsystem ermittelt sowie Erkenntnisse zur Übertragbarkeit auf weitere Tätigkeiten geliefert werden mit dem Ziel, Implikationen für die Weiterentwicklung, Optimierung und Ausdehnung des Systems abzuleiten.

1.2. Schnelle Vegetationspflege

Die schnelle Vegetationspflege erfolgt nach dem Vegetationsgrundschnitt in vorgegebenen Zeitabständen. Die Arbeiten sind durch eine schnelle Vorwärtsbewegung des Vegetationstrupps gekennzeichnet und es werden Tagesleistungen von bis zu 3.000 m erreicht. Bei diesen Arbeiten kommen handgeführte Geräte wie insbesondere Freischneider, aber auch Motorkettensägen, Hochentaster oder ferngesteuerte Mulcher zum Einsatz.

In der Regel finden die Arbeiten auf der Feldseite außerhalb des Gleisbereichs statt. Gelegentlich besteht die Gefahr, unbeabsichtigt in diesen zu gelangen, weshalb eine Sicherungsmaßnahme zum Schutz der Beschäftigten erforderlich ist.⁴ Neben der

³ Damals wurde die schnelle Vegetationspflege sowie sämtliche Vegetationspflegearbeiten im Bereich von Bahnanlagen der Deutschen Bahn AG maßgeblich von der Firma DB Fahrwegdienste GmbH durchgeführt. Dies ist mittlerweile nicht mehr so. Sowohl die Sicherung als auch die Ausführung dieser Tätigkeiten werden teilweise an Drittfirmen abgegeben.

⁴ Satow (2013): „...diese Tätigkeiten finden in der Regel außerhalb des Gleisbereichs statt. Eine Gefährdungsbeurteilung hat jedoch ergeben, dass ein unbeabsichtigtes Hineingeraten in den Gleisbereich nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann.“

höherwertigen Gleissperrung ist die individuelle Warnung die aktuell einzig mögliche und sicherheitstechnisch gerechtfertigte Sicherungsmaßnahme.

2 Individuelle Warnung

Bei der individuellen Warnung ist die Warnung direkt in die Schutzausrüstung der Beschäftigten integriert. Das ordnungsgemäße Tragen der individuellen Warnsignalgeber seitens der Beschäftigten stellt die Grundvoraussetzung für die Wirksamkeit dieser Sicherungsmaßnahme dar.

2.1. Gemeinsamkeiten und Unterschiede der individuellen und kollektiven Warnung

Nach dem European Rail Research Institute (ERRI) ist die individuelle Warnung *„eine Warnung, bei der jede Person mit einem eigenen Warnsignalgeber gewarnt wird.“*⁵ Dabei werden die Beschäftigten *„gleichzeitig gewarnt, (...), wobei jedoch jeder zu Warnende sein individuelles Warngerät bei sich trägt.“*⁶ Die kollektive Warnung hingegen *„ist eine Warnung, bei der Personen mit einem oder mehreren Warnsignalgebern gewarnt werden.“*⁷ Die Warnmittel sind einem *„Kollektiv von arbeitenden Beschäftigten“*⁸ zugeordnet.

Sowohl die individuelle Warnung als auch die kollektive Warnung sind verhaltensabhängige (hinweisende) Maßnahmen, da die Warnung die Beschäftigten nicht vor der herannahenden Fahrt schützt. Sie informiert die Beschäftigten lediglich über die Gefahr einer herannahenden Fahrt und soll ein bestimmtes Verhalten initiieren. Warnsysteme sind

⁵ ERRI A 158/RP 3 Teil I „Systeme zur individuellen Warnung von Personen im Gleisbereich – Pflichtenheft für individuelle und kollektive Warnsysteme für Personen im Gleisbereich“, S.5

⁶ ERRI A 158/RP 5, „Systeme zur individuellen Warnung von Personen im Gleisbereich – Schlussbericht“, S.4

⁷ ERRI A 158/RP 3 Teil I „Systeme zur individuellen Warnung von Personen im Gleisbereich – Pflichtenheft für individuelle und kollektive Warnsysteme für Personen im Gleisbereich“, S.5

⁸ ERRI A 158/RP 5, „Systeme zur individuellen Warnung von Personen im Gleisbereich – Schlussbericht“, S.3

nur dann wirksam, wenn die Beschäftigten die Warnung empfangen und auch entsprechend reagieren. Die Warnung von Beschäftigten ist nicht gleichzusetzen mit einer Sicherung der Beschäftigten.

Warnsysteme mit menschlichen Komponenten (z.B. manuelle Zugdetektion) stehen in ihrer Wertigkeit – weil noch anfälliger für Fehler - hinter Warnsystemen mit technischen Komponenten (z.B. Zugdetektion mittels Schienenkontakt).

Der entscheidende Unterschied zwischen der individuellen und der kollektiven Warnung liegt darin wie die Beschäftigten die Warnung erhalten. Bei der kollektiven Warnung erhalten alle im Arbeitsbereich tätigen Beschäftigten die Warnung durch kollektive Warnsignalgeber, unabhängig von ihrem individuellen Verhalten. Bei der individuellen Warnung hingegen erhalten die Beschäftigten die Warnung erst, wenn sie das persönliche Warngerät korrekt an ihrem Körper tragen und richtig gebrauchen. Ist dies nicht der Fall, ist der / die zu schützende Beschäftigte vollkommen ungeschützt, was bei Arbeiten im oder in der Nähe des Gleisbereichs einen Unfall mit weitreichendem Schadensausmaß zur Folge haben kann.

2.2. Studienergebnisse aus Vorgängerprojekten

In der zuvor erwähnten Forschungsreihe aus den Jahren 2011 – 2014 wurde die individuelle Warnung hinsichtlich ihrer Eignung für die Sicherung von Arbeitsstellen im und am Gleisbereich auf der Grundlage von Literaturstudien, Ableitungen aus der Normung, der Einbindung von Expertinnen und Experten sowie von Feldstudien auf Arbeitsstellen in Gleisnähe und im Gleisoberbau bewertet. Ergebnis der durchgeführten Risikobewertung sind allgemeine Anforderungen an eine Sicherung mit individuellen Warnsystemen sowie

Anforderungen an das notwendige Design individueller Warngeräte. Diese sind im Folgenden dargestellt⁹.

2.2.1. Anforderungen an individuelle Warnsysteme und Warngeräte

Nach Bärenz et al. (2014) muss für den Fall menschlichen Fehlverhaltens - der im Gleisbereich lebensgefährlich sein kann - beim Einsatz der individuellen Warnung eine **wirksame Rückfallebene**¹⁰ gegeben sein. Diese kann indirekt die arbeitsmedizinische und arbeitspsychologische Eignung der Beteiligten (im Falle der schnellen Vegetationspflege das Sicherungspersonal und die Vegetationsarbeitenden) betreffen, vor allem aber direkt konkrete technische Maßnahmen am Gerät (z.B. eine Trageüberwachung) und organisatorische Maßnahmen vor Ort (z.B. Arbeiten außerhalb des Gleisbereichs), die bei Ausbleiben des erwarteten Verhaltens das Risiko minimieren. Des Weiteren sind zur Verbesserung der Wahrnehmung der Warnung **redundante Signale** (Ansprechen von zwei Sinneskanälen) erforderlich. Da die Wirksamkeit der individuellen Warnung maßgeblich von der **Tragebereitschaft** individueller Warngeräte abhängig ist, gilt es die folgenden Komponenten bzw. Faktoren der Tragebereitschaft zu berücksichtigen: Gestaltung und Design, Tragekomfort und Handhabbarkeit, Möglichkeiten der fachgerechten Arbeitsausführung, Gefahrenbeurteilung und Glaube an die Schutzfunktion. Für individuelle Warngeräte gelten dieselben **Voraussetzungen**, die auch **für den Einsatz von PSA** gelten: Berücksichtigung individueller körperlicher Voraussetzungen und persönlicher Unverträglichkeiten sowie der Umgebungsbedingungen und Einsatzmöglichkeiten am Arbeitsplatz, Berücksichtigung hygienischer und ergonomischer Bedingungen beim Einsatz individueller Warngeräte. Der **Funkempfang** - als eine wesentliche Komponente der individuellen Warnung - muss

⁹ Eine ausführliche Darstellung der Anforderungen ist nachzulesen bei Manteuffel & Bärenz (2012).

¹⁰ Eine Rückfallebene ist ein Sekundärsystem, das bei Ausfall eines primären Systems einen Schutz gegenüber einer Gefährdung bietet.

sichergestellt sein. Störungen aufgrund von Funkunterbrechungen gefährden die Akzeptanz der individuellen Warnung.

Grundsätzlich kann nur mit einer auf den Einzelfall bezogenen

Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden, inwieweit die individuelle Warnung für

bestimmte Arbeitsstellen / Arbeitsverfahren eingesetzt werden kann. Die Kriterien, die bei der Beurteilung herangezogen werden sollten, sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Kriterien für die Gefährdungsbeurteilung (nach Manteuffel & Bärenz, 2012)

| Kriterien | |
|--|---|
| <i>Ort der Ausführungen</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Im Gleisbereich - In der Nähe des Gleisbereichs mit der Gefahr, diesen auch unbeabsichtigt zu betreten |
| <i>Vereinbarkeit zwischen auszuführenden Tätigkeiten und individuellen Warngeräten</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Stört das Anbringen/Tragen eines IWG¹¹ die Ausführung der Tätigkeiten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Körperhaltungen und Umgebungsbedingungen? Kann das IWG während der gesamten Arbeitszeit getragen werden? - Welche Kommunikationserfordernisse oder sensomotorischen Erfordernisse bringen die Tätigkeiten mit sich? Tritt die Warnung in Konkurrenz zu den Hauptaufgaben der Beschäftigten? - Wie viel Aufmerksamkeit und Kapazitäten der Beschäftigten bindet die Tätigkeit und wie viel das IWG? - Ist die Integration eines IWG in die vorhandene PSA möglich oder muss dieses „extra“ angebracht werden? |
| <i>Vereinbarkeit zwischen Organisation der Baustelle und individueller Warnung</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Gibt es einen zentralen Zugang zur Baustelle und somit eine zentrale Ausgabestelle für IWG? - Wie erhalten hinzukommende Beschäftigte ein IWG? - Wer stellt sicher, dass alle Beschäftigten auf der Baustelle ein IWG erhalten, bevor sie den Gleisbereich betreten? - Erfolgt bei Schichtwechsel eine Übergabe des IWG (Hygiene)? - Wie werden weitere Auftragnehmer eingebunden (z.B., wenn sie nicht vom Hauptauftragnehmer beauftragt wurden)? |
| <i>Sonstiges</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Werden die Tätigkeiten von homogenen oder heterogenen Arbeitstrupps durchgeführt? - Größe des Arbeitstrupps |

Neben der Beurteilung dieser Kriterien, die die Fragen der Trageakzeptanz, der Baustellenorganisation sowie nach dem Gefährdungspotenzial beinhalten, muss auch die

¹¹ IWG = Individuelles Warngerät

Maßnahmenhierarchie berücksichtigt werden. Grundsätzlich handelt es sich bei der Warnung um eine verhaltensabhängige hinweisende Sicherungsmaßnahme, die nur eingesetzt werden darf, wenn wirksamere Maßnahmen wie organisatorische oder technische Sicherungsmaßnahmen nicht möglich oder sicherheitstechnisch nicht gerechtfertigt sind.¹²

2.2.2. *Erprobung und Entwicklung eines individuellen Warnsystems*

Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung für die schnelle Vegetationspflege, die feldseitig und außerhalb des Gleisbereichs durchgeführt wird¹³, war die Feststellung, dass eine akustisch individuelle Warnung vorstellbar und sicherheitstechnisch gerechtfertigt sein kann.

Anlässlich der Sitzung des Sachgebietes „Arbeiten und Sicherungsmaßnahmen im Bereich von Gleisen“ im November 2014 positionierten sich die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) und die Eisenbahn-Unfallkasse (EUK, heute UVB)¹⁴ wie folgt (s. Abbildung 1).

¹² ArbSchG, DGUV Vorschrift 78, DGUV Regel 101-021, DB Ril 132.0118

¹³ bei der die Gefahr besteht, unbeabsichtigt in den Gleisbereich zu geraten

¹⁴ Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB)

Position der UVT EUK und BG BAU (EUK Dialog 1/2013, BauPortal 7/2013):

- Individuelle Warnung bei Arbeiten im Gleisbereich nicht geeignet,
- denkbar nur bei der Vegetationsdurcharbeitung außerhalb des Gleisbereichs wenn die Gefahr besteht, unbeabsichtigt in diesen zu geraten,
- zusätzlich notwendig wäre **Redundantes Signal, Rückfallebene,**
- ebenfalls denkbar bei kurzfristigen Tätigkeiten geringen Umfangs von bis zu drei Beschäftigten (§ 6(1), GUV-V D33),
aber: Sicherheitsgewinn gegenüber der derzeitigen Regelung muss dabei erzielt werden!

An dieser Position der UVT hat sich zwischenzeitlich nichts geändert!

Sachgebiet *Arbeiten und Sicherungsmaßnahmen im Gleisbereich*
Klaus Adler, Eisenbahn-Unfallkasse 13.11.2014

Abbildung 1: Position der Unfallversicherungsträger zur individuellen Warnung (2014)

Folglich wurde - in enger Kooperation mit der BG BAU, der UVB, der Firma Zöllner Signal GmbH, der DB Fahrwegdienste GmbH sowie der DB Netz AG - ein den Anforderungen entsprechendes, individuelles Warnsystem für Arbeiten der schnellen Vegetationspflege entwickelt, in Feldstudien erprobt und nach den damaligen Erkenntnissen optimiert. Das im Rahmen der Feldversuche erprobte, individuelle Warnsystem erzielte bei den künftigen Anwendenden¹⁵ eine hohe Akzeptanz. Es wurde im Vergleich zur bisherigen Praxis als Sicherheitsgewinn bewertet. Die Grundvoraussetzungen einer hohen Tragebereitschaft sowie die Zuverlässigkeit der Beschäftigten der DB Fahrwegdienste GmbH (DB FWD), ein angemessenes Sicherheitsbewusstsein sowie die Vereinbarkeit zwischen auszuführenden Tätigkeiten und individuellem Warngerät, die maßgeblich für die Wirksamkeit der individuellen Warnung sind, galten damit als erfüllt.

¹⁵ Befragt wurden damals nur Vegetationsarbeitende der DB Fahrwegdienste GmbH.

2.2.3. Schlussfolgerungen

Die damals gewonnenen Erkenntnisse bezogen sich auf den besonderen Fall der schnellen Vegetationspflege: die Arbeiten finden feldseitig und außerhalb des Gleisbereichs statt mit der Gefahr, in diesen zu geraten. *„Für diesen Fall wurde die zugrunde liegende Gefährdungsbeurteilung und die Bewertung der Eignung und Angemessenheit dieses Sicherungssystems vorgenommen und die gemäß ArbSchG zu berücksichtigende Hierarchie der Sicherungsmaßnahmen geprüft.“* (Bärenz et al., 2014). Bei der untersuchten Stichprobe handelte es sich um eine *„ausgelesene, von augenscheinlich zuverlässigen Mitarbeitern der DB Fahrwegdienste“*.

Eine Übertragbarkeit auf z.B. Nachunternehmende, insbesondere im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit der Beschäftigten als risikominimierenden Faktor, blieb damals ungeklärt.

Ebenfalls ungeklärt blieb die Frage, wie sich das neue Systems langfristig auf das Sicherheitsverhalten sowie die Gesundheit der Anwendenden auswirkt. Es bestand die Befürchtung, dass sich das mit dem System verbundene positive Sicherheitsgefühl auf das Verhalten dahingehend auswirken könnte, dass sich die Anwendenden riskanter verhalten. Damit wäre der Sicherheitsgewinn kompensiert (Klebensberg, 1982; zitiert nach Bärenz et al., 2014).

In der vorliegenden Evaluationsstudie werden diese ungeklärten Fragen aufgegriffen und mitbetrachtet.

2.3. Zöllner Vegetation Warnsystem

Bei dem damals entwickelten individuellen Warnsystem handelt es sich um das Zöllner Vegetation Warnsystem (ZVW). Ein System, bei dem die Warnung direkt in die

Schutzausrüstung der Beschäftigten integriert ist: Jeder Vegetationsarbeitende trägt einen eigenen Warnsignalgeber in Form einer Helm-Gehörschutz-Kombination mit integriertem Warnsignalgeber. Insgesamt besteht das Warnsystem aus vier Komponenten:

- (1) Einschaltstelle mit Funksender
- (2) Zentrale mit Funkempfänger und -sender
- (3) Funkempfänger beim Vegetationsarbeitenden und
- (4) Warngerät im Gehörschutz und am Visier des Schutzhelmes

2.3.1. Funktionsweise

Beim ZVW wird die Warnung durch einen Außenposten mithilfe eines Handfunksenders ausgelöst und via Funk zur Zentrale geleitet. Die Zentrale samt Funkempfänger und -sender wird von der Sicherheitsaufsicht in einem Tragegeschirr am Körper mitgeführt. Von der Zentrale wird die Information über eine weitere Funkstrecke an alle eingeloggtten Funkempfänger weitergeleitet, die die Vegetationsarbeitenden in einem kleinen Rucksack bei sich tragen. Neben diesem Funkempfänger besteht das individuelle, am Körper getragene, Warngerät zusätzlich aus einem Warngerät, der ein akustisches Warnsignal im Gehörschutz und eine optische Erinnerung (blau blinkende LED-Leuchten) im Visier auslöst. Funkempfänger und Warngerät sind per Kabel miteinander verbunden. Bei Warnung muss eine sofortige Unterbrechung der Arbeiten erfolgen.

Das sichere Funktionieren dieses Warnsystems hängt sowohl vom Sicherungspersonal (Warnsignal auslösen, Einweisen und Einloggen der Vegetationsarbeitenden ins System, Bedienung des Systems, Überwachung der Reaktionen des Vegetationstrupps) als auch von den Vegetationsarbeitenden (korrektes Tragen des individuellen Warngeräts, richtiges Verhalten nach der Warnung) ab.

Anmerkung: Zur Aufgabe des Außenpostens (Auslösen der Warnung mithilfe eines Handfunksenders) sei an dieser Stelle erwähnt, dass es sich bei Überwachungstätigkeiten (warten auf ein bestimmtes, eher seltenes Signal, um daraufhin eine erwartete Handlung zu zeigen) um monotone Arbeitsbedingungen (reizarm und eintönig) handelt, die monotone Zustände wie beispielsweise Müdigkeit mit Langeweile, eine herabgesetzte Reaktionsfähigkeit, reduzierte Aufmerksamkeit bis hin zu Dämmerphasen auslösen können. Vor diesem Hintergrund und in Verbindung mit der Sicherung von Arbeiten in einem Hochrisikobereich stellt sich grundsätzlich die Frage nach der Angemessenheit von Sicherungsmaßnahmen, deren Ausgangspunkt die manuelle Detektion von Zugfahrten beinhaltet.

2.3.2. Systemseitige Rückfallebenen

Die Warnung wird nicht nur bei herannahender Fahrt ausgelöst, sondern auch bei unberechtigtem Abnehmen bzw. nicht korrektem Tragen des Gehörschutzes¹⁶, geringer Akkukapazität der Funkempfänger (unter 30 %) oder bei Funkunterbrechungen zwischen den Systemkomponenten. Das System erfüllt das Sicherheitsintegritätslevel SIL 3.

Sprachansagen (in deutscher Sprache) im Gehörschutz informieren anlassbezogen über den jeweiligen Systemzustand.

Eine technische automatische Mannüberwachung (Totmann-Überwachung) überwacht die Vitalfunktion der Sicherheitsaufsicht¹⁷ und des Außenpostens.

¹⁶ in den Gehörschutz integrierte Trageüberwachung

¹⁷ an der Zentrale

3 Evaluationsstudie

Seit Zulassung des ZVW für die Arbeiten der schnellen Vegetationspflege ist dieses individuelle Warnsystem im Einsatz. Nicht bekannt ist, wie sich das Warnsystem in der Praxis (seit Einführung 2015) etabliert hat, welche Auswirkungen es langfristig auf die Arbeiten, die Beschäftigten (Sicherungspersonal und Vegetationsarbeitende) und die Sicherheit hat und inwieweit es sich auf andere Tätigkeiten im Gleisbereich übertragen lässt.

Diese Fragen sollten in einem gemeinsamen Projekt der FSA, BG BAU, UVB sowie der TU Chemnitz¹⁸ auf der Grundlage einer umfassenden Evaluation beantwortet werden. Hierfür wurden sowohl arbeits- und sicherheitsbezogene Aspekte zur Einschätzung und Wahrnehmung des Gesamtsystems sowie auch die Nutzerfreundlichkeit des Systems als Hinweis auf dessen Akzeptanz und somit die Tragebereitschaft des Systems betrachtet. Darüber hinaus diente die Evaluation auch als Bestandsaufnahme des Systems mit Fragen zum Ausweitungsgrad, Umsetzungsstand und zur Übertragbarkeit auf andere Tätigkeiten sowie zur Akzeptanz des Systems bei den Sicherungsfirmen, die mit dem System arbeiten. Im Rahmen der Studie wurden unterschiedliche Perspektiven berücksichtigt (Experten und Expertinnen von Sicherungsfirmen, Vegetationsarbeitende, Sicherheitsaufsichten) und qualitative sowie quantitative Methoden angewendet.

Diese Studie ist somit auch Teil eines iterativen Produktentwicklungsprozesses, im Rahmen dessen ein individuelles Warnsystem erstellt, weiterentwickelt und verbessert wird. Die Entwicklung solcher gebrauchstauglicher Systeme ist für alle Beteiligten sinnvoll: für die Anwendenden wie für die Betreibenden hinsichtlich Sicherheit, Produktivität und Zufriedenheit der Beschäftigten.

¹⁸ Das Projekt wurde durch eine Masterarbeit „Evaluation der individuellen Warnung für Tätigkeiten der Vegetationspflege. Betrachtung der Usability und arbeitsbezogener Auswirkungen“ von Frau Hanna Schade begleitet.

3.1. Projektziele und Untersuchungsaspekte

Das Hauptziel dieser Studie besteht in einer Bewertung der individuellen Warnung für die Arbeiten der schnellen Vegetationspflege hinsichtlich einer sicheren Durchführung in der Praxis (Soll-Ist Abgleich), langfristiger Risiken sowie neuer sicherheitskritischer Faktoren. Darüber hinaus soll auch die Übertragbarkeit des Systems auf andere Sicherungsunternehmen (neben DB Fahrwegdienste GmbH) sowie auf andere Tätigkeiten geprüft und bewertet werden, da seitens der DB Netz AG zunehmend der Bedarf besteht, die individuelle Warnung auf weitere Tätigkeiten auszuweiten.

3.1.1. Untersuchungsaspekt Usability und User Experience

Usability

Unter Usability versteht man *„das Ausmaß, in dem ein System, ein Produkt oder eine Dienstleistung durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen.“*¹⁹

Die Usability umfasst neben den Merkmalen der Benutzeroberflächengestaltung beispielsweise auch Aspekte, inwiefern das System auf die Aktionen der Benutzer reagiert und ob Funktionen verfügbar sind, die zur Unterstützung der (kognitiven) Aufgaben der User erforderlich sind“ (Marcilly et al., 2015, zitiert nach Schade, 2022).

Die Usability (Gebrauchstauglichkeit) ist ein Schlüsselfaktor für die Akzeptanz und Implementierung neuer Systeme. Sie nimmt Einfluss auf die Akzeptanz und steht im Zusammenhang mit Bedienfehlern, Umgehungsmöglichkeiten sowie den korrekten Gebrauch (z.B. Tragen der individuellen Warngeräte), was die Sicherheit gefährden kann (Ash, 2004; Mathews & Marc, 2017; zitiert nach Schade, 2022). Im Falle der individuellen Warnung

¹⁹ DIN EN ISO 9241-110:2020-10

sollte die Gestaltung des Systems auch die notwendigen Prozesse wie das Trageverhalten oder die Signalwahrnehmung, die für die Gefahrenreaktion erforderlich sind, in höchstem Maße fördern.

Ein gutes Maß zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit eines Systems liefert nach Schade (2022) die Überprüfung der Gestaltungsprinzipien für Mensch-Maschine-Interaktionen nach DIN EN ISO 9241-110. Für die der Studie zugrunde liegenden Fragestellungen interessieren insbesondere die Einschätzungen zur:

- Aufgabenangemessenheit

„Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es die Benutzer bei der Erledigung ihrer Aufgaben unterstützt, d. h., wenn die Bedienfunktionen und die Benutzer-System-Interaktionen auf den charakteristischen Eigenschaften der Aufgabe basieren.“²⁰

- Erwartungskonformität der Interaktion mit dem System

„Das Verhalten des interaktiven Systems ist vorhersehbar, basierend auf dem Nutzungskontext und allgemein anerkannten Konventionen in diesem Kontext.“²¹

- Robustheit gegen Benutzungsfehler

„Das interaktive System unterstützt den Benutzer beim Vermeiden von Fehlern, toleriert Benutzungsfehler im Falle von erkennbaren Fehlern und unterstützt den Benutzer bei der Fehlerbehebung.“²²

- Selbstbeschreibungsfähigkeit

„Wo immer erforderlich für den Benutzer, bietet das interaktive System angemessene Informationen an, die die Fähigkeiten des Systems und seine Nutzung unmittelbar

²⁰ DIN EN ISO 9241-110:2020-10

²¹ DIN EN ISO 9241-110:2020-10

²² DIN EN ISO 9241-110:2020-10

offensichtlich machen, ohne dass hierzu unnötige Benutzer-System-Interaktionen erforderlich werden.“²³

– Steuerbarkeit

*„Das interaktive System erlaubt es dem Benutzer, die Kontrolle über die Benutzungsschnittstelle und die Interaktionen zu behalten, einschließlich der Geschwindigkeit, Abfolge und Individualisierung der Benutzer-System-Interaktion.“*²⁴

User Experience

Für die Akzeptanz des Systems ist auch die User-Experience von Bedeutung. Hierbei handelt es sich um die mit dem Einsatz des neuen Systems einhergehenden Befürchtungen und Erwartungen der Nutzenden hinsichtlich der neuen Technologie sowie deren Bewertungen nach der Nutzung des Systems unter Realbedingungen. Die User Experience ist definiert als die *„Kombination von Wahrnehmungen und Reaktionen einer Person, die aus der tatsächlichen und/oder der erwarteten Benutzung eines Systems resultieren. Die Wahrnehmungen und Reaktionen der Benutzer umfassen sämtliche Emotionen, Vorstellungen, Vorlieben, Wahrnehmungen, Wohlbefinden oder Unbehagen, Verhaltensweisen und Leistungen, die sich vor, während und nach der Nutzung ergeben.“*²⁵

3.1.2. Untersuchungsaspekt Arbeitsbezogene Auswirkungen

Die Einführung neuer Technik (ZVW) wirkt sich auf das Arbeitssystem (Vegetationsbaustelle) und auf die im System arbeitenden Menschen (Sicherungspersonal, Vegetationsarbeitende) aus. Diese Veränderungen können positive (z.B. Arbeitserleichterung, Arbeitsfortschritt, Wahrnehmung der Warnung), aber auch negative Folgen (z.B. auf die

²³ DIN EN ISO 9241-110:2020-10

²⁴ DIN EN ISO 9241-110:2020-10

²⁵ DIN EN ISO 9241-110:2020-10

Sicherheit und Gesundheit) für die Beschäftigten haben. Angelehnt an die Checkliste der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA, 2017), die die psychische Belastung in fünf Merkmalsbereiche (Arbeitsinhalt und Arbeitsaufgabe, Arbeitsorganisation, Arbeitsumgebung, soziale Beziehungen und neue Arbeitsformen) gliedert, wurden die Merkmalsbereiche und Teilaspekte für die Studie ausgewählt, die sicherheits- und gesundheitskritische Relevanz haben:

- Merkmalsbereich Arbeitsinhalt und Arbeitsaufgabe: Information und Qualifikation

Der Aspekt Information und Qualifikation ist relevant, da Sicherheitswissen sicherheitskonformes Verhalten fördert und somit das Gefährdungspotential reduziert (Christian et al., 2009; zitiert nach Schade 2022). Für die Systemanwendenden ist es bedeutsam, alle notwendigen Informationen zur Funktionsweise und zur Bedienung des Systems zu erhalten (Schade, 2022).

- Merkmalsbereich Arbeitsorganisation: Arbeitsabläufe und Effizienz

Der Aspekt Arbeitsabläufe und Arbeitseffizienz (z. B. häufige Unterbrechungen) ist interessant, weil Arbeitsunterbrechungen nachweislich zu einer Zunahme von Verfahrensfehlern oder Unfällen führen (Westbrook et al., 2010; NHTSA, 2014; zitiert nach Schade, 2022). Nach Schade (2022) sollten folglich lang andauernde oder häufig auftretende Störungen und Unterbrechungen der Arbeitstätigkeit durch das individuelle Warnsystem vermieden werden.

- Merkmalsbereich Arbeitsumgebung: Arbeitsmittel, Ergonomie, Informationsgestaltung

Die Aspekte Arbeitsmittel (z. B. fehlende oder nicht-funktionstüchtige Arbeitsmittel), ergonomische Gestaltung sowie Informationsgestaltung (z. B. Gestaltung von Hinweisen und Signalen) sind relevant, da unsicherere Arbeitsbedingungen mit ergonomischen Problemen und der Nicht- oder Falschverwendung von persönlicher

Schutzausrüstung zusammenhängen und somit die Sicherheit von Beschäftigten gefährden können (Gharib et al., 2021; zitiert nach Schade, 2022). Nach Schade (2022) ist es daher für die körperliche und psychische Gesundheit, sowie die Arbeitssicherheit der Beschäftigten wichtig, dass genügend einsatzfähige Geräte auf den Vegetationsbaustellen zur Verfügung stehen, eine hohe physische Belastung und körperliche Beschwerden durch die Nutzung der Arbeitsmittel ausgeschlossen sind und die Systemkomponenten einen ausreichenden Tragekomfort bieten.

3.1.3. Untersuchungsaspekt Sicherheit

Dieser Aspekt soll eine Beurteilung der Sicherheit des individuellen Warnsystems im Vergleich zu anderen Sicherungsmaßnahmen ermöglichen. Hierfür interessieren einerseits das Sicherheitsempfinden der Anwendenden beim Arbeiten mit dem System sowie sicherheitsrelevante Abweichungen (Soll-Ist-Abgleich) von den Umsetzungsvoraussetzungen, die an die Anwendung des Systems gestellt wurden (z.B. funktionierende Rückfallebenen, Zuverlässigkeit der Anwendenden, Arbeiten außerhalb des Gleisbereichs, Verhalten nach der Warnung) sowie neue sicherheitskritische Aspekte, die gegebenenfalls ein Nachsteuern nötig machen.

3.2. Methode

Für die Evaluationsstudie wurden Methoden gewählt, die sowohl Hinweise zur Bewertung (summative Evaluation) als auch zur Weiterentwicklung und Optimierung des individuellen Warnsystems (formative Evaluation) liefern. Hierfür wurde ein Mixed-Methods-Ansatz gewählt, bei dem sowohl qualitative (z. B. Interviews, Online-Befragungen, beobachtende Feldstudien) als auch quantitative (z. B. Online-Fragebogen) Methoden zum Einsatz kamen. Der Mixed-Methods-Ansatz verbindet die Vorteile qualitativer

Datenerhebungen (z.B. Förderung des Verständnisses der Zusammenhänge zwischen theoretischen Überlegungen und empirischen Befunden, Erfassung der persönlichen Situation und des individuellen Erlebens der Befragten, Erheben neuer - zuvor nicht bedachter - Themen) mit denen quantitativer Datenerhebungen (z.B. Vergleichbarkeit der Daten, schnelle Verarbeitung, Lokalisieren von Ursachen potenzieller Probleme). Die folgenden Perspektiven wurden im Rahmen der Studie berücksichtigt:

- Experten und Expertinnen von Sicherungsfirmen, die mit dem System arbeiten.²⁶
- Vegetationsarbeitende, die mit dem System gesichert werden.
- Sicherungsaufsichten, die mit dem System sichern.

Konkret wurden auf Vegetationsbaustellen (Feldstudien) und im Rahmen von Online-Befragungen qualitative Befragungen im Einzel- und Gruppensetting durchgeführt. Im Rahmen der Feldstudien kamen darüber hinaus nicht-teilnehmende Beobachtungen zum Einsatz, um neben subjektiven auch objektive Daten zu sammeln. Zusätzlich erhielten die Beschäftigten eines Unternehmens die Möglichkeit, einen Online-Fragebogen mit größtenteils geschlossenen Fragen auszufüllen, da im Erhebungszeitraum der Masterarbeit keine Feldstudien oder Interviews mit den Beschäftigten dieser Firma durchgeführt werden konnten.

3.3. Durchführung und Erhebung

Da sich das ZVW zum Zeitpunkt der Erhebungen erst im praktischen Einsatz etablierte, womit im Vorfeld der Studie nicht gerechnet wurde²⁷, nutzten dieses System bis dato lediglich vier Sicherungsfirmen, was für die Erhebung eine Beschränkung durch die begrenzte Grundgesamtheit mit individueller Warnung sichernder Firmen bedeutete.

²⁶ Geschäftsführende, Schulende, Bau-/Service-sowie Einsatzleitende, erfahrene Sicherungsaufsichten

²⁷ Das Warnsystem steht seit 2015 für Arbeiten der schnellen Vegetationspflege zur Verfügung.

Die Erhebungen fanden im Zeitraum zwischen Mai 2021 und April 2022 statt. Bei drei verschiedenen Sicherungsfirmen wurden fünf beobachtende Feldstudien auf Vegetationsbaustellen (K = 5), sowie qualitative Interviews mit Experten und Expertinnen dieser Sicherungsfirmen (N = 16), mit Sicherungsaufsichten (n = 9) und Vegetationsarbeitenden durchgeführt (n = 15). In einem der Unternehmen wurde zusätzlich eine Online-Befragung durchgeführt, an der sowohl Sicherungsaufsichten als auch Vegetationsarbeitende teilnahmen. Auf diese Weise wurden Rückmeldungen von weiteren Sicherungsaufsichten (n = 6) und Vegetationsarbeitenden (n= 5) eingeholt. Bei allen befragten Sicherungsaufsichten und Vegetationsarbeitenden handelte es sich ausschließlich um männliche Personen. Nach Abschluss der Erhebungen wurden einige Personen aufgrund von Verständnisproblemen oder zu geringen Antwortraten ausgeschlossen, so dass letztlich Daten von N = 13 Sicherungsaufsichten, N = 16 Vegetationsarbeitenden sowie N = 16 Expertinnen und Experten ausgewertet werden konnten. Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der Erhebungen, Teilnehmerzahlen, ausgeschlossenen Fälle und der finalen Analytestichprobe.

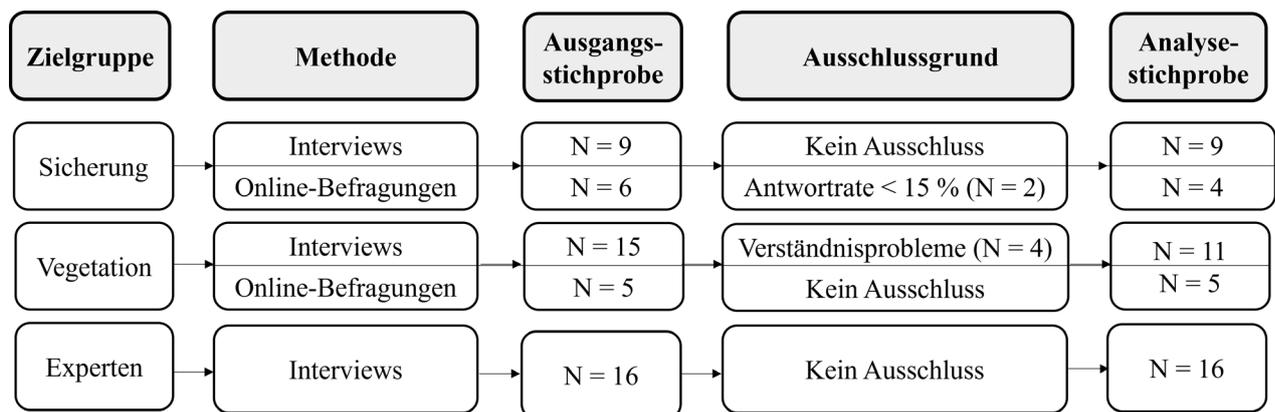


Abbildung 2: Übersicht erfolgte Erhebungen, Teilnehmerzahlen, ausgeschlossene Fälle, Analytestichprobe

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse liefern wichtige Einblicke in das Systemdesign, die Gestaltung der Interaktion mit den Anwendenden sowie in Rahmenbedingungen, die für die Akzeptanz des Systems und die sichere Umsetzung der Sicherungsmaßnahme individuelle Warnung bedeutsam sind.

Bereits vor dem ersten Einsatz verbinden die Befragten überwiegend positive Erwartungen mit dem System (Sicherheitsgewinn, Schließen der Sicherheitslücke, Entlastung der Sicherheitsaufsicht²⁸), die größtenteils im praktischen Einsatz erfüllt werden.

Insbesondere die Sicherungsunternehmen (Expertinnen und Experten sowie Sicherheitsaufsichten) sind sich einig, dass es sich bei der individuellen Warnung um die einzig sichere und praktikable Sicherungsmaßnahme für die Tätigkeiten der schnellen Vegetationspflege handelt.

Das System wird insgesamt positiv wahrgenommen, da es beispielsweise ruhigeres und flexibleres Arbeiten ermöglicht, einen größeren Arbeitsfortschritt sowie eine verbesserte Wahrnehmbarkeit, der in den persönlichen Gehörschutz integrierten Warnung, mit sich bringt. Die Bedienung des Systems wird überwiegend als unkompliziert und eindeutig beschrieben. Immer wieder kritisch angemerkt beziehungsweise als einschränkend erlebt werden dagegen Arbeitsunterbrechungen als Folge verschiedenster Störungen – verursacht durch Fehlbedienung der User oder technische bzw. Funk-Störungen des Systems.²⁹ Übung und Erfahrung im Umgang mit dem System sowie die Einweisung in das System sind die Schlüssel für einen reibungslosen, störungsfreien und sicheren Einsatz des Systems bzw.

²⁸ Sicherheitsaufsichten sollen entlastet werden, mit Uv-Sperrungen (Gleissperrung zum Schutz von Beschäftigten) arbeiten zu müssen, die aufgrund enormer Wartezeiten vor Ort nur bedingt umsetzbar sind, und die Sicherheitsaufsichten infolgedessen vor Zielkonflikte stellen.

²⁹ Im konkreten Fall der Feldstudien wurden die letztgenannten Störungen allerdings nur selten beobachtet.

dieser Sicherungsmaßnahme. Ein Hindernis in diesem Zusammenhang sind die auf Seiten der Vegetationsarbeitenden z.T. bestehenden Sprachbarrieren, die einem sicheren und störungsfreien Einsatz des Systems entgegenstehen (Schade, 2022).

Bezügliches des Tragekomforts sind die Bewegungsfreiheit für Vegetationsarbeitende und das schnelle und einfache Anlegen der Komponenten als unterstützend anzusehen. Das hohe Gewicht der von der Sicherheitsaufsicht getragenen Zentrale hingegen wird mit gesundheitlichen Auswirkungen verbunden (z.B. Rückenschmerzen). Die hierfür vorgesehene Trageunterstützung kann wegen sonstiger Arbeitskleidung und Arbeitsmittel nicht korrekt getragen werden. Die Kombination aus dem Gewicht der Zentrale und der Totmann-Überwachung führt vereinzelt zu Manipulationsversuchen an der Zentrale, mit dem Ziel der Entlastung seitens der Sicherheitsaufsichten. Auch bei den Systemkomponenten, die von den Vegetationsarbeitenden getragen werden, führen negativ empfundene Auswirkungen (z.B. Hitzeentwicklung und Schwitzen unter dem Helm, Laustärke des Warnsignals) zu Handlungen bzw. Manipulationsversuchen, die das sichere Funktionieren des Systems und somit die Sicherheit der zu Schützenden gefährden.

Im Rahmen der Feldbeobachtungen wurden weitere sicherheitskritische Aspekte und Abweichungen vom Soll-Zustand beobachtet. So fanden einige Vegetationsbaustellen im Gleisbereich statt oder es kam sowohl seitens der Vegetationsarbeitenden als auch seitens der Sicherheitsaufsichten während der Baustelle zu Aufenthalten im Gleis oder zwischen den Gleisen (im Gleisbereich). Für diese Einsätze ist das System nicht vorgesehen. In diesem Zusammenhang zeigte sich auch der „Pausenmodus“ als sicherheitskritisch, da die Vegetationsarbeitenden auch für kurze Arbeitsunterbrechungen oder um kurz den Gehörschutz abzuklappen - zum Teil auf Geheiß der Sicherheitsaufsichten – am Ort der

Arbeitsausführung Pausen beantragten und dort verblieben sind (z.B. sehr nah am Gleis).

Während dieser Zeit wurden die Vegetationsarbeitenden folglich nicht gewarnt.

Was die Eingriffsmöglichkeiten der Sicherheitsaufsichten angeht, so sind diese äußerst begrenzt (Rückfallebene). Einerseits befinden sich die Vegetationsarbeitenden nicht immer im Blickfeld bzw. in Sichtweite der Sicherheitsaufsichten und andererseits haben sie beim Auslösen der Technik bzw. beobachtetem Fehlverhalten der Vegetationsarbeitenden nur wenig Optionen einzugreifen, ohne sich selbst zu gefährden. Aus diesem Grund äußern sowohl Sicherheitsaufsichten als auch Vegetationsarbeitende zum Teil den Wunsch nach einem integrierten Sprechfunk, von dem sie sich u.a. eine erleichterte sicherheitsrelevante Kommunikation versprechen.

4.1. Praktische Implikationen

Die Ergebnisse liefern bereits erste Hinweise darauf, welche Veränderungen am System vorgenommen werden sollten, um die Bedienung zu erleichtern, die (Trage-) Akzeptanz zu verbessern sowie negative Auswirkungen auf die Arbeit und die Beschäftigten durch das System zu minimieren bzw. zu beseitigen und damit langfristig die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der schnellen Vegetationspflege zu erhöhen.

4.1.1. Fehlerquellen bei Technik und Funk

Nach Schade (2022) sind die Gestaltungsgrundsätze für die Mensch-System-Interaktion (DIN EN ISO 924-110) durch das Systemdesign überwiegend erfüllt, allerdings bestehe „*Verbesserungspotential hinsichtlich der Robustheit gegen Benutzungsfehler und der Steuerbarkeit. Viele Sicherheitsaufsichten gaben an, dass die Sicherung nicht immer stabil läuft. Einige gaben zudem an, dass Fehler nicht mit einfachen Eingaben behoben werden können.*“ Schade empfiehlt, die Ursachen für Fehler, die zu Unterbrechungen der Arbeiten

führen, durch userfreundliche Systemgestaltung zu minimieren bzw. zu beseitigen. So könnten beispielsweise Fehlercodes in Klartext auf der Zentrale angezeigt oder die Steck- und Kabelverbindungen der Akkus und Empfänger stabiler gestaltet werden. Da die Warnung per Funk übermittelt wird, sollte dieser Technik – und einer stabileren Funkverbindung - ein besonderes Interesse gelten. Von Funkunterbrechungen als Ursache von Arbeitsunterbrechungen wurde mehrfach berichtet. Eine stabile Funkverbindung steht unmittelbar im Zusammenhang mit der Akzeptanz des Systems. Nicht in allen Regionen scheint eine stabile Funkverbindung gesichert. Dies gilt es technisch zu verbessern oder zumindest bei der Sicherheitsplanung zu berücksichtigen.

4.1.2. Einweisung und Qualifikation

Eine angemessene Einweisung der Vegetationsarbeitenden in das System (mit Informationen zur Hygiene, zum Störungs-Modus, zum Beantragen einer Pause, zur Sicherheit) würde zu einer Reduzierung von Bedienfehlern und einem sorgfältigeren Umgang mit den Systemkomponenten führen sowie einen wesentlichen Beitrag zu weniger Störungen und Arbeitsunterbrechungen leisten.³⁰ Dies wird umso wichtiger, je mehr Drittfirmen mit dem System gesichert werden, die keine bis wenig Erfahrungen mit solchen Arbeiten am Gleisbereich haben, zum Teil nicht-deutschsprachig sind und bei denen nach Aussage der Befragten die Grundvoraussetzung für zuverlässiges Verhalten - nämlich ein angemessenes Sicherheitsbewusstsein bzw. eine entsprechende Sicherheitskultur - unklar sind.

Mit Blick auf die Einweisung fiel folgende Abweichung zwischen dem wahrgenommenen und dem tatsächlichen Informations- bzw. Kenntnisstand der Beteiligten auf: Sowohl Vegetationsarbeitende als auch Sicherheitsaufsichten erlebten die Einweisung als

³⁰ Die DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ liefert in § 30 (Benutzung) und 31 (Besondere Unterweisungen) Hinweise auf Themen, die auf eine entsprechende Einweisung in das individuelle Warnsystem übertragen werden können.

unkritisch. So gaben beispielsweise die Vegetationsarbeitenden an, alle notwendigen Informationen vor dem ersten Einsatz mit dem System erhalten zu haben. Gleichzeitig wurde aber von allen befragten Zielgruppen berichtet, dass die Sicherung mit dem System nur mit den Teams funktioniere, die bereits über erste Erfahrungen mit dem System verfügen oder einige Tage in Folge mit dem System arbeiteten. Außerdem fiel im Rahmen der Feldstudien auf, dass die beobachteten Einweisungen in das System äußerst knapp bzw. kurz ausfielen. Diese Abweichung zwischen wahrgenommenem und tatsächlichem Informations- bzw. Kenntnisstand der Beteiligten könnte sowohl das geringe Sicherheitsempfinden einiger befragter Vegetationsarbeitender als auch die durch Bedienfehler verursachten Störungen des Systems erklären. Eine Standardisierung der Einweisung, die im besten Falle „sprachunabhängig“ ist, könnte diese Probleme beheben. Die Einweisung sollte mindestens die Informationen erhalten, die für die Sicherung und Akzeptanz des Systems relevant sind, z.B. Informationen zur Hygiene, zur Funktionsweise bzw. Sicherheit (Fail-Safe), zum Störungs-Modus, zum Beantragen einer Pause („Pausenmodus“).

In diesem Zusammenhang spielt auch die Erfahrung bzw. Qualifikation der Sicherungsaufsichten eine entscheidende Rolle: im Umgang mit dem System geschulte bzw. erfahrene Sicherungsaufsichten zeigten sich weitaus routinierter bei der Bedienung und Fehlerbehebung als weniger geschulte bzw. erfahrene Sicherungsaufsichten. Die Einweisung bzw. Qualifikation der Sicherungsaufsichten sollte berücksichtigen, dass es sich um ein neues Sicherungssystem - sogar um eine neue Art der Sicherung (individuelle Warnung) handelt, was eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem System, aber auch mit dessen Rahmen- bzw. Einsatzbedingungen erforderlich macht. Die Einweisung bzw. Qualifikation sollte daher neben theoretischen Inhalten wie die Bedienung des Systems und den Umgang mit Fehlern, auch Handlungssicherheit im Zusammenhang mit Fehlverhalten von Vegetationsarbeitenden

(z.B. auch bei Manipulationsversuchen) und den Einsatzbedingungen des Systems vermitteln und darüber hinaus den Einsatz des Systems unter Praxisbedingen ermöglichen.

4.1.3. *Physische Auswirkungen*

Die Sicherheitsaufsichten „leiden“ unter der Belastung durch das Gewicht der Zentrale. Die vorgesehene Trageunterstützung kann aufgrund anderer mitzuführender Arbeitsmittel (auf dem Rücken kann wegen des Funkempfängers kein Rucksack getragen werden) nicht korrekt getragen werden. Das Gewicht der Zentrale könnte einerseits die Gesundheit der Sicherheitsaufsichten langfristig gefährden und andererseits in Kombination mit der teilweise als störend empfundenen Totmann-Überwachung Manipulationsversuche an der Zentrale begünstigen. Es empfiehlt sich eine arbeitsmedizinische Betrachtung, um die Belastung zu klären. Bei den befragten Sicherheitsaufsichten handelte es sich ausschließlich um Männer; die Auswirkungen auf weibliche Sicherheitsaufsichten könnten potenziell größer sein. Schade (2022) empfiehlt darüber hinaus eine Reduktion des Gewichts der Zentrale, eine funktionsfähige Trageunterstützung sowie eine Lösung für den Transport weiterer Arbeitsmittel (z.B. Ersatzakkus) zu suchen.

Auch die Vegetationsarbeitenden fühlen sich durch einige Systemkomponenten beeinträchtigt. Insbesondere das Tragen des Helmes und daraus folgende Hitzeentwicklung unter dem Helm werden kritisiert. Da es sich bei den Helmen nicht um die eigenen Helme handelt, bestehen Bedenken bezüglich der Hygiene, insbesondere im Sommer durch starkes Schwitzen - dies kann zu Akzeptanzproblemen führen. Schade (2022) empfiehlt seitens der Sicherungsfirmen, das Organisieren von Prozessen, die zu Beginn jeder Vegetationsbaustelle ausreichend saubere und desinfizierte Helme garantieren. Des Weiteren nimmt der auf dem Rücken getragene Funkempfänger den Vegetationsarbeitenden die Möglichkeit, eine kleine Trinkflasche oder ähnliches mit sich zu führen. Schade (2022) führt hierzu aus: „*Bedenkt man*

die körperlich schweren Tätigkeiten, die häufig bei hohen Temperaturen, völlig ungeschützt, in langer Arbeitskleidung und unter dem warmen Helm von den Vegetationsarbeitenden ausgeführt werden, so ist eine regelmäßige Flüssigkeitszufuhr unabdingbar. Andernfalls sind Konzentrations- und Ermüdungserscheinungen die Folge, die die Aufmerksamkeit für die Warnung sowie das Reaktionsvermögen im Gefahrenfall reduzieren und damit die Sicherheit der User gefährden. Darüber hinaus geht diese Einschränkung auch mit Akzeptanzeinbußen dem IWS gegenüber einher.“ (Schade, 2022) Schade empfiehlt, das Tragegeschirr um eine Flaschenhalterung zu erweitern.

4.1.4. Gestaltung der Signale

Bezüglich der Gestaltung der Signale (akustisch, optisch, verbal), die auf den Gefahren- und Systemzustand hinweisen, liefern die Befragungen wichtige Hinweise. Die optische Erinnerung durch blau blinkende LED-Leuchten am Visier wird nicht in jeder Situation (z.B. bei Sonneneinstrahlung, Regen oder beschlagener Brille) gut wahrgenommen. Die Vegetationsarbeitenden bemängeln dies, da das blaue Licht als angenehme „Vorwarnung“ für das laute akustische Warnsignal wahrgenommen wird. Aus der Sicherheitsperspektive betrachtet ist dieser Zustand (Nicht-Wahrnehmen der Optik) kritisch, da es sich bei dem optischen Signal um das geforderte redundante Signal handelt, welches die Wahrnehmung der Warnung erhöhen soll. Zumal bei einem anhaltenden Warnzustand auf das wiederholte Geben des Warnsignals verzichtet und der anhaltende Warnzustand lediglich durch die Optik (schnell blinkend) angezeigt wird. Nach Rücksprache mit der Hersteller-Firma könnte das Nicht-Wahrnehmen der Optik im Zusammenhang mit einem unkorrekt sitzenden Helm (und somit auch des Visiers) stehen. In jedem Fall sollte geprüft werden, inwiefern die Wahrnehmung der optischen Erinnerung gesteigert werden kann bzw. ein weiteres „Signal“

die Optik unterstützen könnte, z.B. in Form eines Hintergrundrauschens während eines andauernden Warnzustands.

Einige Vegetationsarbeitende empfinden die Warnung als zu laut bzw. zu unvermittelt. Es wird von Manipulationen zur Reduzierung der Lautstärke berichtet, was jedoch die Sicherheit der Vegetationsarbeitenden gefährdet. Da sich die Lautstärke des Warnsignals nach dem Störschall der Freischneider (als lautestes Arbeitsmittel auf Vegetationsbaustellen) richten muss, darf keine Anpassung der Lautstärke des Warnsignals vorgenommen werden. Dies wäre nur zulässig, wenn die Arbeiten bzw. das Arbeitsmittel leiser wären - dann könnte auch das Warnsignal leiser sein (z.B. automatische Pegelanpassung, Verwenden akkubetriebener Freischneider).³¹ Um künftigen Manipulationen und somit unsicheren Zuständen vorzubeugen, sollte unbedingt geprüft werden, welche Möglichkeiten zur Entlastung der Vegetationsarbeitenden (kein Erschrecken durch unvermittelte Warnung, angepasste Lautstärke) existieren.

Bezüglich der Sprachansagen gibt es seitens der Vegetationsarbeitenden keine Kritik. Es ist allerdings fraglich, ob die Sprachansagen von nicht-deutschsprachigen Vegetationsarbeitenden überhaupt verstanden werden, was nach Schade (2022) zu Verwirrung und Ratlosigkeit führen kann sowie im schlimmsten Fall Fehlverhalten nach sich zieht. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die nach dem Warnsignal gelieferten unterschiedlichen Informationen der Sprachansagen den Systemzustand „Warnung = Achtung Gefahr“ möglicherweise aufweichen. Das akustische Warnsignal wird in zwei Fällen ausgesendet:

- Es besteht Gefahr durch eine herannahende Zugfahrt (ausschließlich Warnton).

³¹ Der erforderliche Warnsignalpegel (LS) am Ohr wird ermittelt durch: $LS = LN - H/M + 3 \text{ dB(A)}$ (LN=maschineneigener Störschalpegel am Ohr, H/M=Dämmwert des Gehörschützers)

- Eine zuverlässige Warnung vor einer herannahenden Zugfahrt ist aktuell nicht möglich (Warnton und entsprechende Sprachansage).

In beiden Fällen besteht bzw. könnte dieselbe Gefahr bestehen. Der Umstand, dass für ein und dieselbe Gefahr unterschiedlich zusätzliche bzw. keine Informationen gegeben werden, könnte dazu führen, dass die Gefahr unterschiedlich eingeschätzt bzw. bewertet wird. Das sollte unbedingt durch einen eindeutigen, korrekt zuzuordnenden Warnzustand (ohne unterschiedliche Sprachansagen) vermieden werden. Damit würde man auch das Problem der Verständnisschwierigkeiten seitens nicht-deutschsprachiger Vegetationsarbeitender lösen und könnte auf die Übersetzung der Sprachansagen verzichten.

5 Fazit

Diese Studie ist Teil einer seit Jahren begleiteten Etablierung eines Sicherungssystems für Arbeiten der schnellen Vegetationspflege. Sie leistet einen konkreten Beitrag zur Optimierung eines individuellen Warnsystems und damit insgesamt zur Erhöhung der Sicherheit von Arbeitenden im Hochrisikobereich „Gleisbau“.

Im Rahmen der Evaluation wurde die individuelle Warnung als Sicherungsmaßnahme für die Tätigkeiten der schnellen Vegetationspflege hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit des Systems, der (langfristigen) Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit der Anwendenden sowie die Rahmenbedingungen und Kontexteinflüsse betrachtet. Durch die Möglichkeit der Beschäftigten, ihre Erfahrungen in die Evaluation einfließen zu lassen, wurde die Sichtweise der User konsequent berücksichtigt. Darüber hinaus sind die Ergebnisse der Studie durch mehrere Zugänge (Gespräche, Beobachtungen), verschiedene Informationsquellen (Sicherungspersonal, Vegetationsarbeitende, Expertinnen und Experten) sowie Erhebungs- und Analysemethoden (qualitativ, quantitativ) abgesichert. Aus den

Erkenntnissen lassen sich Implikationen für die Weiterentwicklung, Optimierung und Ausdehnung des Systems ableiten.

Die Evaluation hat ergeben, dass der Einsatz der individuellen Warnung (wie durch das ZVW realisiert) zur Sicherung von schnell wandernden Vegetationsbaustellen, die sich außerhalb des Gleisbereichs befinden - mit der Gefahr versehentlich in diesen zu geraten -, die optimale Sicherungsmaßnahme (verhältnismäßig, realistisch, risikominimierend) ist. Die Vorteile des Systems liegen darin, dass das Warnsignal direkt am Ohr der Beschäftigten ankommt und Wartezeiten entfallen, die seitens aller Beteiligten zu Zielkonflikten (Sicherheit vs. Arbeiten) führen.

Die Evaluation hat allerdings auch ergeben, dass das ZVW teilweise zweckentfremdet für Arbeiten im Gleisbereich eingesetzt wird. Das Gefahrenpotenzial für Arbeiten im Gleisbereich unterscheidet sich deutlich von Arbeiten, die außerhalb des Gleisbereichs stattfinden, so dass dieser Einsatz als äußerst sicherheitskritisch zu bewerten ist.

Darüber hinaus hat die Evaluation Mängel im Zusammenhang mit der Funktionsweise des Systems und dessen physische Auswirkungen auf die Beschäftigten aufgezeigt sowie Mängel im Zusammenhang mit der sicheren Durchführung des Systems, die es zu beseitigen gilt. Die folgenden Anpassungen am und im Umgang mit dem System müssen vorgenommen werden, damit die individuelle Warnung für schnell wandernde Vegetationsbaustellen außerhalb des Gleisbereichs - mit der Gefahr versehentlich in diesen zu geraten - sicher funktioniert.

(1) Anpassungen am System, die die Funktionsweise betreffen, wie den Funkempfang und die Robustheit des Systems (s. Abschnitt 4.1.1), die Gestaltung der Signale in Bezug auf die Wahrnehmbarkeit des optischen Signals, die Eindeutigkeit des Warnsignals sowie die Eindeutigkeit der Sprachansagen (s. Abschnitt 4.1.4).

- (2) Anpassungen, die die physischen Auswirkungen des Systems betreffen, wie das Gewicht der Zentrale, Einschränkungen durch einige Systemkomponenten, Manipulationen an der Zentrale zur Überbrückung der Totmann-Überwachung und Gewichtsentlastung (s. Abschnitt 4.1.3) sowie die Lautstärke des Warnsignals und damit verbundene Manipulationen (s. Abschnitt 4.1.4).
- (3) Anpassungen, die eine sichere Durchführung des Systems betreffen, wie die Einweisung und Qualifikation von Vegetationsarbeitenden und Sicherungspersonal auch unter Berücksichtigung von Sprachbarrieren (s. Abschnitt 4.1.2) sowie der „Pausenmodus“ des Systems und die Eingriffsmöglichkeiten der Sicherheitsaufsichten (s. Abschnitte 4).

Neben den aufgeführten Anpassungen sind auch die folgenden Erkenntnisse zu prüfen: Die vereinzelt Wunsche nach einem Sprechfunk für eine erleichterte Kommunikation zwischen Sicherheitsaufsicht und Vegetationsarbeitenden sowie das akustische Signal an der Zentrale haben seitens der Anwendenden praktische und sicherheitsrelevante Bedeutsamkeit, sind aber aus arbeits- und organisationspsychologischer Perspektive zu hinterfragen, da beide Funktionen Verhaltensweisen nach sich ziehen können, die neue sicherheitskritische Situationen entstehen lassen. Es könnte beispielsweise ein subjektives Sicherheitsgefühl entstehen, was objektiv nicht gegeben ist (Signal an der Zentrale entspricht nicht dem Kriterium der Wahrnehmbarkeit; über Sprechfunk vermittelte Informationen können z.B. zu Missverständnissen und somit zu unsicheren Zuständen führen). Vor diesem Hintergrund sollte das akustische Signal an der Zentrale diskutiert und grundlegend überdacht werden. Ebenfalls sind die Gründe für den Wunsch nach einem Sprechfunk näher zu beleuchten, da diese im Zusammenhang mit den Rückfallebenen bzw. Eingriffsmöglichkeiten der Sicherheitsaufsichten stehen.

Da sich das individuelle Warnsystem bereits im Einsatz befindet, sollten die Erkenntnisse der Studie und die sich daraus ableitenden Anpassungen am System sowie die Anpassungen im Rahmen der Umsetzung bzw. Durchführung der Sicherungsmaßnahme zeitnah und unter Einbindung aller Akteure diskutiert und umgesetzt werden.

6 Ausblick

Die Studie liefert neben den konkreten Optimierungshinweisen auch weitere Hinweise, die neue Fragestellungen aufwerfen bzw. weitere Forschungsimpulse liefern.

Was die Bestrebungen seitens der DB Netz AG angeht, die individuelle Warnung auf weitere Tätigkeiten auszuweiten, kann als Ergebnis dieser Studie festgehalten werden, dass es seitens der befragten Expertinnen und Experten durchaus Ideen für weitere Tätigkeiten gibt – aber auch Grenzen benannt werden. Für die infrage kommenden Tätigkeiten müssen - wie für die schnelle Vegetationspflege bereits erfolgt – Einzelbetrachtungen (z.B. Risikobetrachtungen) durchgeführt werden, um zu einer abschließenden Einschätzung zu gelangen.³² Hierbei ist der Grundsatz, dass hochwertige (verhaltensunabhängige) Sicherungsmaßnahmen stets Vorrang haben, zu beachten.

Zunächst ist es allerdings sinnvoll, die benannten Verbesserungspotenziale für die Arbeiten der schnellen Vegetationspflege umzusetzen und sich erst anschließend mit Einsatzfeldern für andere Tätigkeiten zu befassen.

Im Verlauf der Studie zeigten sich des weiteren Bestrebungen, das ZVW künftig auch für Arbeiten im Gleisbereich einzusetzen. Dies wurde teilweise mit der Zielsetzung der DB

³² Die FBBAU-002 „Anwendung der Individuellen Warnung bei Arbeiten im Bereich von Gleisen“ verweist darauf, dass es sich bei der individuellen Warnung um ein Sicherheitsverfahren handelt, das nicht im Vorschriften- und Regelwerk der Unfallversicherungsträger aufgeführt ist, und dass deswegen ein Einvernehmen mit den zuständigen Unfallversicherungsträgern herbeizuführen ist.

Netz AG *Glyphosatfreier Schienenverkehr ab 2023* begründet und forciert. Die individuelle Warnung - wie sie hier beschrieben ist - ist allerdings nicht zur Sicherung von Vegetationsarbeiten im Gleisbereich vorgesehen, sondern nur für schnell wandernde Vegetationsbaustellen außerhalb des Gleisbereichs mit der Gefahr, in diesen zu geraten. Das ist das Ergebnis einer umfassenden Gefährdungsbeurteilung und Risikobetrachtung aus den Vorgängerprojekten. Solche Betrachtungen müssten auch für die Vegetationspflege im Gleisbereich durchgeführt werden. Grundsätzlich haben sich die Unfallversicherungsträger (BG BAU, UVB) dazu bereits im November 2014 anlässlich der Sitzung des Sachgebietes „Arbeiten und Sicherungsmaßnahmen im Bereich von Gleisen“ positioniert (s. Abb. 1, S. 10). Bezüglich des künftigen Verzichts von Glyphosat zur Vegetationskontrolle könnten Alternativen der Vegetationsbeseitigung diskutiert werden, die beispielsweise einen Aufenthalt der Vegetationsarbeitenden im Gleisbereich erst gar nicht erforderlich machen (TOP-Prinzip).

Die folgenden zwei Aspekte wurden im Rahmen dieser Studie aufgeworfen, aber nicht näher betrachtet. Da sie im Zusammenhang mit der Etablierung des Systems eine wichtige Rolle spielen könnten, wird eine gesonderte Betrachtung empfohlen.

- (1) **Kosten-Nutzen Bilanz des Systems:** Neben den Anschaffungskosten verursacht das System für die Sicherungsfirmen erhöhte Kosten im Zusammenhang mit der Hygiene (z.B. Desinfektion der am Körper getragenen Komponenten und Austausch von Schaumstoffpolstern). Gleichzeitig sind die Einsätze des Systems derzeit für die Firmen noch nicht gesichert.
- (2) **Zuweisung von Verantwortlichkeiten:** Die Verantwortung verteilt sich bei dieser Sicherungsmaßnahme augenscheinlich auf mehrere Schultern (z.B. Ausrüstung stellen,

warten, tragen und sichern). Eine Abgrenzung der Schnittstellen zwischen Sicherungs- und Vegetationsfirma erscheint dringend erforderlich.

Darüber hinaus ist aus Forschungsperspektive die Frage interessant, wie eine systematisierte und Sprachbarrieren berücksichtigende Einweisung der Vegetationsarbeitenden in das System und in dessen Funktionsweise am besten gelingen kann, da sich diese als Schlüsselfaktor für sicheres und unterbrechungsfreies Arbeiten mit dem individuellen Warnsystem herausgestellt hat. Die FSA beabsichtigt in enger Kooperation mit dem Hersteller Erklärvideos (sprachunabhängig, einfache Sprache, Untertitel etc.) zu entwickeln und hinsichtlich ihrer Verständlichkeit zu prüfen.

Die Ausführungen zu den Grenzen der kognitiven Leistungsfähigkeit des Menschen im Zusammenhang mit der in Abschnitt 2.3.1 beschriebenen Aufgabe des Außenpostens, herannahende Zugfahrten manuell zu detektieren, liefern zu Zeiten des technischen Fortschritts den Anstoß über angemessene Sicherungsmaßnahmen für den Hochrisikobereich Gleisbau zu diskutieren und zu forschen.

7 Literatur

- Ash, J. S. (2004). Some unintended consequences of information technology in health care: The nature of patient care information system-related errors. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(2), 104–112.
<https://doi.org/10.1197/jamia.m1471>
- Bärenz, P., Reichelt, C. & Manteuffel, J. (2014). *Feldstudien für die schnelle Vegetationspflege mit einem akustisch individuellen Warnsystem*.
Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e.V.
- Christian, M. S., Bradley, J. C., Wallace, J. C., & Burke, M. J. (2009). Workplace safety: A meta-analysis of the roles of person and situation factors. *Journal of Applied Psychology*, 94(5), 1103–1127. <https://doi.org/10.1037/a0016172>
- Deutsches Institut für Normung (2018). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte* (DIN EN ISO 9241-11:2018-11).
- Deutsches Institut für Normung (2019). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme* (DIN EN ISO 9241-210:2019-07).
- Deutsches Institut für Normung (2020). *Ergonomie der Mensch System-Interaktion - Teil 110: Interaktionsprinzipien* (DIN EN ISO 9241-110:2020-10).
- DGUV Vorschrift 1 (2021). *Grundsätze der Prävention*.
- ERRI A 158/RP 3 Teil I (1996). *Systeme zur individuellen Warnung von Personen im Gleisbereich - Pflichtenheft für individuelle und kollektive Warnsysteme für Personen im Gleisbereich*. Utrecht.
- ERRI A 158/RP 5 (1997). *Systeme zur individuellen Warnung von Personen im Gleisbereich – Schlussbericht*.

F 06-2101 Projekt „Bestandsaufnahme und Evaluation der individuellen Warnung als Sicherungsmaßnahme gegen die Gefahren aus dem Eisenbahnbetrieb für Tätigkeiten der schnellen Vegetationspflege“ – Kurzbericht

FBBAU-002 (2020). *Anwendung der Individuellen Warnung bei Arbeiten im Bereich von Gleisen.*

GDA Psyche. (2017). *Empfehlungen zur Umsetzung der Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung.* https://www.gda-psyche.de/SharedDocs/Downloads/DE/empfehlungen-zur-umsetzung-der-gefaehrdungsbeurteilung-psychischer-belastung.pdf?__blob=publicationFile

Gharib, S., Martin, B., & Neitzel, R. L. (2021). Pilot assessment of occupational safety and health of workers in an aircraft maintenance facility. *Safety Science, 141*, 105299. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105299>

Klebelsberg, D. (1982). *Verkehrspsychologie*. Berlin: Springer

Manteuffel, J., & Bärenz, P. (2012). *Beurteilung des Einsatzes der individuellen Warnung für bestimmte Arbeitsstellen im bzw. am Gleisbereich - unter Berücksichtigung der Trageakzeptanz von individuellen Warngeräten*. Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e.V.

Marcilly, R., Ammenwerth, E., Roehrer, E., Pelayo, S., Vasseur, F., & Beuscart-Zéphir, M.-C. (2015). Usability flaws in medication alerting systems: Impact on usage and work system. *Yearbook of Medical Informatics, 10*(1), 55–67. <https://doi.org/10.15265/IY-2015-006>

Mathews, A., & Marc, D. (2017). Usability evaluation of laboratory information systems. *Journal of Pathology Informatics, 8*(1), 40. https://doi.org/10.4103/jpi.jpi_24_17

National Highway Traffic Safety Administration (2014). Visual–manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices. *Federal Register, 79*(179), 55530-55534. <https://www.federalregister.gov/documents/2014/09/16/2014-55530-55534>

21991/visual-manual-nhtsa-driver-distraction-guidelines-for-in-vehicle-electronic-devices

Satow, S. (2013). Sicherungsmaßnahmen bei Vegetationsarbeiten. *EUKDialog, 1, S.12-13.*

Schade, H. (2022). *Evaluation der individuellen Warnung für Tätigkeiten der schnellen Vegetationspflege. Betrachtung der Usability und arbeitsbezogener Auswirkungen.*

TU Chemnitz.

Zöllner Signal System Technologies (2021). Betriebsanleitung Zöllner Vegetation Warnsystem. Kiel.

Westbrook, J. I., Woods, A., Rob, M. I., Dunsmuir, W. T., & Day, R.O. (2010). Association of interruptions with an increased risk and severity of medication administration errors. *Archives of Internalmedicine, 170(8), 683–690.*

<https://doi.org/10.1001/archinternmed.2010.65>