

# Situationsbewusstsein bei Fahrdienstleitern

## Entwicklung von Methoden zur Erfassung im Elektronischen Stellwerk

BIRTE THOMAS-FRIEDRICH |  
ANJA NAUMANN | JAN GRIPPENKOVEN

**Situationsbewusstsein ist wichtig für Fahrdienstleiter (Fdl), um im Betrieb stets angemessen reagieren zu können. Insbesondere monotone Überwachungsaufgaben im Elektronischen Stellwerk (ESTW) können jedoch Einbußen im Situationsbewusstsein zur Folge haben. Wenn dann Fdl im Falle einer Störung durch ein mangelndes Situationsbewusstsein nicht schnell und effizient reagieren können, so kann dies im schlimmsten Fall zu kritischen Betriebsituationen führen. Um Gegenmaßnahmen zu entwickeln, mit denen Situationsbewusstseinsmängeln begegnet werden kann, ist es notwendig, das Situationsbewusstsein von Fdl genauer zu untersuchen. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) entwickelt folglich Methoden, um das Situationsbewusstsein von Fdl umfassend zu analysieren.**

Fahrdienstleiter (Fdl) sind ein essentieller Bestandteil eines funktionierenden Bahnsystems. Als Teil des Infrastrukturmanagements sind sie vor allem verantwortlich für die sichere und pünktliche Durchführung von Zugfahrten sowohl im Regelbetrieb als auch im Fall von betrieblichen Unregelmäßigkeiten. Fdl müssen den Bahnverkehr in ihrem Verantwortungsbereich überwachen, gegebenenfalls Zugfahrten durch das Einstellen von Fahrstraßen die Zustimmung zur Fahrt erteilen und schnell, effizient und sicher auf betriebliche Unregelmäßigkeiten reagieren. Um diese Aufgaben erfüllen zu können, ist es für Fdl wichtig, zu jedem Zeitpunkt einen umfassenden Überblick über die aktuelle betriebliche Situation zu haben. Dazu müssen Fdl alle wichtigen Informationen in der Arbeitsumgebung wahrnehmen, diese verstehen und die zukünftige Entwicklung der Betriebsituation

antizipieren. Diese Anforderungen können unter dem Begriff Situationsbewusstsein [1] zusammengefasst werden (Abb. 1). Haben Fdl ein gutes Situationsbewusstsein, sind sie in der Lage, den Betrieb souverän zu steuern und in kritischen Situationen angemessen zu reagieren [2]. Ein eingeschränktes Situationsbewusstsein kann hingegen zu Leistungseinbußen führen [3]. Situationsbewusstsein ist in hochsicheren Systemen wie dem Bahnbetrieb folglich von hoher Bedeutung für Fdl.

### Einflüsse auf das Situationsbewusstsein bei Fahrdienstleitern

Das Situationsbewusstsein von Fdl kann durch verschiedene Faktoren in der Arbeitsumgebung und Arbeitsorganisation beeinflusst werden. Zum einen kann eine zu hohe Arbeitsbelastung zu einem schlechten Situationsbewusstsein führen [4], allerdings kann auch eine Unterbelastung bzw. Monotonie der Aufgabe negative Auswirkungen auf das Situationsbewusstsein haben. Insbesondere Überwachungsaufgaben, die über längere Zeit eine passive Überwachung ohne aktive Eingriffe erfordern, können Einschränkungen des Situationsbewusstseins zur Folge haben [5 und 6]. Vor allem der negative Einfluss einer Unterbelastung auf das Situationsbewusstsein und infolgedessen Leistungseinbußen lassen sich bei passiven Überwachungsaufgaben bei Fdl vermuten. Dieser Sachverhalt wird im folgenden Abschnitt näher erläutert.

Im modernsten Stellwerktyp, dem ESTW (Abb. 2), kontrollieren und überwachen Fdl ihren Verantwortungsbereich mithilfe einer abstrakten, digitalen Darstellung ihres Verantwortungsbereichs auf bis zu acht Monitoren. Die Tätigkeiten der Fdl variieren dabei unter anderem dadurch, ob eine Automatisierung in Form der Zuglenkung im Stellwerk implementiert und aktiviert ist. Ohne die Zuglenkung autorisieren Fdl alle Zugbewegungen über das Einstellen von Fahrstraßen; mit Zuglenkung

übernimmt diese Aufgabe das System. Den Fdl obliegt dann die Aufgabe der Überwachung des Systems. Diese passive Überwachungsaufgabe mit selten erforderlichem aktivem Eingreifen kann zu Unterforderung und Monotonie führen. Sowohl Monotonie als auch Unterforderung haben negative Auswirkungen auf das Situationsbewusstsein, das heißt Fdl nehmen nicht mehr alle wichtigen Umgebungsinformationen wahr, verstehen diese nicht korrekt oder schätzen die Weiterentwicklung einer Situation falsch ein [2 und 7]. Dies kann im ungünstigsten Fall zu kritischen Betriebsituationen führen, zum Beispiel wenn ein Fdl bei einer Störung schnell und effizient eingreifen müsste, dazu aber durch ein mangelhaftes Bild der aktuellen Betriebsituation nicht in der Lage ist.

Das Problem von Unterforderung, Monotonie und daraus folgendem schlechtem Situationsbewusstsein ist nicht nur ein Problem für Fdl, die in ESTW arbeiten. Gerade in kleinen Stellwerken anderer Bauformen mit einem sehr geringen Verkehrsaufkommen kann der geringe Anteil aktiver Aufgaben zu einer starken Unterforderung und sogar Langeweile bei den Mitarbeitern führen. Es kann dann vorkommen, dass Menschen ihre aus der Monotonie resultierende Langeweile durch Nebentätigkeiten zu kompensieren versuchen, die nichts mit ihrer eigentlichen Aufgabe zu tun haben, um sich auf diese Weise aktiviert zu halten [2].

Insgesamt lässt sich feststellen, dass multiple Faktoren der Arbeitsplatzgestaltung am Arbeitsplatz des Fdl – nicht nur im ESTW – das Situationsbewusstsein von Fdl negativ beeinflussen können. Es stellt sich die Frage, mit welchen Maßnahmen diesem potenziell sicherheitskritischen Umstand begegnet werden kann. Um Maßnahmen zu identifizieren, die das Situationsbewusstsein von Fdl unterstützen würden, ist es notwendig, eine Messmethode zu entwickeln, mit der das Situationsbewusstsein von Fdl untersucht werden kann. Mithilfe dieser Methode wird

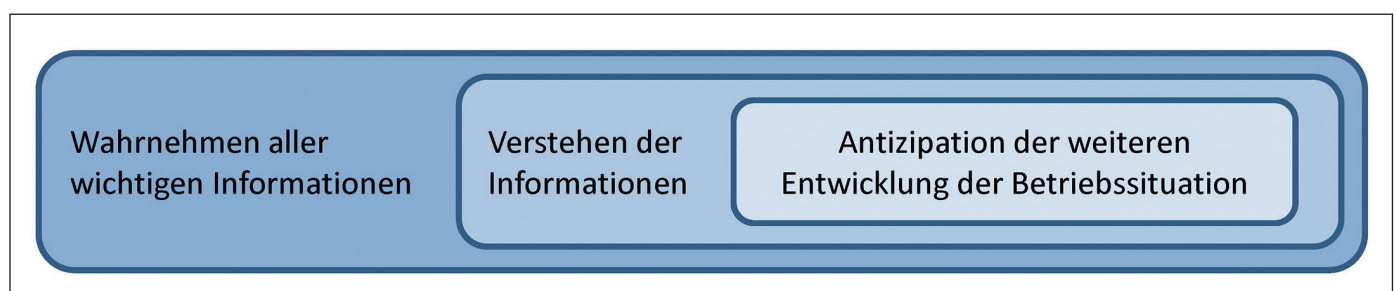


Abb. 1: Schematische Darstellung des Situationsbewusstseins nach Endsley [1]

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DLR /  
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
genehmigt von DVV Media Group, 2018.



Abb. 2: Der Arbeitsplatz des Fahrdienstleiters im elektronischen Stellwerk (Darstellung der Simulation Best)

es möglich, zu identifizieren, an welchen Stellen das Situationsbewusstsein von Fdl bei monotonen Aufgaben insbesondere leidet. Das heißt, es kann festgestellt werden, welche Informationen in der Arbeitsumgebung von Fdl nicht mehr ins Situationsbewusstsein aufgenommen und nicht aus dem Gedächtnis abgerufen werden können. Aufbauend auf dieser Erkenntnis können Maßnahmen entwickelt werden, um genau in Bezug auf diese Informationen das Situationsbewusstsein der Fdl zu unterstützen. Maßnahmen könnten sich dabei zum Beispiel auf die Gestal-

tung der Bedienoberfläche im ESTW, auf die allgemeine Gestaltung von Arbeitsprozessen oder auf die Entwicklung von Situationsbewusstseinsstrainings beziehen. Eine Messmethode für das Situationsbewusstsein ist zudem notwendig, um entwickelte Maßnahmen zur Unterstützung des Situationsbewusstseins in Bezug auf ihre Wirksamkeit zu evaluieren. Im Folgenden wird die Entwicklung einer Erhebungsmethode für das Situationsbewusstsein von Fdl des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) dargestellt.

#### Auswahl des Erhebungsverfahrens für Situationsbewusstsein

Um das Situationsbewusstsein von Fdl speziell im deutschen Eisenbahnbetrieb zu untersuchen, bedarf es zunächst einer geeigneten Erhebungsmethode. Situationsbewusstsein kann direkt und indirekt erhoben werden. Indirekte Erhebungsmethoden basieren auf der Erfassung von Indikatoren für das Situationsbewusstsein, wie zum Beispiel der Leistung von Fdl. Auch bestimmte Verhaltensweisen (zum Beispiel das Zurücknehmen von Be-



Besuchen Sie uns auf der **InnoTrans 2018**  
18.–21. September in Berlin, Halle 25, Stand 218

**EXPERTS BY EXPERIENCE**  
[www.rail-ps.com](http://www.rail-ps.com)

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DLR /  
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
genehmigt von DVV Media Group, 2018.

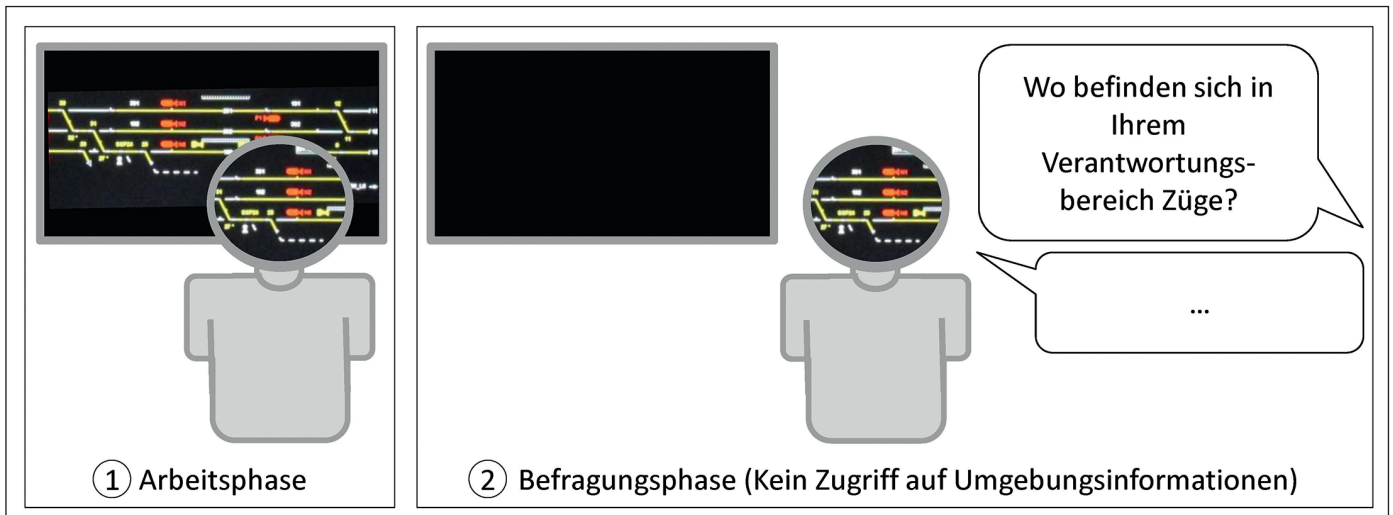


Abb. 3: Funktionsweise der Erhebungsmethode SAGAT

dienhandlungen) oder physiologische Daten (zum Beispiel Blickdaten) können als indirekte Indikatoren herangezogen werden. Über die Erfassung von Indikatoren lassen sich jedoch keine Kenntnisse über die Ausprägung und Inhalte des Situationsbewusstseins direkt gewinnen. Das Ziel des DLR ist jedoch insbesondere, herauszufinden, bei welcher Art der Informationen potenziell Situationsbewusstseinsmängel auftreten, um so genau für diese Informationen Unterstützungsmaßnahmen zu entwickeln. Infolgedessen war es notwendig, eine Methode zur direkten Erfassung des Situationsbewusstseins auszuwählen. Eine direkte Erfassung des Situationsbewusstseins kann entweder objektiv durch Testfragen oder subjektiv durch eine eigene Einschätzung erfolgen. Bei der subjektiven Erhebung wird entweder eine Einschätzung des Fdl über das eigene Situationsbewusstsein erfasst, oder ein Experte beurteilt als Beobachter das Situationsbewusstsein. Für die Erfassung des subjektiven Situationsbewusstseins aus Sicht des Fdl wurde vom DLR ein Fragebogen zum subjektiven Situationsbewusstsein aus dem Englischen übersetzt (Mission Awareness Rating Scale, [14]). Dieser Fragebogen wurde bereits in Studien zur Erfassung des Situationsbewusstseins von Fdl eingesetzt [9 und 10].

Allerdings liefert auch die subjektive Erfassung des Situationsbewusstseins keine Informationen über die Inhalte des Situationsbewusstseins. Zu diesem Zweck muss das Situationsbewusstsein mithilfe einer objektiven Erfassungsmethode untersucht werden. Bei der objektiven Erhebung ist das Ziel eine objektive, vergleichbare Aussage über die Ausprägung des Situationsbewusstseins. Eine der anerkanntesten objektiven Erfassungsmethoden des Situationsbewusstseins ist die Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT; [8]), ursprünglich entwickelt für den Einsatz in der Luftfahrt. In den wenigen bereits erfolgten internationalen Studien, bei denen das Situationsbewusstsein von Fdl untersucht

wurde, wurden Erhebungsverfahren eingesetzt, die in Anlehnung an die Methode SAGAT entwickelt wurden [9, 10, 11, 12, 13]. Allerdings lassen sich diese durch Unterschiede in den Betriebsabläufen nicht vollständig auf den Einsatz in Deutschland übertragen. Für das vom DLR entwickelte Erhebungsverfahren wurde folglich eine Methode in Anlehnung an SAGAT neu entwickelt.

Die Methode SAGAT beruht auf der Annahme, dass das Wissen, das für das Situationsbewusstsein im Kontext einer Arbeitsaufgabe wichtig ist, vom Mitarbeiter abrufbar im Gedächtnis gespeichert wird. Bei der Arbeitsaufgabe von Fdl wäre derartiges Wissen beispielsweise die Positionen der Züge in ihrem Verantwortungsbereich. Für ein gutes Situationsbewusstsein sollten sich Fdl also diese Information (zu finden auf den Monitoren des ESTW) merken und in der Lage sein, sie aus ihrem Gedächtnis abzurufen, auch ohne Blick auf ihre Monitore. Welches Wissen ein Fdl im Gedächtnis gespeichert hat und ohne Zugriff auf die Informationsdarstellung in der Arbeitsumgebung wiedergeben kann, soll mit der Methode SAGAT überprüft werden. Dazu werden dem zu befragenden Fdl nach einer Arbeitsphase alle Informationen aus der Arbeitsumgebung entzogen. Das heißt, die Monitore werden zum Beispiel schwarz geschaltet. In der Folge werden Fragen zu Informationen gestellt, die wichtig für das Situationsbewusstsein sind. Je größer die Anzahl der Fragen ist, die der Fdl richtig beantworten kann, desto besser ist das Situationsbewusstsein zu beurteilen. Das Prinzip der Methode SAGAT ist auch in Abb. 3 dargestellt. Da bei dieser Methode dem Fdl während der Befragung zum Situationsbewusstsein die Informationen der Monitore in seiner Arbeitsumgebung entzogen werden, sollte die Methode in einer Betriebssimulation eingesetzt werden. So können sich teilnehmende Fdl problemlos von ihrer Arbeitsumgebung abwenden, ohne dass daraus eine reale Gefahr resultieren kann.

### Entwicklung des Erhebungsverfahrens für Situationsbewusstsein

Im Folgenden wird dargestellt, wie eine Erhebungsmethode für das Situationsbewusstsein angelehnt an die Methode SAGAT vom DLR entwickelt wurde. In einem ersten Schritt wurde festgestellt, welche Informationen für ein gutes Situationsbewusstsein für Fdl notwendig sind. Zu diesem Zweck wurde gemeinsam mit Fdl eine ausführliche Aufgabenanalyse durchgeführt (für eine genaue Beschreibung siehe [15]). Aufbauend auf den Ergebnissen der Aufgabenanalyse wurden Fragen für das Erhebungsverfahren entwickelt. Der Fokus lag hier auf der Aufgabe der Fdl im ESTW, es ist aber denkbar, die Erhebungsmethode mit leichten Anpassungen auch auf andere Stellwerkstypen zu übertragen.

### Erhebung des Situationsbewusstseins mit dem entwickelten Verfahren

Soll das Situationsbewusstsein mithilfe der entwickelten Methode erfasst werden, so beginnt der teilnehmende Fdl mit der regulären Bearbeitung eines betrieblichen Szenarios. Zu einem ihm nicht vorher bekannten Zeitpunkt wird der Fdl gebeten, seine Arbeit zu unterbrechen und sich von den Bildschirmen in der Arbeitsumgebung abzuwenden, sodass die Arbeitsoberfläche nicht mehr sichtbar ist. Alternativ werden die Bildschirme schwarz geschaltet. Daraufhin erhält der teilnehmende Fdl einen Fragebogen mit einer Auswahl der entwickelten Fragen. Die Fragen beziehen sich zum Beispiel auf die Positionen der Züge im Verantwortungsbereich, die Zugnummern dieser Züge oder auf die Prognose, ob die Züge ihren nächsten Zielort pünktlich erreichen werden. Ergänzend beziehen sich einige Fragen auf das Vorhandensein von Störungen im Verantwortungsbereich. Jede Frage wird schriftlich beantwortet. Einige Fragen werden dabei im Multiple-Choice-Format präsentiert. Andere Fragen werden unter Nutzung einer Darstellung der Infrastruktur des Verantwortungsbereichs ent-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DLR /  
Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
genehmigt von DVV Media Group, 2018.

sprechend der Darstellung im ESTW beantwortet. Beispielsweise soll der Teilnehmer in diese Darstellung des Verantwortungsbereichs die Züge an den korrekten Positionen eintragen. Nach Beendigung des Fragebogens kann dieser ausgewertet werden – je mehr Fragen der Teilnehmer korrekt beantwortet hat, desto besser ist dessen Situationsbewusstsein. Zudem kann festgestellt werden, welche Informationen der Fdl ohne Zugriff auf die Informationen aus der Arbeitsumgebung wiedergeben konnte, das heißt, welche Informationen im Gedächtnis gespeichert waren. Informationen, die der Fdl nicht wiedergeben konnte, waren folglich nicht als Teil des Situationsbewusstseins im Gedächtnis gespeichert. Bei diesen Informationen wäre dann ein Ansatzpunkt für die ergänzende Unterstützung des Situationsbewusstseins.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend ist Situationsbewusstsein wichtig für Fdl, um in jeder Betriebssituation in der Lage zu sein, angemessen zu reagieren. Insbesondere monotone Überwachungsaufgaben bei Einsatz der Zuglenkung können jedoch Einbußen im Situationsbewusstsein zur Folge haben. Wenn dann Fdl im Falle einer Störung durch ein mangelndes Situationsbewusstsein nicht schnell und effizient reagieren können, so kann dies im schlimmsten Fall zu kritischen Betriebssituationen führen. Um diesem potenziell sicherheitskritischen Umstand zu begegnen, ist es zunächst wichtig, das Situationsbewusstsein von Fdl besser zu verstehen. Zu diesem Zweck hat das DLR eine Erhebungsmethode für das Situationsbewusstsein von Fahrdienstleitern entwickelt. Die Methode lässt sich in verschiedenen Betriebssituationen im simulierten Betrieb einsetzen. Auf diese Weise lassen sich Erkenntnisse über das Situationsbewusstsein von Fdl unter unterschiedlichen Voraussetzungen gewinnen. Insbesondere ist es das Ziel, Informationen zu identifizieren, die von Fdl nicht im Situationsbewusstsein gespeichert werden und so in entscheidenden Betriebssituationen nicht ohne ein Suchen in der Arbeitsumgebung aus

dem Gedächtnis abgerufen werden können. Wurden diese Informationen identifiziert, so ermöglicht dies die Entwicklung von konkreten, informationsspezifischen Maßnahmen zur Unterstützung des Situationsbewusstseins der Fdl. Durch einen Einsatz in verschiedenen Betriebssituationen lassen sich zudem externe Faktoren feststellen, die das Situationsbewusstsein fördern oder behindern, zum Beispiel die Gestaltung unterschiedlicher Bedienoberflächen oder der Einsatz von Automation. Insgesamt können so durch die Untersuchung des Situationsbewusstseins von Fdl mithilfe des hier vorgestellten Verfahrens Erkenntnisse gewonnen werden, die die Leistung von Fdl zukünftig unterstützen und sicherstellen können.

### QUELLEN

- [1] Endsley, M. R. (1995): Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, *Human Factors*, 37, S. 32–64
- [2] Thomas, B.; Grippenkov, J.: Situationsbewusstsein bei Fahrdienstleitern im ESTW, *Deine Bahn*, 11/2016, S. 32–35
- [3] Endsley, M. R.: A taxonomy of situation awareness errors, *Human factors in aviation operations*, 3(2), 1995, S. 287–292
- [4] Endsley, M. R.; Rodgers, M. D.: Situation awareness information requirements for en route air traffic control, DOT/FAA/AM – 94/27, Washington, DC: US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 1994
- [5] Parasuraman, R.; Sheridan, T. B.; Wickens, C. D.: Situation Awareness, Mental Workload, and Trust in Automation: Viable, Empirically Supported Cognitive Engineering Constructs. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2/2008, S. 140–160
- [6] Durso, F. T.; Hackworth, C. A.; Truitt, T. R.; Crutchfield, J.; Nikolic, D.; Manning, C. A.: Situation awareness as a predictor of performance in en route air traffic controllers, *Air Traffic Control Quarterly*, 6/1998, S. 1–20
- [7] Fischer, K.; Brünger, J.; Wäfler, T.; Grossenbacher, P.; Zwahlen, P.; Gärtner, K.; Zimmermann, J.: Automatisierung in der Zugverkehrsleitung der Schweizerischen Bundesbahnen – Arbeitspsychologische Gestaltungserfordernisse; in: Dokumentation des 60. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses – Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft (S. 31–33), Dortmund: GfA-Press, 2014
- [8] Endsley, M. R.: Situation awareness global assessment technique (SAGAT); in: Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference (NAECON) (pp. 789–795), New York: IEEE Press, 1988
- [9] Lo, J. C.; Sehic, E.; Meijer, S. A.: Explicit or implicit situation awareness? Situation awareness measurements of train traffic controllers in a monitoring mode; in: Proceedings of the Conference on Engineering psychology and cognitive ergonomics (pp. 511–521), Berlin: Springer International Publishing, 2014
- [10] Lo, J. C.; Sehic, E.; Brookhuis, K. A.; Meijer, S. A.: Explicit or implicit situation awareness? Measuring the situation awareness of train traffic controllers, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 43/2016, S. 325–338
- [11] Golightly, D.; Balfe, N.; Sharples, S.; Lowe, E.: Measuring situation awareness in rail signaling; in: Wilson, J. R.; Mills, A.; Clarke, T.; Rajan, J.; Dadashi, N. (eds.): *Rail Human Factors around the World* (pp. 361–369), Leiden: CRC Press, 2012

- [12] Lindner, T.: Entwicklung einer Methodik zur Erfassung des Situationsbewusstseins an Arbeitsplätzen in elektronischen Stellwerken und Betriebszentralen, Dissertation, Braunschweig: Technische Universität Carolo-Wilhelmina, 2015
- [13] Wilson, J. R.; Cordiner, L. A.; Nichols, S. C.; Norton, L.; Bristol, N.; Clarke, T.; Roberts, S.: On the right track: Systematic implementation of ergonomics in railway network control, *Cognition, Technology & Work*, 3/2001, S. 238–252
- [14] Matthews, M. D.; Beal, S. A.: Assessing situation awareness in field training exercises, Orlando, FL: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 2002
- [15] Thomas-Friedrich, B.; Grippenkov, J.; Naumann, A. (2018): Development of a Situation Awareness Assessment Tool for Rail Signalers; in: *Advances in Human Aspects of Transportation*, pp. 917–928, Heidelberg: Springer



**Birte Thomas-Friedrich, M.Sc.**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
birte.thomas@dlr.de



**Dr. Anja Naumann**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
anja.naumann@dlr.de



**Jan Grippenkov, M.Sc.**  
Leiter der Gruppe Tätigkeitsanalyse  
und Bewertung  
jan.grippenkov@dlr.de

Alle Autoren:  
Deutsches Zentrum für Luft-  
und Raumfahrt e.V. (DLR),  
Institut für Verkehrssystemtechnik,  
Braunschweig und Berlin

**FIP SYSTEMS®**

FULL IP PROTECTION  
IP68-IP67-IP69-IP69K

## FRÄNKISCHE INDUSTRIAL PIPES

### Zuverlässig und sicher unterwegs mit FIPSYSTEMS®

Unser Produktportfolio umfasst zertifizierte Produkte für Anwendungen im und am Zug sowie im Gleisbettbereich und in Infrastruktur. Wir bieten zuverlässige, innovative Kabelschutzlösungen mit höchstem Schutzgrad. Beispielsweise sind die FIPLOCK® ONE T- und Y-Verteiler die ersten am Markt, die die höchste Schutzklasse IP69 erfüllen. Nutzen Sie die Gelegenheit und besuchen Sie uns auf der diesjährigen Innotrans in Berlin. Überzeugen Sie sich persönlich von unserem vielseitigen und innovativen Produktsortiment für die Bahntechnik:

18. – 21.09.2018: Innotrans Berlin Halle 15.1, Stand 217 und Halle 26, Stand 221 Swissrail



www.fipsystems.com