

BIA-Report 8/2004

**Ergonomische Gestaltung
von Betriebsanleitungen**

oder:

Tod im Motorenwerk



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Verfasser: Emmanuelle Brun, Dietmar Reinert
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA
Sankt Augustin

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA
Alte Heerstr. 111, D-53754 Sankt Augustin
Telefon: +49 / 02241 / 231 – 01
Telefax: +49 / 02241 / 231 – 1333
Internet: www.hvbg.de
2. korrigierte Auflage Dezember 2004

ISBN: 3-88383-679-6

ISSN: 0173-0387

Ergonomische Gestaltung von Betriebsanleitungen

oder:

Tod im Motorenwerk

Kurzfassung

Der Report stellt die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens zur ergonomischen Gestaltung von Betriebsanleitungen sicherheitstechnischer Arbeitsmittel in der unkonventionellen Form eines Kriminalromans dar. Dieser Kriminalroman bringt dem Leser beispielhaft die technischen Inhalte einer komplexen rechnergesteuerten berührungslos wirkenden Schutzeinrichtung, des Laserscanners, nahe. Dabei wird auf die eigentlichen Forschungsergebnisse im Romantext verwiesen: ein Medienpaket bestehend aus einem Übersichtsplakat mit den wichtigsten sicherheitstechnischen Hinweisen, einem kurzen Video zum Thema und einer Musterbetriebsanleitung, die die Benutzung von Laserscannern mit dem unkonventionellen Mittel der Comics beschreibt. Ob der Leser die Besonderheiten des technischen Produktes Laserscanner verstanden hat, kann er gegen Ende des Krimis mit einem Kreuzworträtsel überprüfen. Nur, wenn er dabei erfolgreich ist, erhält er ein Passwort, mit dem das letzte Kapitel des Romans und damit die Auflösung im Internet heruntergeladen werden kann. Das Medienpaket wurde in einer Befragung kommerzieller Nutzer von Laserscannern evaluiert. Das Ergebnis der Evaluation wird dargestellt. Nicht jedes Unternehmen wird die Mittel haben, unkonventionelle Wege zu beschreiten. Schon mit einfachen Mitteln können Betriebsanleitungen aber wesentlich verbessert werden. Dazu werden viele nützliche Hinweise und eine Checkliste zur Überprüfung erstellter Anleitungen geboten.

Ergonomic design of user guides

or:

Death in the engine plant

Abstract

The report presents the results of a research project of the ergonomic design of user guides for safety-related work equipment in the unconventional form of a thriller novel. The thriller novel explains the technical aspects of a complex, computer-controlled, electro-sensitive protective device, a laser scanner serving as an example. The text of the novel refers to the actual results of the research: a media pack, comprising a poster showing an overview of the most important safety instructions, a short video on the subject and a sample user guide describing the use of laser scanners through the unconventional medium of comics. The reader can assess whether he or she has understood the particular features of the technical product, the laser scanner, at the end of the novel by completing a crossword puzzle. Only by completing the crossword puzzle successfully can the user obtain a password by which he or she can download the last chapter of the novel from the Internet and learn the solution to the mystery. The media pack was evaluated in a survey of commercial users of laser scanners. The evaluation results are reported. Not every company will have the resources to find unconventional solutions. User guides can, however, be improved even by means of quite simple resources. Many useful tips and a checklist for review of completed instructions are also provided.

Présentation ergonomique des notices d'utilisation

ou

Mort à l'usine

Résumé

Ce rapport présente sous la forme inhabituelle d'un roman policier les résultats d'un projet de recherche consacré à la réalisation de manuels d'utilisation ergonomiques pour les systèmes techniques de sécurité. Ce roman permet au lecteur de se familiariser avec un système complexe de protection sans contact piloté par ordinateur, le scrutateur laser. Le rapport contient également les résultats mêmes du projet de recherche : une pochette multimédia composée d'un poster et d'une vidéo récapitulant les principales consignes de sécurité pour l'emploi d'un scrutateur laser ainsi que d'un manuel d'utilisation modèle sous la forme peu conventionnelle d'une bande dessinée. Pour savoir s'il a bien compris les particularités du scrutateur, le lecteur peut tester ses connaissances à la fin du roman au moyen de mots croisés. Seulement s'il parvient à remplir la grille correctement, celui-ci accède à un mot de passe avec lequel il peut télécharger sur internet le dernier chapitre du roman et obtenir ainsi la solution de l'énigme policière. La pochette multimédia a fait l'objet d'une enquête auprès d'utilisateurs de scrutateurs laser dans l'industrie. Les résultats de l'évaluation sont présentés. Toutes les entreprises n'auront pas les moyens d'emprunter cette voie originale. Par contre, il existe des outils simples qui permettent d'améliorer considérablement déjà les manuels d'utilisation techniques. À cet effet, le rapport propose de nombreux conseils pratiques et une check-liste permettant de contrôler la qualité des manuels d'utilisation réalisés.

Diseño ergonómico de instrucciones de servicio

o

Muerte en la fábrica de motores

Resumen

El Report presenta los resultados de un proyecto de investigación, relativo al diseño ergonómico de instrucciones de servicio para equipos de trabajo en razón a la seguridad técnica, en una forma poco usual: A manera de una novela policíaca. Al leer la novela policíaca el lector se adentra, a manera de ejemplo, a los detalles técnicos del mundo de un dispositivo de protección asistido por ordenador que actúa sin contacto de un analizador láser. El texto de la novela hace referencia a los resultados de investigación propiamente dichos: Un paquete informativo conformado por un afiche ilustrativo, que contiene las indicaciones más importantes en materia de seguridad técnica, un breve video sobre la temática y una instrucción de servicio modelo, la cual describe la utilización de analizadores láser – también de manera poco usual – a manera de tebeo. El lector podrá verificar, en la parte final de la novela policíaca, si entendió las particularidades del analizador láser, mediante un crucigrama. Solamente, si logra llenar el crucigrama correctamente recibirá la contraseña que le permitirá descargar del Internet el último capítulo de la novela y con ello conocer el desenlace de la misma. El paquete informativo fue evaluado en el marco de una encuesta realizada con usuarios comerciales de analizadores láser. No todas las empresas dispondrán de los recursos para emprender caminos poco convencionales. Sin embargo, no se requieren necesariamente medios muy sofisticados para mejorar considerablemente instrucciones de servicio. Para ello, se brindan muchas indicaciones útiles y se presenta una lista de chequeo para evaluar instrucciones redactadas.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. *Michael Krzeminski*, den Studenten des Wintersemesters 2002/2003 des Studiengangs Technikjournalismus, die an dem Projekt mitgearbeitet haben,

Frau Dipl.-Übers. *Ina Neitzner*, Herrn Dipl.-Ing. *Thomas Bömer*, Herrn Dr. *Karlheinz Meffert*, Frau *Marianne Pelz*, Frau *Marlies Werkmeister*, Herrn Dr. *Ralf Michaelis* und Frau Dr. *Birgitta Reinert* für die zahlreichen konstruktiven Hinweise bei der Ausarbeitung der Kriminalgeschichte,

Frau Dr. *Veronika Rüther-Weiß*, Herrn *Justo Pulido* und der Firma Sick, dort besonders Herrn *Torsten Rapp*, für die aktive Begleitung des Projektes.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	11
Tod im Motorenwerk – Personen	15
1 Ein ungewöhnlicher Unfall	17
2 Erste Zweifel an der Unfallthese	28
3 Eine fehlerhaft programmierte Schutzeinrichtung als Unfallursache	42
4 Hinweise aus der Betriebsanleitung	63
5 Gespräch mit einem Technikjournalisten	72
6 Ein wichtiger Hinweis bringt die Wende	79
7 Des Rätsels Lösung	84
8 Padbergs Triumph	101
Anhang 1: Plakat aus dem Medienpaket	115
Anhang 2: Kriterien für eine verständliche Betriebsanleitung	116
Anhang 3: Mit einfachen Mittel zu einer benutzerfreundlichen Betriebsanleitung	118
Anhang 4: Ergebnis der Validierung des Medienpakets	132
Anhang 5: Fragebogen zur Validierung des Medienpakets	145
Anhang 6: Musterbetriebsanleitung	153
Literaturverzeichnis	154



Vorwort

Der vorliegende Report schließt ein Forschungsvorhaben zur ergonomischen Gestaltung von Betriebsanleitungen komplexer Systeme ab, das vom Fachausschuss Druck und Papierverarbeitung initiiert wurde. Gemeinsam mit Prof. Dr. *Michael Krzeminski* vom Studiengang Technikjournalismus des Fachbereiches Maschinenbau, Elektrotechnik, Technikjournalismus der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg wurden Konzepte erarbeitet, um Betriebsanleitungen so zu gestalten, dass sie von den Nutzern auch gelesen werden. Die Vorschläge basieren auf einer Analyse vorhandener Betriebsanleitungen und verschiedener Normen zu diesem Thema. Zusätzlich stellt dieser Report unkonventionelle Möglichkeiten der Gestaltung von Betriebsanleitungen vor und erprobt sie an einem konkreten Beispiel. Dazu gehört unter anderem ein Medienpaket, bestehend aus einem Plakat, einer kleinen Videosequenz sowie der ansprechenderen Gestaltung eines Teils einer Betriebsanleitung für einen Laserscanner. Der Laserscanner wurde als Beispiel ausgewählt, weil der Anlass für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens einige Beinaheunfälle beim Einsatz von Laserscannern waren, die durch ungenügende Kenntnis der Betriebsanleitung verursacht wurden.

Abbildung 1 (siehe Seite 13) erläutert bereits in einer unkonventionellen Form das eigentliche Ziel des Forschungsvorhabens. Die neuen Gestaltungsbeispiele in einer Musterbetriebsanleitung für Laserscanner finden sich in Anhang 6. In Anhang 3 sind eine Kurzbeschreibung mit Minimalregeln für die Erstellung einer ergonomischen Betriebsanleitung sowie eine auf dieser Kurzbeschreibung aufbauenden Checkliste für die Überprüfung von Betriebsanleitungen abgedruckt. Mit etwas Disziplin kann man sich ohne zusätzlichen Kostenaufwand an diese Regeln halten, sodass sie sich gerade für kleine Unternehmen, die keine eigene Dokumentationsabteilung haben, anbieten.

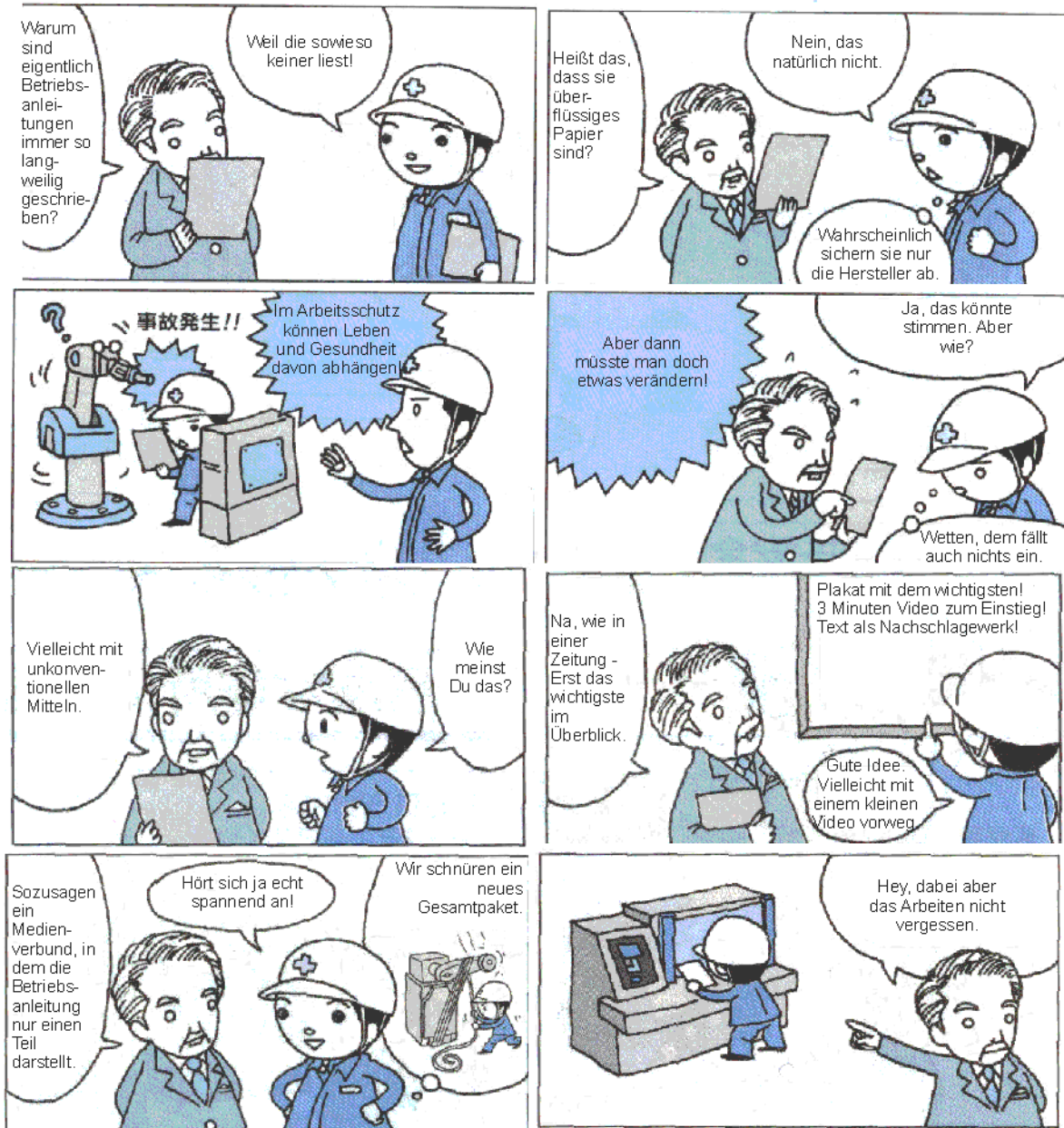
Im Laufe des Vorhabens wurde der Slogan geboren: Betriebsanleitungen – spannend wie ein Krimi. Es liegt deshalb nahe, die eigentlichen Forschungsergebnisse durch einen Kriminalroman zu veranschaulichen. Dazu wurde eine Unfallsituation mit einem fahrerlosen Transportfahrzeug (FTF) konstruiert, das mit einem Laserscanner



abgesichert ist. Eine unkonventionelle Beschreibung der Laserscanner-Technik – ganz im Sinne der Projektergebnisse – hilft schließlich, den Unfall aufzuklären. Alle Namen in dieser Geschichte und die Handlungen sind frei erfunden und der konstruierte Fall wäre mit keinem der heute auf dem Markt befindlichen Laserscannersysteme in der im Roman beschriebenen Form möglich. Der Fall erläutert aber, meist in Dialogform, die Besonderheiten dieser komplexen Sicherheitseinrichtungen und veranschaulicht damit, wie Betriebsanleitungen oder zumindest ergänzende Informationen zu Betriebsanleitungen in der Tat ähnlich spannend gestaltet werden können wie ein Kriminalroman.



Abbildung 1:
Comic zur Verbesserung von Betriebsanleitungen [1]





Tod im Motorenwerk

Personen

Hans-Jörg Baumann	Elektroingenieur im Zentralinstitut für Arbeitsschutz
Dr. Klaus Brandt	Leiter der Entwicklungsabteilung in der Scholz AG, Tübingen
Norbert Brenner	Aufsichtsbeamter im Staatlichen Amt für Arbeitsschutz
Dr. Frank Dengler	Abteilungsleiter im Zentralinstitut für Arbeitsschutz
Heinz Engels	Leiter des Fachausschusses Flurförderzeuge
Herbert Fassbender, Eberhard Möller, Hans Rabe	Angestellte in der Fa. Paschke, zuständig für die Betreuung von FTF
Lothar Genten	Prüfer im Zentralinstitut für Arbeitsschutz
Richard Görtz	stellvertretender Werkleiter bei der Fa. Paschke
Peter Hartmann	Gruppenleiter in der Scholz AG, Hersteller von Laserscannern
Dieter Herschel, Karlheinz Peters, Harald Sommer	betreiben gemeinsam eine Beraterfirma zu Laserscannern (Fa. Laserschutz), früher Mitarbeiter bei der Scholz AG
Ernst Huth	Inspektor bei der Mordkommission der Kripo Aachen
Robert Jansen, Michael Nagel, Norbert Traub	früher Mitarbeiter bei der Fa. Paschke, wurden von Laufenberg entlassen und sind zurzeit arbeitslos
Prof. Michael Kremer	lehrt Technikjournalismus an der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg
Karin Laufenberg	Ehefrau von Rolf Laufenberg
Rolf Laufenberg	Werkleiter bei der Fa. Paschke (Unfallopfer)
Dr. Josef Menden	Leiter des Zentralinstitutes für Arbeitsschutz
Anton Nolden	Mitarbeiter bei der Fa. Paschke



Rainer Padberg	Kommissar bei der Mordkommission der Kripo Aachen
Volker Riedel	Leiter des Referates Schutzeinrichtungen im Zentralinstitut für Arbeitsschutz
Walter Schmidt	Mitarbeiter bei der Fa. Paschke
Christiane Schmitt	Technische Aufsichtsbeamtin
Anton Schöler	Geschäftsführer der gleichnamigen Firma, baut Schwerlast-FTF
Manfred Schulz	Sicherheitsingenieur bei der Fa. Paschke
Tanja Sommer	Sekretärin von Laufenberg
Heinz Ullrich	Polizeihauptwachmeister
Gisela Vianden	Freundin von Michael Nagel



1 Ein ungewöhnlicher Unfall

Es war an einem nebeligen Novembertag. Dr. Volker Riedel, Leiter des Referates Schutzeinrichtungen im Zentralinstitut für Arbeitsschutz in Bonn, saß gerade in einer Firmenbesprechung, als seine Sekretärin in den Besprechungsraum kam und Riedel auf einen wichtigen Telefonanruf einer Berufsgenossenschaft hinwies. Am Telefon war Heinz Engels, der Leiter des Fachausschusses Flurförderzeuge.

„Guten Morgen, Herr Engels! Wie kann ich Ihnen helfen?“

„Guten Morgen, Herr Dr. Riedel. Wir hatten heute Morgen um 6:24 Uhr einen tödlichen Unfall im Motorenwerk der Paschke AG in Aachen. Der Werkleiter wurde von einem Schwerlast-FTF¹ überfahren und tödlich verletzt. Dieses Fahrzeug ist, wie Sie wissen, mit einem von Ihnen geprüften Laserscanner der Firma Scholz ausgestattet. Es hat heute Morgen ein erstes Treffen zwischen dem technischen Aufsichtsdienst und dem Staatlichen Amt für Arbeitsschutz gegeben, und wir waren uns alle einig, dass Sie die Unfalluntersuchung durchführen sollen.“

Riedel, dem der Schreck in die Knochen gefahren war, bemühte sich um Ruhe: „Ich danke Ihnen für Ihren Anruf, Herr Engels. Selbstverständlich sind wir an einer derartigen Untersuchung sehr interessiert. Nach meinem Kenntnisstand ist dies der erste Unfall mit einem Laserscanner überhaupt.“

„Das Fahrzeug war schwer beladen und wog etwa 10 Tonnen. Sie können sich vorstellen, wie der Verunfallte ausgesehen hat. Er war kaum noch zu erkennen. Wann könnten Sie sich das Fahrzeug ansehen?“

„Tja, Herr Engels, es ist jetzt ja schon 16 Uhr, und ich bin gerade noch in einer Firmenbesprechung. Wenn es erforderlich ist, könnten wir so gegen 18 Uhr in Aachen sein.“

¹ FTF steht für Fahrerloses Transportfahrzeug und meint ein Fahrzeug, das ohne Fahrer mit einer Geschwindigkeit von bis zu 6 km/h auf festgelegten Routen auf Firmengeländen verkehrt.



„Danke für das Angebot, Herr Dr. Riedel, aber es reicht völlig aus, wenn wir uns morgen an der Unfallstelle treffen.“

„Okay, dann sind wir morgen gegen 9 Uhr in Aachen. Bei wem sollen wir uns dort melden?“

„Ich schicke Ihnen gleich per Fax eine Anfahrtsbeschreibung. Ansprechpartner im Betrieb Paschke ist Herr Richard Görtz. Er ist der stellvertretende Werkleiter. Die technische Aufsichtsbeamtin, Frau Christiane Schmitt, wird ebenfalls dort sein und Sie über alles informieren.“

„Danke“, Riedel musste sich räuspern, um fortfahren zu können, „ich bringe Baumann mit. Wie Sie wissen, hat der den Scanner ja damals geprüft.“

„Machen Sie sich nicht zu viele Gedanken, Herr Dr. Riedel. Es steht absolut nicht fest, ob der Scanner die Ursache ist. Es kann genauso gut ein Problem mit der Steuerung des fahrerlosen Transportfahrzeugs sein. Aber da kennen Sie sich ja auch bestens aus. Also, viel Erfolg morgen! Und halten Sie mich auf dem Laufenden!“

Riedel brauchte einen Moment, um die Nachricht zu verdauen. Ein Unfall mit einem Laserscanner. Das war sein Albtraum seit fünf Jahren. Er selbst hatte diese neue Technik gegen Widerstände der verschiedenen Institutionen im Arbeitsschutz eingeführt. Zum ersten Mal wurde nur der Lichtreflex einer Person genutzt, um ihre Anwesenheit in einem Gefahrenbereich nachzuweisen. Durch ein umfangreiches Versuchsprogramm und die jahrelange Arbeit mit mehreren Herstellern war nun gewährleistet, dass die Beine von Personen in einem Abstand von bis zu sechs Metern sicher erkannt werden konnten, unabhängig von Farbe und Stoffstruktur der Hose. Riedel war gespannt darauf, welche Bekleidung der Werkleiter heute Morgen getragen hatte.

Bewaffnet mit Probekörpern, wie sie bei der Prüfung verwendet wurden, einem Haufen elektrischer Messgeräte und der neuesten Digitalkamera machten sich Riedel und Baumann am nächsten Morgen um 7:30 Uhr mit dem Dienstwagen auf den Weg in Richtung Avantis-Businesspark Aachen. Das Motorenwerk Paschke war für die beiden ein altbekannter Kunde. Der Werkleiter, Rolf Laufenberg, hatte zusammen mit der



Scholz AG, dem Hersteller des Laserscanners, Pionierarbeit geleistet. Er hatte erreicht, dass Schwerlast-Fahrerlose-Transportfahrzeuge, in Fachkreisen kurz Schwerlast-FTF genannt, die auch im Außenbereich eingesetzt wurden und sich mit immerhin sechs Kilometer in der Stunde ohne Fahrer fortbewegten, mit Laserscannern ausgerüstet im Motorenwerk kommissionierten. Bereits vor fünf Jahren waren die ersten Fahrzeuge in Betrieb genommen worden – und dies war nicht zuletzt der Mitwirkung des Zentralinstitutes zu verdanken. Nach einer Pilotphase von etwa einem Jahr erfolgte die Freigabe durch das Zentralinstitut. Dass dieser Pionier nun ein Opfer seiner eigenen Technik geworden war, hatte Riedel eine schlaflose Nacht bereitet. Dabei wusste er wenig über den ums Leben gekommenen Werkleiter Laufenberg: War er verheiratet? Hatte er Kinder?

Hans-Jörg Baumann arbeitete seit 1986 im Zentralinstitut. Er war Elektrotechnikingenieur und beschäftigte sich seit Anfang der 90er-Jahre intensiv mit der sicherheitstechnischen Gestaltung von Laserscannern. Als Leiter eines internationalen Arbeitskreises hatte er sogar erreicht, dass die sicherheitstechnischen Grundsätze für Laserscanner Bestandteil einer weltweiten IEC-Norm wurden. Für ihn war es schlicht undenkbar, dass der Laserscanner diesen schrecklichen Unfall verursacht haben sollte.

Riedel fuhr über die A 555 auf die A 4 Richtung Aachen. Der promovierte Physiker, der in der Regel recht gesprächig war, schien heute Morgen nachdenklich, ja richtig wortkarg zu sein.

„Und, haben Sie eine erste Idee, Herr Dr. Riedel“, fragte Baumann nach einer Weile, um das Schweigen zu brechen.

„Ich habe mir schon die ganze Nacht den Kopf zerbrochen, wie das passiert sein kann. Auf dem Parcours gab es, soviel ich weiß, keine reflektierenden Gegenstände, die die Detektionssicherheit des Scanners hätten beeinflussen können. Sicher, der Scanner ist schon älter, aber es sind doch alle erdenklichen Überwachungsmaßnahmen eingebaut. Ich kann mir eigentlich nur vorstellen, dass die Steuerung des Fahrzeugs das Problem darstellt.“



„Na, wir werden sehen“, sagte Baumann. „Bei einem derartig dramatischen Unfall können abgenutzte Bremsbeläge ja kaum die Ursache sein. Vielleicht haben irgendwelche elektromagnetischen Störungen dazu geführt, dass die Fahrzeugsteuerung gesponnen hat.“

„Sie wissen ja, dass auch in der Fahrzeugsteuerung ein redundantes System eingebaut ist. Da hätten schon beide Rechner auf einmal aussteigen müssen. Wenn das wirklich der Fall war, finden wir die Ursache nie.“

„Vielleicht ist ja auch manipuliert worden.“

„Na, das werden wir ja sicherlich vor Ort feststellen können“, entgegnete Riedel. „Sie haben doch das Notebook eingepackt, mit dem wir das Schutzfeld des Scanners einlesen können?“

„Klar, Chef. Das gehört bei den Geräten dazu, wie Papier und Bleistift im Büro.“

Um 8:55 Uhr hielten die beiden vor dem Werk Paschke, Tor West. Die technische Aufsichtsbeamtin, Frau Schmitt, war auch soeben eingetroffen.

„Guten Morgen! Sie müssen Dr. Riedel sein“, begrüßte sie Frau Schmitt. „Seien Sie froh, dass Sie gestern nicht hier waren! Das war die unangenehmste Unfallaufnahme, die ich je durchgeführt habe. Die Leiche war ziemlich entstellt.“

„Um diesen Job beneide ich Sie wirklich nicht“, entgegnete Riedel. „Obwohl, das können Sie mir glauben, sehr wohl ist uns beiden in unserer Haut heute auch nicht. Wenn das wirklich ein technisches Versagen war, ist es gar nicht auszudenken, was das an Konsequenzen nach sich zieht.“

Frau Schmitt skizzierte kurz den gestrigen Tag.

„Das ist wirklich tragisch. Ich habe Laufenberg durch meine Kontakte zum Werk gekannt. Wissen Sie, ob er eine Familie hinterlässt?“, fragte Riedel.

„Laufenberg war verheiratet, hatte aber keine Kinder“, antwortete Frau Schmitt.



Riedel schnappte sich die Probekörper und seine Aktentasche, während Baumann das Notebook mitnahm. So bewaffnet betraten sie den Besprechungsraum im Werk Paschke. Es herrschte eine gedrückte Stimmung, als sie einander begrüßten. Es war die übliche Besetzung bei einer Unfalluntersuchung: der stellvertretende Werkleiter, Richard Görtz, der Schichtleiter der Schicht gestern Morgen, Anton Nolden, der Mitarbeiter, der zuerst an der Unfallstelle war, Walter Schmidt, der Sicherheitsingenieur des Betriebes, Manfred Schulz, ein Vertreter des Staatlichen Amtes für Arbeitsschutz, Norbert Brenner, und je ein Vertreter der Staatsanwaltschaft und der Polizei, die aber erst gegen 9:30 Uhr dazustießen.

Görtz fasste die Ereignisse des Unfalltages noch einmal kurz zusammen: Gegen 6:30 Uhr war im Außenbereich eigentlich nicht viel los gewesen. Schmidt war gerade auf dem Weg von Halle A nach Halle B, als er plötzlich einen Schrei hörte. Er eilte in die Richtung, aus der der Schrei kam, und sah sofort, was passiert war: Das voll beladene Schwerlast-FTF war inzwischen zu einem Not-Stopp gekommen. Es hatte eine Person überrollt, die blutüberströmt unter dem Fahrzeug lag. Schmidt eilte zum Verletzten und erkannte, dass es sich um den Werkleiter Rolf Laufenberg handelte. Als er die schweren Verletzungen sah, gab er sofort über Funk – den er routinemäßig bei sich trug, weil er auf wechselnden Arbeitsplätzen eingesetzt wurde – eine entsprechende Notruf-Meldung ab. Der Werksnotarzt, der innerhalb weniger Minuten zur Stelle war, konnte nur noch den Tod von Laufenberg feststellen.

„Laufenberg muss auf der Stelle tot gewesen sein“, sagte Schmidt leise und niedergeschlagen. „Ich habe in den letzten 30 Jahren schon einiges an Verletzungen gesehen, aber ein derartiger Unfall ist hier noch nie vorgekommen.“

„Wie konnte es überhaupt zu dieser Kollision kommen?“, fragte Baumann.

„Na ja“, entgegnete Schichtleiter Nolden. „Sie wissen doch, Laufenberg war der absolute Technikfreak hier im Werk. Er hat diese vollautomatischen Systeme eingeführt und sie aus Gründen, die keiner von uns so richtig verstand, regelmäßig selbst getestet. Mindestens einmal in der Woche, meistens morgens, wenn nicht so viel Stress war, ist er in den Fahrweg eines der beiden Schwerlast-FTF getreten und hat ausprobiert, ob



sie ihre Geschwindigkeit noch ordnungsgemäß reduzierten. Natürlich hat er es nie bis zu einer Notbremsung kommen lassen. Aber er wollte halt wissen, ob die Scanner und die Fahrzeugregelungen überhaupt noch vernünftig funktionieren.“

„Tja, und gestern Morgen“, ergänzte der stellvertretende Werkleiter Görtz, „hat wohl etwas nicht richtig funktioniert und so ist Laufenberg seiner eigenen Technik zum Opfer gefallen.“

„Ist das Fahrzeug seit gestern bewegt worden?“, fragte Riedel.

„Nein, nach dem Unfall haben wir den gesamten Bereich stillgelegt und wir haben deshalb heute große Probleme, die Produktion doch noch einigermaßen aufrecht zu erhalten. In der Nähe der Unfallstelle ist alles abgesperrt. Das Fahrzeug befindet sich noch genau an derselben Stelle wie gestern.“

„Hat Laufenberg sich in der letzten Zeit über irgendwelche Unregelmäßigkeiten am Fahrzeug geäußert oder haben Sie Probleme während des Betriebs festgestellt?“, wollte Baumann wissen.

„Ich weiß, dass Laufenberg vor kurzem die Bremsen hat auswechseln lassen. Aber das war wohl mehr eine Routinewartung“, antwortete Nolden.

„Na, dann lassen Sie uns das mal vor Ort ansehen, meine Herren“, schlug Riedel vor. „Die gesamten Schaltungsunterlagen des Fahrzeugs haben wir mitgebracht, oder hat sich in der letzten Zeit an der Steuerung noch etwas geändert?“

„Alle Änderungen wurden dokumentiert und sind Ihnen zugeleitet worden und, soviel ich weiß, auch von Ihnen freigegeben worden“, antwortete Görtz. „Aber davon können Sie sich ja selbst vor Ort überzeugen.“

Draußen waren noch die Spuren des gestrigen Tages zu sehen. Die Stelle, an der Laufenberg nach dem Unfall gelegen hatte, war auf dem Boden markiert. Blutlachen waren mit Sand abgestreut worden. Vor der Kollision war im Fahrzeug offensichtlich ein Not-Stopp ausgelöst worden. Dieser Not-Stopp kam nur viel zu spät und konnte



nicht verhindern, dass Laufenberg unter die Vorderräder des Fahrzeugs kam und dabei tödlich verletzt wurde.

Mit der Digitalkamera dokumentierten Baumann und Riedel zunächst die Situation. Dazu gehörten neben der Untersuchung der Frontscheibe auf Verschmutzung oder Beschädigung selbstverständlich auch die gesamte Anbringung des Scanners und die Verkabelung innerhalb des Fahrzeugs. Daraufhin wurde das Fahrzeug eingeschaltet. Der Scanner schaltete in den normalen Überwachungszustand und Baumann überprüfte dessen Funktionalität mithilfe des Probekörpers. Das einprogrammierte Schutzfeld entsprach nach diesen Messungen aller Wahrscheinlichkeit nach den vorliegenden Dokumentationen. Baumann und Riedel war jedoch klar, dass allein mit einem Probekörper die exakten Grenzen des Schutzfeldes nicht festgestellt werden können. Dies liegt in der komplizierten Technik des Laserscanners begründet. Bei einem Laserscanner handelt es sich um eine Einrichtung, die die Laufzeit von reflektierten Lichtimpulsen misst, das heißt, kleinste Signale und kürzeste Zeitspannen. Die Lichtimpulse werden vom Gerät selbst ausgesendet und von einem Objekt im Schutzfeld, wie z. B. dem Probekörper, diffus zurückgestreut. Nur ein winziger Bruchteil des ausgesendeten Lichtes erreicht so nach etwa drei Nanosekunden den Empfänger des Scanners. Aus der Stellung des sich 25-mal in der Sekunde drehenden Drehspiegels in der Schutzeinrichtung und der Laufzeit des Lichtes vom Sender bis zum Empfänger wird dann auf die Position des Probekörpers in der Ebene geschlossen. Da das zurückgestreute Signal aber so winzig klein ist, werden die Signale in einem Grenzbereich von etwa 20 bis 30 Zentimetern am Rand des Schutzfeldes unterschiedlichen Entfernungen zugeordnet. Im Randbereich ist das Schutzfeld eines derartigen Laserscanners also ziemlich unscharf.

„Wir müssen das Schutzfeld in jedem Fall Punkt für Punkt auslesen, um es im Detail überprüfen zu können“, sagte Riedel. „Aber nach den ersten Untersuchungen mit dem Probekörper scheint es keine Unregelmäßigkeiten im Schutzfeld zu geben. Der Scanner spricht auch ordnungsgemäß an und leitet die Signale in die Steuerung, die ebenfalls korrekt arbeitet. Ob es ein Problem mit dem Abbremsvorgang gibt, können wir nur gemeinsam mit dem Hersteller des Schwerlast-FTF untersuchen. Ich würde



empfehlen, das Unfallfahrzeug zur Firma Schöler bringen zu lassen, die ja auch hier in Aachen sitzt. Die haben einen großen Parcours, auf dem wir dann gemeinsame Versuche zur Dynamik machen können.“

„Gab es zum Zeitpunkt des Unfalls irgendwelche reflektierenden Gegenstände in der Nähe des Unfallortes?“, wollte Baumann wissen.

„Also – am Unfallort haben wir überhaupt nichts verändert“, entgegnete Nolden.

„Welche Kleidung hat Laufenberg gestern getragen?“

„Hm, Sie stellen vielleicht Fragen“, überlegte Schmidt. „Nach dem Unfall war das kaum noch zu erkennen. Vielleicht kann Ihnen Polizeihauptwachtmeister Ullrich da helfen.“

Herr Ullrich hatte den Unfall nicht selber aufgenommen, versprach aber, sich bei Riedel zu melden.

Nach zwei Stunden war die erste Untersuchung abgeschlossen und dokumentiert. Ein wenig erleichtert kehrten Baumann und Riedel in den Besprechungsraum zurück.

„Tja, liebe Frau Schmitt, meine Herren, die erste Untersuchung hat zumindest keinen Hinweis auf ein technisches Versagen ergeben“, eröffnete Riedel die Abschlussbesprechung. „Aber Genaueres werden wir erst wissen, wenn wir die dynamischen Untersuchungen bei Schöler gemacht haben. Ich werde mich gleich morgen mit Herrn Schöler in Verbindung setzen und mit ihm einen Termin vereinbaren. Ich hoffe, er wird das Fahrzeug schon morgen hier abholen können. Soviel ich weiß, ist hier ein geeignetes Ersatzfahrzeug vorhanden. Da es zurzeit nicht nach einem grundsätzlichen Problem mit dem Laserscanner oder der Fahrzeugsteuerung aussieht, können Sie aus meiner Sicht den Betrieb morgen im Notbetrieb mit Fahrer wieder aufnehmen“, schloss Riedel seine erste Analyse ab.

„Ich bitte Sie, uns schnellstmöglich wieder den Normalbetrieb zu erlauben“, antwortete Görtz. „Natürlich erst, wenn Ihre Untersuchungen abgeschlossen sind.“



„Wir werden unser Bestes tun“, gab Baumann zurück. „Ich denke, nächste Woche wissen wir schon mehr.“

„Ach, bevor ich es vergesse“, sagte Riedel, „bei uns war gestern recht nebeliges Wetter. Wie war das denn hier zum Zeitpunkt des Unfalls?“

„Ein typischer Novembertag“, antwortete Schmidt. „Um 6:30 Uhr war es natürlich noch dunkel. Wir hatten zwar keinen richtigen Nebel, aber die Luft war doch ziemlich feucht.“

„Danke“, antwortete Riedel, und an die technische Aufsichtsbeamtin Schmitt gewandt sagte er: „Sie bekommen einen ersten Vorbericht in den nächsten Tagen und den abschließenden Untersuchungsbericht, sobald wir unsere Versuche bei Schöler durchgeführt haben.“

„Danke, meine Herren“, antwortete Frau Schmitt.

Zum Schluss meldete sich Norbert Brenner vom Staatlichen Amt für Arbeitsschutz: „Also, meine Herren, so ganz wohl ist mir ja nach dieser ersten Analyse nicht. Da wird gestern jemand totgefahren und Sie finden keine Erklärung dafür. Trotzdem möchten Sie den Betrieb mit dem Schwerlast-FTF, wenn auch unter Auflagen, morgen Nachmittag wieder freigeben. Ich weiß nicht so recht, was ich davon halten soll.“

„Herr Brenner“, antwortete Riedel, „von dieser Art Laserscannern sind täglich mehr als 100 000 im Einsatz und das seit über sieben Jahren. Wenn es also hier wirklich ein technisches Problem gegeben hat, dann liegt die Ursache sehr wahrscheinlich in der Fahrzeugsteuerung, die wir heute nicht im Detail untersuchen konnten, und das Fahrzeug ziehen wir ja schließlich aus dem Verkehr. Insofern teile ich Ihre Bedenken nicht ganz.“

„Okay, wenn die Herren vom Zentralinstitut das so sehen, dann werden wir vom Amt für Arbeitsschutz wohl nicht umhin können, den Betrieb ab morgen Nachmittag im Notbetrieb und mit Fahrerbesetzung wieder freizugeben. Aber ich bitte Sie, mir Ihre erste Einschätzung morgen früh schriftlich per Fax zu übermitteln.“



„Kein Problem“, antwortete Riedel.

Auf der Heimfahrt waren Riedel und Baumann recht gesprächig. „Es ist wie so oft“, sagte Baumann, „solche Unfälle lassen sich nicht reproduzieren und sind kaum zu erklären.“

„Vielleicht müssen wir uns den Laserscanner noch einmal im Labor ansehen“, entgegnete Riedel. „Es könnte natürlich sein, dass einige der redundanten Überwachungsmaßnahmen ausgefallen sind und es dadurch zu einer Störung gekommen ist.“

„Vielleicht sollten wir erst einmal die Untersuchungen bei Schöler abwarten. Immerhin kann der Fehler ja noch beim Abbremsen aufgetreten sein.“

„Das glaube ich kaum. Da überwachen sich zwei Prozessoren gegenseitig, und beide habe ich heute durchgemessen. Ein Fehler ist da nahezu ausgeschlossen. Es könnte natürlich sein, dass es mit der Regelung ein Problem gibt, aber das werden wir demnächst wissen.“

Wieder in Bonn angekommen, erfuhr Riedel, dass sich Polizeihauptwachtmeister Ullrich bereits gemeldet hatte: Laufenberg hatte am Dienstagmorgen eine schwarze Breitkordhose und ein kariertes Flanellhemd mit einem dünnen Schurwollpullover getragen. Riedel informierte auf der Stelle Baumann und den Prüfer Lothar Genten.

„Es ist wie immer bei Unfällen“, begann Riedel das Gespräch. „Es muss schon eine Verkettung vieler ungünstiger Umstände geben, bevor es zu einem Unfall kommt.“

„Schwarzer Breitkord und diesiges Novemberwetter“, wiederholte Prüfer Genten, „ein Glück, dass wir diese Situationen damals im Labor berücksichtigt haben.“

„Natürlich ist das nicht die Erklärung für den Unfall“, entgegnete Baumann, „aber wir müssen davon ausgehen, dass Laufenberg innerhalb des Schutzfeldüberstandes nicht erkannt werden konnte.“

Der Schutzfeldüberstand beschreibt den Bereich des Schutzfeldes eines Laserscanners, in dem eine Erkennung nicht sicher gewährleistet ist. Da der Laserscanner ein



messendes Gerät ist und die reflektierten Signale vom Objekt sehr klein sind, kann ein Objekt im Randbereich nicht eindeutig einer festen Entfernung zugeordnet werden. Deshalb wird dem eigentlichen Schutzfeld eines Laserscanners ein so genannter Schutzfeldüberstand sozusagen als Sicherheitspuffer hinzugefügt. Bei einer schwarzen Breitkordhose muss man davon ausgehen, dass der gesamte Schutzfeldüberstand benötigt wird, bevor das Objekt erkannt werden kann. Ungünstige Bedingungen, wie ein gealterter Laser im Laserscanner und nebelige Außenbedingungen, sind bereits in den Schutzfeldüberstand mit eingerechnet. Auch in diesem ungünstigsten Fall kann das Fahrzeug noch sicher reagieren.

„Erstmal sehen wir uns die Hardware gründlich an“, warf Riedel ein, „und dann sollten wir Montagmorgen versuchen, die ungünstigen Bedingungen am Unfallort im Labor zu simulieren, indem wir den Scanner kurz vor seine Abschaltchwelle setzen.“

Diese Schwelle wurde festgelegt, um eine zu starke Alterung des Gerätes durch technische Maßnahmen im Gerät rechtzeitig festzustellen und in diesem Fall Fahrzeug oder Maschine in den sicheren Zustand zu setzen. Mit einem Laserscanner, der unterhalb der Abschaltchwelle arbeitet, kann keine Maschine mehr betrieben werden. Er muss durch ein neues Gerät ausgewechselt werden. Kurz oberhalb dieser Schwelle liegt ein Gerät mit maximaler Alterung, also den ungünstigsten Bedingungen vor.

Unter genau diesen Bedingungen wollten Baumann und Prüfer Genten das Gerät in der kommenden Woche systematisch untersuchen.



2 Erste Zweifel an der Unfallthese

Anton Schöler, Geschäftsführer der gleichnamigen Firma, hatte bereits von dem schweren Unfall mit dem in seiner Firma gebauten Schwerlast-FTF gehört. Inzwischen waren 20 derartige Fahrzeuge bei unterschiedlichen Automobilherstellern im Einsatz. Nach den üblichen anfänglichen Kinderkrankheiten im Betrieb liefen die Fahrzeuge in den letzten drei bis vier Jahren ohne größere Probleme. Selbstverständlich konnten sie aufgrund des Funktionsprinzips des Laserscanners bei stärkerem Regen oder Schnee im Außenbereich nicht ohne Fahrer eingesetzt werden. Für diesen Fall hatten sich alle Betreiber eine Handsteuerung in die Schwerlast-FTF einbauen lassen, sodass die Fahrzeuge mit einem Fahrzeugführer weiter betrieben werden konnten.

Als vor fast zehn Jahren die ersten Anwenderfirmen nach einer fahrerlosen Navigation von Schwerlast-FTF fragten, musste Schöler ein entsprechendes Testgelände errichten. Hier konnte man die Fahrzeuge bis auf Maximalgeschwindigkeit beschleunigen und die dynamischen Vorgänge bei einem Abbremsvorgang genau studieren.

Nachdem Schöler von Görtz und Riedel informiert worden war, begab er sich am zweiten Tag nach dem Unfall zum Unfallort. Eine erste Untersuchung bestätigte, was bereits Riedel und Baumann herausgefunden hatten: Das Fahrzeug war nicht auf Handsteuerung umgestellt und der Laserscanner generierte alle Abschaltsignale ordnungsgemäß. Die Bremsbeläge waren gerade erneuert worden und die redundanten Rechner schienen beide voll funktionsfähig. Er musste das Fahrzeug in seinen dynamischen Prüfstand bringen, um weitere Aufschlüsse über den Unfallhergang zu bekommen. Das Fahrzeug wurde vor Ort entladen und dann auf einem Sattelschlepper zur Firma Schöler gebracht. Der Unfall war an einem Dienstag geschehen und Schöler hatte sich für erste Versuche am Freitag mit Riedel und Baumann verabredet. Das Fahrzeug wurde in das Versuchsfeld geschafft. Der Zusammenstoß mit Laufenberg hatte den massiven Rahmen des Fahrzeugs so gut wie überhaupt nicht beschädigt, und, da das Fahrzeug am Dienstagmorgen gerade von der Ladestation kam, war das Schwerlast-FTF bei der Firma Schöler sofort einsatzfähig. Anton Schöler



beschloss allerdings, mit den ersten dynamischen Versuchen bis Freitagmorgen zu warten.

Die Untersuchung am Freitag lieferte kein Indiz für ein Versagen der Steuerung. Im Scanner waren zwei sich teilweise überlappende Schutzfelder eingespeichert, sodass der Abbremsvorgang in zwei unterschiedlichen Stufen erfolgen konnte. In einem Bereich zwischen drei und sechs Metern reduzierte das Fahrzeug über die Regelung des Antriebs seine Geschwindigkeit auf etwa zwei Kilometer in der Stunde. Diese Eigenschaft wurde auch bei der Kurvenfahrt eingesetzt. Hindernisse, die am Rand der Fahrstrecke aufgebaut waren, führten dazu, dass der Laserscanner das Fahrzeug in einer Kurve über das äußere Schutzfeld in eine reduzierte Geschwindigkeit schaltet. Mit dieser reduzierten Geschwindigkeit konnte die Kurve problemlos durchfahren werden. Gleichzeitig wurde das äußere Schutzfeld auf diese Weise im normalen Betrieb regelmäßig getestet. Erst ein Hindernis im inneren Schutzfeld löste über die Bremsen des Fahrzeugs einen Not-Stopp aus. Bei reduzierter Geschwindigkeit kam das Fahrzeug selbst bei voller Beladung immer innerhalb von zwei Metern zum Stehen.

„Die Fahrzeugsteuerung ist völlig in Ordnung“, fasste Riedel die vierstündige dynamische Untersuchung zusammen. „Da sich zwei Prozessoren gezielt gegenseitig überwachen, ist eine Störung durch ein elektromagnetisches Feld als Unfallursache praktisch ausgeschlossen.“

„Ich stimme Ihnen in allen Punkten zu“, bestätigte Schöler. „Der Unfall kann nicht durch die Fahrzeugsteuerung verursacht worden sein“, und etwas leiser: „Sie ahnen gar nicht, was für ein Stein mir vom Herzen fällt.“

„Also, wenn sich Laufenberg nicht mit einem Hechtsprung vor das Fahrzeug selbst das Leben nehmen wollte, muss es eine Störung am Laserscanner gewesen sein! Irgendetwas hat schließlich verhindert, dass das Fahrzeug im äußeren Schutzfeld in die reduzierte Geschwindigkeit geschaltet wurde“, folgerte Baumann.

„Ich schlage vor, dass wir den Laserscanner demontieren und mit in unser Labor nach Bonn nehmen“, entschied Riedel. „Wir können uns dort ansehen, ob irgendwelche



Fehler in der Hardware zu finden sind. Das wird allerdings ein hartes Stück Arbeit, denn ein Laserscanner ist eine recht komplexe Angelegenheit.“

„Dabei wünsche ich Ihnen viel Glück“, sagte Schöler. „Irgendeine Ursache muss es ja für das Verhalten des Fahrzeugs am Dienstagmorgen geben.“

Riedel unterrichtete noch am gleichen Tag den stellvertretenden Betriebsleiter Richard Görtz, das Staatliche Amt für Arbeitsschutz und den Leiter des Fachausschusses Flurförderzeuge, Herrn Engels.

Als Riedel und Baumann am Montagmorgen daran gingen, den Laserscanner im Detail zu untersuchen, erhielten sie einen überraschenden Anruf.

Norbert Brenner vom Staatlichen Amt für Arbeitsschutz war am Telefon. „Soeben hat mich die Kriminalpolizei Aachen angerufen“, begann er. „Die Polizei hat am Wochenende einen anonymen Anruf erhalten, in dem behauptet wurde, dass der tödliche Unfall von Rolf Laufenberg möglicherweise gar kein Unfall war. Laufenberg war wohl in seiner Firma nicht besonders beliebt. Kommissar Reiner Padberg hat sich seit heute in den Fall eingeschaltet und ist am Ergebnis der Unfalluntersuchung brennend interessiert.“

„Wie ich schon am Freitag sagte: Die Tests bei Schöler haben keine neuen Erkenntnisse gebracht. Die Fahrzeugsteuerung ist völlig in Ordnung. Wir sind gerade dabei, den Laserscanner im Detail zu untersuchen“, entgegnete Riedel.

„Ist ein Vorsatz bei einem derartig abgesicherten Fahrzeug denn überhaupt denkbar?“

„Die beste Sicherheitstechnik nützt nichts, wenn Sie von der Seite direkt vor das Fahrzeug gestoßen werden. Dann wird zwar ein Not-Stopp ausgelöst, da der aber bei voller Geschwindigkeit ausgeführt wird, kann das Fahrzeug bei voller Beladung nicht mehr rechtzeitig zum Stehen gebracht werden. Wenn Laufenberg von der Seite vor das Fahrzeug gestoßen wurde, war dieser Unfall sozusagen unvermeidlich.“

„Wir wollen nicht hoffen, dass das der Fall war“, sagte Brenner. „Vielleicht finden Sie ja doch noch eine technische Ursache.“



„Wir bemühen uns, Herr Brenner, und unterrichten Sie über unsere Ergebnisse so bald wie möglich.“

„Ich habe Kommissar Padberg und seinem Inspektor Ernst Huth Ihre Telefonnummer gegeben. Es kann sein, dass er sich im Laufe des Tages meldet. Bitte unterstützen Sie die Herren so gut Sie können.“

„Das werden wir tun, Herr Brenner. Danke für die Information. Auf Wiederhören!“

Riedel berichtete Baumann von der neuen Wendung des Falls.

„Das erhöht den Druck auf uns, die Unfalluntersuchung so bald wie möglich abzuschließen“, war Baumanns Reaktion. „In dem Fall sollten wir hoffen, etwas zu finden, obwohl ich im Moment nicht weiß, ob wir uns das wirklich wünschen sollten.“

Zusammen mit Prüfer Genten untersuchte Baumann in den nächsten zwei Tagen Hard- und Software des Laserscanners im Detail. Mit einem Logikanalysator wurden alle Signale, die den Prozessor erreichen und verlassen, aufgezeichnet und bei unterschiedlichen Positionen im Schutzfeld bewertet. Das im Speicher abgelegte Schutzfeld und das Programm, das den Laserscanner steuerte, wurden mit dem abgenommenen Originalprogramm bitweise verglichen. Dazu benutzten die beiden ein automatisches Werkzeug, sodass sie schließlich sicher sein konnten, dass die Software identisch mit der war, die vom Hersteller in das Flash-EPROM² eingespeichert worden war. Dies war letztlich keine große Überraschung, da derartige Fehler durch die automatisch im System ablaufenden Tests bereits während des Betriebs erkannt worden wären und zu einer Abschaltreaktion geführt hätten. Durch mehr als hundert Testroutinen wurden alle Prozessorfunktionen, ja sogar die eigentlichen elementaren Befehle des Prozessors, regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit untersucht. Auf diese Weise wurden Fehler erkannt, lange bevor sie sich im Betrieb schädlich auswirken konnten.

² In einem Flash-EPROM wird das Systemprogramm des Laserscanners so gespeichert, dass es auch bei Abschaltung der Spannungsversorgung erhalten bleibt.



Während Baumann und Genten den Laserscanner in seine Einzelteile zerlegten, besuchten Kommissar Padberg und Inspektor Ernst Huth das Motorenwerk Paschke.

„Guten Morgen, mein Name ist Reiner Padberg. Ich bin Kommissar bei der Mordkommission der Kripo Aachen und das ist mein Mitarbeiter, Herr Inspektor Ernst Huth“, stellte sich Padberg dem stellvertretenden Betriebsleiter Richard Görtz vor. Görtz war bereits telefonisch von Padberg über den anonymen Anruf vom Wochenende informiert worden. Um Unruhe zu vermeiden, hatte er darauf bestanden, zunächst alleine mit dem Kommissar zu sprechen.

„Sie müssen verstehen, Herr Kommissar, dass wir den anonymen Anruf zurzeit nicht an die große Glocke hängen wollen. Noch laufen ja die Unfalluntersuchungen beim Zentralinstitut, und solange es da kein abschließendes Ergebnis gibt, möchte ich die Belegschaft noch nicht informieren.“

„Ich verstehe Ihre Bedenken durchaus, Herr Görtz. Auf der anderen Seite müssen wir einem derartigen Hinweis nachgehen. Und Sie werden auch verstehen, dass wir mit den Untersuchungen und Befragungen so bald wie möglich beginnen müssen.“

„War Laufenberg eigentlich sehr beliebt im Betrieb?“, klinkte sich Huth in das Gespräch ein.

„Laufenberg hatte einen hohen Anspruch an seine Arbeit“, sagt Görtz. „Er hat dieses Werk hier als sein Werk betrachtet und von seinen Mitarbeitern das Äußerste verlangt. Dass das nicht immer ohne Reibereien abging, können Sie sich vielleicht vorstellen.“

„Ich entnehme diesen Bemerkungen, dass Laufenberg nicht besonders beliebt war“, fasste Padberg zusammen.

„Ich hatte einen Modus gefunden, mit ihm zurechtzukommen. Wie das bei den anderen war, weiß ich nicht so genau.“

„Welche Personen waren denn am Dienstagvormittag im Werk?“



„Laufenberg kam immer so gegen sechs Uhr, um das Ende der Nachschicht noch mitzubekommen. Um sieben Uhr beginnt die Frühschicht. Pro Schicht sind dreihundert Leute beschäftigt, die über unsere Zeiterfassung auch am Dienstagmorgen registriert wurden.“

„Sind diese Personen alle an ihren Arbeitsplatz gebunden oder bewegen sie sich mehr oder weniger frei auf dem Werksgelände?“, fragte Padberg.

„Mehr als neunzig Prozent verlassen ihren Arbeitsplatz eigentlich nicht. Nur ein recht kleiner Teil ist an verschiedenen Arbeitsplätzen beschäftigt.“

„Können wir uns einmal ansehen, wo sich der Unfall ereignet hat?“

„Ja gerne, kommen Sie doch mit nach draußen.“

Görtz zeigte den beiden Herren die Unfallstelle. Heute kommissionierten die beiden Schwerlast-FTF wieder im üblichen Takt und er konnte Padberg und Huth anhand der vorbeifahrenden Fahrzeuge den Unfallhergang grob erläutern.

„Ach, bevor ich das vergesse: Rolf Laufenberg war ein Technikfreak. Er hat diese Schwerlast-FTF ...“

„Was bedeutet denn FTF?“, unterbrach ihn Padberg.

„Oh, entschuldigen Sie. FTF ist eine Abkürzung und steht für fahrerloses Transportfahrzeug. Das sind Fahrzeuge, die ohne Fahrer schwere Teile von einem Punkt zum anderen bewegen. Sie werden von einer aufwändigen Steuerung zu ihren Bestimmungsorten geleitet. Die Steuerung orientiert sich an Magneten, die in einem festen Abstand in den Boden eingelassen sind, und kann damit die Position des Fahrzeugs sehr genau bestimmen. Damit es nicht zu einer Kollision mit Personen oder Gegenständen kommt, ist vorne am Fahrzeug ein so genannter Laserscanner montiert. Dieser überwacht über zwei Schutzfelder den Bereich vor dem Fahrzeug in einem Abstand von bis zu sechs Metern. Tritt eine Person in das äußere Schutzfeld, also in den Bereich von drei bis sechs Metern vor dem Fahrzeug, reduziert dieses seine



Geschwindigkeit. Wird dann der innere Schutzbereich verletzt, kann das Fahrzeug durch einen Not-Stopp auf jeden Fall rechtzeitig zum Stehen gebracht werden.“

Padberg und Huth hörten interessiert zu.

„Das ist eine relativ neue Entwicklung und, wie ich schon sagte, Laufenberg war ein Technikfreak. Er hat diese Fahrzeuge hier im Werk eingeführt; sie sind sozusagen für uns entwickelt worden. Und während wir es alle möglichst vermeiden, in das Schutzfeld eines solchen Fahrzeugs zu treten, hat Laufenberg regelmäßig, vielleicht einmal in der Woche, zu Ende der Nachtschicht oder zu Beginn der Frühschicht absichtlich einen kontrollierten Abbremsvorgang ausgelöst, indem er kurz in das äußere Schutzfeld getreten ist. Zurzeit gehen wir davon aus, dass dies auch letzten Dienstag der Fall war, ... nur dass das Fahrzeug durch ein technisches Versagen dann eben nicht in die reduzierte Geschwindigkeit geschaltet wurde.“

„Es könnte aber doch auch anders gewesen sein“, überlegte Padberg. „Wenn man von der Seite in das innere Schutzfeld dieser Fahrzeuge tritt, müsste der Not-Stopp doch auch viel zu spät ausgelöst werden.“

„Ja, natürlich. Auch dann kann es zu einer Kollision kommen. Aber das ist auch bei Fahrzeugen so, die von Fahrern gesteuert werden. Wenn Sie von der Seite in den Fahrbereich eines normalen Gabelstaplers treten, werden Sie auch überrollt.“

„Hat es denn durch solche Ereignisse in der Vergangenheit nie Probleme gegeben?“, wollte Huth wissen.

„Sehen Sie, die Fahrwege sind relativ breit und die Schutzfelder sind etwas über die Breite des Fahrzeugs hinaus gezogen. Wenn man einen Fahrweg kreuzt, hört und sieht man ein solches Fahrzeug rechtzeitig. Außerdem gibt es eine Blitzleuchte, die zusätzlich auf das Fahrzeug aufmerksam macht. Also, in den letzten sieben Jahren ist es nie vorgekommen, dass jemand von der Seite direkt in das Fahrzeug gelaufen ist.“

„Aber es wäre natürlich auch möglich, dass Laufenberg in den Fahrweg gestoßen worden ist“, vermutete Padberg.



„Das ist möglich, wäre aber glatter Mord. Bei einem voll beladenen FTF muss derjenige, der so etwas tut, davon ausgehen, dass die Person bei der Kollision getötet wird.“

„Na, dann ist ja vielleicht doch etwas an dem anonymen Anruf, Herr Görtz. Ich glaube, wir müssen uns nun doch mit den Personen unterhalten, die am Dienstagmorgen gegen 6:30 Uhr hier in diesem Bereich sein konnten.“

„Also, das ist nicht so einfach. Das müssen wir erst recherchieren und ich muss Ihnen eine Liste der Personen zusammenstellen.“

„Bis wann können Sie das tun?“

„Können wir uns dazu morgen um diese Zeit noch einmal besprechen?“

„Selbstverständlich, ich muss Sie dann aber bitten, alle infrage kommenden Personen für morgen zusammenzurufen. Ich denke, wir können mit einer Befragung auf keinen Fall länger warten.“

„Wenn es denn unbedingt sein muss und der Aufklärung des Falles dient, werde ich die Belegschaft entsprechend informieren.“

„Vielen Dank, Herr Görtz. In der Zwischenzeit werden wir dann der Witwe von Rolf Laufenberg einen Besuch abstatten“, beendete Padberg das Gespräch.

Karin Laufenberg wurde von dem Besuch der beiden Kriminalbeamten völlig überrascht. Für sie stand fest, dass ihr Mann bei einem tragischen Unfall ums Leben gekommen war. Sie konnte sich zunächst überhaupt nicht vorstellen, warum die Kriminalpolizei sich mit diesem Fall befasste.

Nachdem sich Padberg und Huth vorgestellt hatten, nahm man im Wohnzimmer der Laufenberg Platz und Padberg begann: „Frau Laufenberg, es tut uns Leid, das sagen zu müssen, aber wir haben am Wochenende einen anonymen Anruf erhalten, in dem behauptet wurde, der Unfall Ihres Mannes sei vorsätzlich herbeigeführt worden.“



„Das kann doch wohl nicht sein. Wer behauptet denn so etwas?“

„Ich sagte ja, es war ein anonymes Anruf.“

„Und Sie gehen jedem anonymen Anruf nach?“

„Soweit wir wissen, konnte die Unfallursache bis heute noch nicht eindeutig geklärt werden. Deshalb müssen wir derartige Anrufe ernst nehmen.“

„War Ihr Mann eigentlich beliebt im Betrieb, hatte er Freunde?“, wollte Huth wissen.

„Das kann ich Ihnen leider nicht sagen“, antwortete Frau Laufenberg. „Wir haben über die Arbeit meines Mannes wenig gesprochen. Er hat viel gearbeitet, und wenn er zu Hause war, hatte ich kein großes Interesse, mich mit ihm über seine Arbeit zu unterhalten. Aber generell hatte Rolf wenig Freunde. Das liegt sicher auch daran, dass er so viel gearbeitet hat.“

„Hatte er denn Feinde?“, fragte Padberg.

„Also, ich kenne niemanden, der Rolf gehasst hätte, falls Sie das meinen, und über Probleme bei der Arbeit hat er mit mir, wie ich Ihnen schon sagte, nicht gesprochen.“

„Hatten Sie denn den Eindruck, dass er in der letzten Zeit besonders bedrückt oder verändert war?“, wollte Padberg wissen.

„Nein, er war nicht anders als sonst. Rolf war ein ruhiger, eher introvertierter Mensch. Er hat auch mit mir nicht viel über seine Sorgen geredet.“

„Hatte er denn Sorgen?“, warf Padberg ein.

„Nein, ich wüsste nicht welche. Geldsorgen hatten wir nie und der Firma Paschke scheint es ja zurzeit nicht so schlecht zu gehen. Rolf war als Werkleiter sehr erfolgreich. Und wir haben auch eine gute Ehe geführt, um Ihre nächste Frage direkt vorweg zu nehmen.“

„Nun, da ist es wohl recht unwahrscheinlich, dass Ihr Mann den Freitod gesucht hat.“



„Der Gedanke ist völlig absurd“, brauste Frau Laufenberg auf. „Rolf war zwar introvertiert, aber nicht depressiv. Er wusste genau, was er wollte. Und wie gesagt, er ging in seinem Beruf völlig auf. Rolf und Selbstmord, das ist völlig ausgeschlossen!“

„Nun, vielleicht war es ja wirklich ein technisches Versagen“, beschwichtigte Huth sie. „Vielleicht sollten wir die Untersuchung von der technischen Seite zunächst einmal abwarten, bevor wir solchen Gerüchten weiter nachgehen.“

„Mir machen Sie das Leben mit solchen Vermutungen wirklich nicht gerade leichter“, sagte Frau Laufenberg. „Haben Sie noch weitere Fragen?“

„Nein, das war's fürs Erste, danke.“

„Dann möchte ich Sie bitten, jetzt wieder zu gehen. Das Gespräch hat mich doch mehr aufgeregt, als ich ursprünglich wahrhaben wollte.“

„Natürlich. Vielen Dank für Ihre Gastfreundschaft. Auf Wiedersehen.“

„Also, Frau Laufenberg hat aus meiner Sicht eher Angst um die Hinterbliebenenrente als um ihren Ruf“, vermutete Huth, als sie das Haus verlassen hatten.

„Das kann schon sein, aber insgesamt waren ihre Aussagen schlüssig und sie hat sich relativ normal verhalten.“

„Ich bin aber nicht ganz sicher, Reiner, ob sie uns wirklich in allen Punkten die Wahrheit gesagt hat.“

„Wie du schon sagst, Ernst. Sie hat Angst um ihre Rente. Das kann man ja eigentlich auch verstehen.“

„Also irgendwie halten die sich alle ziemlich bedeckt, wenn es um die Beliebtheit von Laufenberg geht. Wir müssen uns morgen einmal ausführlich mit einigen Mitarbeitern von Laufenberg unterhalten. Vielleicht kommt ja auch der anonyme Anruf aus diesem Kreis.“



„Ja, und diesem Dr. Riedel vom Zentralinstitut, dem sollten wir auch einen Besuch abstatten. Vielleicht hat der ja inzwischen ein Ergebnis. Solange ein technisches Versagen nicht ausgeschlossen werden kann, gibt es keinen wirklichen Grund, an der Unfallthese zu zweifeln“, gestand Padberg. „Ich werde einmal sehen, ob wir vielleicht noch heute Nachmittag einen Termin in Bonn bekommen.“

Riedel hatte bereits mit dem Anruf von Kommissar Padberg gerechnet. Er hatte inzwischen seinen zuständigen Abteilungsleiter, Dr. Frank Dengler, und den Leiter des Zentralinstitutes, Dr. Josef Menden, von der Wendung des Falles informiert. Die Besprechung mit der Kriminalpolizei im Zentralinstitut wurde für 14:30 Uhr angesetzt.

„Wie Sie ja bereits wissen, hat sich am Dienstag letzter Woche gegen 6:30 Uhr ein tödlicher Unfall im Motorenwerk Paschke in Aachen ereignet“, eröffnete Padberg die Sitzung im Zentralinstitut. „Soviel ich weiß, sind Sie am Mittwoch vor Ort gewesen und haben den Unfall untersucht.“

„Das stimmt“, bestätigte Riedel. „Wir haben die Unfallsituation von der technischen Seite auch dokumentiert.“

„Und, haben Sie erste Ergebnisse?“

„Also, weder vor Ort noch in den dynamischen Versuchen bei der Firma Schöler, das ist der Hersteller des Schwerlast-FTF, konnten wir irgendeinen Hinweis auf ein technisches Versagen finden. Wir sind zurzeit dabei, den Laserscanner, der als Schutz Einrichtung am Fahrzeug genau solche Unfälle verhindern soll, im Detail zu untersuchen. Die ersten Ergebnisse deuten nicht auf ein technisches Versagen des Scanners hin.“

„Wann wird denn Ihr Abschlussbericht vorliegen?“, wollte Huth wissen.

„Also, meine Herren“, mischte sich Dengler in das Gespräch, „es handelt sich bei dem Laserscanner um ein absolutes High-Tech-Produkt. In der Regel dauert eine derartige Unfalluntersuchung mehrere Wochen. Bis jetzt ist noch nicht einmal eine Woche vergangen.“



„Das verstehe ich durchaus, Herr Dengler“, entgegnete Padberg, „aber Sie müssen auch verstehen, dass wir an den Untersuchungsergebnissen natürlich so früh wie möglich interessiert sind, und in der Regel ist es doch so, dass zwischen Ihren Erkenntnissen und dem schriftlich vorgelegten Abschlussbericht auch noch ein bis zwei Wochen vergehen. Oder?“

„Natürlich benötigen wir für eine einwandfreie Dokumentation und Beschreibung des Unfallhergangs und der gesamten Unfalluntersuchung einige Zeit“, antwortete Institutsleiter Menden. „Dieser Bericht geht dann ohnehin zunächst an das zuständige Amt für Arbeitsschutz und den technischen Aufsichtsdienst der Berufsgenossenschaft. Sie müssen schon sehr gute Gründe haben, wenn Sie im Vorfeld über die Details informiert werden wollen.“

„Es gibt einen Hinweis, dass dieser Unfall kein wirklicher Unfall war“, erklärte Padberg.

„Was heißt das?“, wollte Menden wissen.

„Wir haben am Wochenende einen anonymen Anruf erhalten, dass Laufenberg Dienstagmorgen nicht durch Zufall zu Tode gekommen ist, sondern durch die Hand eines Dritten.“

„Wollen Sie damit etwa behaupten, dass Laufenberg ermordet wurde?“, entgegnete Menden.

„Wir können diese Möglichkeit zurzeit zumindest nicht völlig ausschließen. Um Genaueres sagen zu können, müssen wir natürlich unsere Untersuchungen durchführen, und wenn wir wissen, dass ein technisches Versagen für diesen Unfall ausgeschlossen werden kann, hat das durchaus Konsequenzen für den weiteren Fortgang der Untersuchung.“

„Nach allem, was mir Dr. Riedel über den Unfallhergang erzählt hat, kann ich mir nicht vorstellen, dass der Unfall, wie Sie sagen, vorsätzlich herbeigeführt wurde“, gab Menden nachdenklich zu bedenken.



„Neben einem Anschlag gibt es natürlich auch die Möglichkeit, dass Laufenberg an diesem diesigen Novembermorgen unaufmerksam war und von der Seite in den Fahrzeugweg getreten ist“, klinkte sich Riedel wieder in das Gespräch ein. „Rein theoretisch könnte er auch ganz bewusst vor das Fahrzeug gelaufen sein. Es ist natürlich auch denkbar, dass er von der Seite vor das Fahrzeug gestoßen wurde.“

„Also ist der anonyme Anruf vielleicht doch ernster zu nehmen, als wir anfangs dachten“, sagte Huth.

„Bis jetzt haben wir in der Tat keine Erklärung für den Unfall“, stellte Dengler fest. „Wir brauchen aber noch ein, zwei Tage, bis wir sicher Gewissheit haben. Herr Riedel und seine Leute haben bis jetzt wirklich alles stehen und liegen lassen, um die Unfallursache genau aufzuklären. Wenn das in dem Tempo weitergeht, wissen wir morgen Abend oder übermorgen früh mehr.“

„Das ist doch ein Wort, und ich denke, unter den gegebenen Umständen wäre es doch sicher möglich, uns umgehend über Ihre neuesten Ergebnisse zu informieren?“

„Selbstverständlich werden wir Sie informieren.“

„Hatten Sie mit Rolf Laufenberg eigentlich schon früher zu tun?“

„Ja“, bestätigte Riedel, „er war ein Pionier bei der Einführung von Schwerlast-FTF im Außenbereich und hat sie als Erster in Deutschland in der Industrie eingeführt. Er war sehr ehrgeizig und ein Technikfreak. Auch wenn er die Details der Steuerung nicht immer verstanden hat, war er doch begeistert von den neuen Möglichkeiten.“

„Was war er denn für ein Mensch?“, wollte Huth wissen.

„Laufenberg hat viel von sich selbst gefordert. Er hat täglich zehn bis zwölf Stunden gearbeitet. In Gesprächen war er stets aufmerksam bei der Sache und hat seine Ziele immer unbeirrt verfolgt. Ich hatte große Achtung vor ihm.“

„Glauben Sie, dass er in seinem Betrieb beliebt war?“



„Das kann ich Ihnen wirklich nicht sagen. Ich glaube aber, dass Laufenberg auch an seine Leute sehr hohe Anforderungen gestellt hat. Da kann es natürlich auch schon einmal Konflikte geben. Es lagen zwar schon einmal Spannungen in der Luft bei solchen gemeinsamen Gesprächen im Werk, aber an eine konkrete Streiterei kann ich mich nicht erinnern. Ich muss aber auch gestehen, dass ich auf so etwas wenig achte.“

„Kannten Sie auch sein privates Umfeld?“

„Nein. Ich wusste bis Dienstag noch nicht einmal, ob er verheiratet ist oder Kinder hat. Wir haben wirklich nur dienstlich miteinander zu tun gehabt. Über private Dinge sprach er nie.“

„Ich danke Ihnen erst einmal für Ihre Zeit“, schloss Padberg das Gespräch. „Ich werde mit Sicherheit wieder auf Sie zukommen und würde mich freuen, wenn ich so bald wie möglich, zunächst telefonisch, Ihren Bericht zur Unfallursache bekomme. Vielleicht können wir ja beim nächsten Mal etwas genauer auf die Technik des Laserscanners eingehen. Ich habe einmal Physik studiert und interessiere mich immer noch ein wenig für dieses Thema.“



3 Eine fehlerhaft programmierte Schutzeinrichtung als Unfallursache

Am Dienstagmorgen fanden sich Padberg und Huth um neun Uhr in der Kantine des Werks Paschke ein. Dort versammelt waren neben Görtz, Nolden und Schmidt weitere fünfzig Personen, die vor einer Woche im Umfeld der Hallen A und B gearbeitet hatten.

Görtz eröffnete die Besprechung: „Guten Morgen, meine Damen und Herren, wie ich einigen von Ihnen bereits gestern Nachmittag berichtet habe, ist der tödliche Unfall unseres Werkleiters, Rolf Laufenberg, technisch nicht eindeutig zu erklären. Die Kripo Aachen muss deshalb auch andere Möglichkeiten für den Unfall untersuchen. Rolf Laufenberg könnte unglücklich gestolpert und vor das Fahrzeug gefallen sein, es ist aber auch denkbar, dass er in selbstmörderischer Absicht vor das Fahrzeug gelaufen ist. Und schließlich besteht natürlich rein theoretisch auch die Möglichkeit, dass er vor das Fahrzeug gestoßen wurde.“

Nach dem letzten Satz ging ein Raunen durch den Raum und von irgendwo her wurde unüberhörbar gefragt: „Was soll denn das heißen?“

„Beruhigen Sie sich bitte“, fuhr Görtz etwas lauter fort. „Niemand behauptet ja zurzeit, dass Laufenberg tatsächlich gestoßen worden ist, aber auch diese Möglichkeit kann eben nicht völlig ausgeschlossen werden.“

Noch einmal musste Görtz die Stimme erheben, um sich gegen das unterdrückte Stimmengewirr im Raum Gehör zu verschaffen: „Ich darf Ihnen in diesem Zusammenhang Kommissar Reiner Padberg und Inspektor Huth vorstellen, die Ihnen einige Fragen stellen möchten.“

Jetzt wurde es ruhiger und alle Blicke richteten sich auf die zwei Ermittler.

Padberg eröffnete das Gespräch: „Guten Morgen, meine Damen und Herren, mein Kollege, Herr Huth, und ich untersuchen diesen Fall, wie Herr Görtz ja bereits sagte. Dass wir dabei jeder nur denkbaren Spur nachgehen, ist reine Routine. Wir haben Sie



heute nicht hierher gebeten, weil wir jemanden im Werk verdächtigen, sondern weil wir Sie bitten möchten, uns bei der Aufklärung der Unfallursache behilflich zu sein. Sie alle kannten ja wohl Rolf Laufenberg, den Leiter dieses Werks. War er eigentlich ein freundlicher Chef, der ein offenes Ohr für Ihre Sorgen hatte?“

Wieder entstand Unruhe in der Kantine. Aus einer Ecke hörte man laut und deutlich eine Stimme, die sagte: „Laufenberg war so freundlich wie jeder andere Sklaventreiber auch. Solange es dem Werk diente, hatte er immer ein offenes Ohr für uns.“

Verhaltenes Lachen ging durch den Saal.

Ein anderer ergänzte: „Sie müssen nicht glauben, dass irgendeiner hier im Raum Laufenberg eine Träne nachweint. Laufenberg hat uns immer eher als Produktionsmasse gesehen. Dass wir auch Sorgen haben könnten, ist dem bestimmt nicht in den Sinn gekommen!“

„Das heißt aber noch lange nicht, dass einer von uns ihn vor das Fahrzeug gestoßen hat!“, rief eine andere Stimme. „Laufenberg hat hier bestimmt nicht viele Freunde gehabt, aber er war halt der Chef, und er hat sich stets verhalten wie der Chef. Gefühle haben bei ihm in der Regel wohl keine Rolle gespielt.“

„Wollen Sie damit sagen: Er war zwar nicht beliebt, aber auch nicht verhasst?“, hakte Huth nach.

„Er war eben sehr ehrgeizig“, kam die Antwort, „und das haben wir alle täglich gespürt.“

„Ist Ihnen in den letzten Wochen irgend etwas Ungewöhnliches hier im Werk aufgefallen?“, fragte Padberg.

„Vor drei Wochen wurde doch in der Parkstation der Schwerlast-FTF eingebrochen“, kam es aus der ersten Reihe. „Hat Herr Görtz Ihnen das nicht erzählt?“

„Nein, das höre ich zum ersten Mal“, gab Padberg verblüfft zu. „Herr Görtz, können Sie dazu etwas sagen?“



„Ach ja, das hatte ich völlig vergessen. Wir haben diesen Vorgang nicht der Polizei gemeldet, weil nichts entwendet wurde. Der Sachschaden war äußerst gering, da nur eine kleine Scheibe an der Eingangstür eingedrückt worden war. Unsere Werkstatt hat den Schaden noch am gleichen Tag behoben. Ich hatte den Einbruch schon wieder völlig vergessen.“

„Wie erklären Sie sich denn den Vorfall?“, wollte Huth wissen.

„Das muss ein Externer gewesen sein“, erklärte Nolden. „Er hat offensichtlich nicht gewusst, dass es in der Parkhalle der Schwerlast-FTF nichts zu holen gibt. Ein Fahrzeug von vier Tonnen Gewicht lässt sich eben nicht so ohne Weiteres mitnehmen. Und ich denke, er ist nach dem erfolglosen Versuch unverrichteter Dinge wieder abgezogen. Es gibt hier im Werk nur sehr wenige Bereiche, die nicht alarmgesichert sind. Dazu gehört die Parkstation, weil wir uns wirklich nicht vorstellen konnten, dass jemand dort einbricht.“

„Vielleicht hat aber jemand letzten Dienstag an dem Fahrzeug rumgefummelt“, meldete sich eine Stimme aus dem Saal.

„Ich sagte Ihnen ja bereits, dass bei der Unfalluntersuchung bis jetzt noch keine technische Ursache gefunden wurde“, erinnerte Görtz. „Ich denke, wenn da jemand manipuliert hätte, hätten das die Herren vom Zentralinstitut längst entdeckt.“

„Ist Ihnen denn an Laufenberg in der letzten Zeit irgend etwas aufgefallen?“, fragte Huth in die Runde.

„Laufenberg war wie immer sehr beschäftigt und meistens ziemlich unfreundlich“, lautete die Antwort.

„Ich danke Ihnen für die Zeit, die Sie uns geopfert haben“, schloss Padberg das Gespräch. „Ich bitte Sie, sich in den nächsten Tagen für weitere Fragen zur Verfügung zu halten. Es wird eventuell notwendig sein, mit Einzelnen von Ihnen noch einmal zu sprechen.“



Als alle bis auf Görtz, Nolden und Schmidt die Kantine verlassen hatten, wandte sich Padberg an Schmidt mit der Frage: „Sie haben doch den Schrei gehört und sind dann zur Unfallstelle gelaufen. Können Sie das noch einmal genau beschreiben?“

„Ich war an dem Morgen etwas früher gekommen, meine Schicht fängt ja erst um sieben Uhr an, weil ich mit Werner, der Nachtschicht hatte, noch etwas besprechen musste. Ich bin deshalb in die Halle B gegangen und hörte auf dem Weg dorthin plötzlich Schreie. Ich bin direkt in die Richtung gelaufen, aus der die Schreie kamen, und sah dann ziemlich schnell, was passiert war. Laufenberg war von einem unserer Schwerlast-FTF überrollt worden. Das Fahrzeug stand inzwischen. Laufenberg lag hinter der ersten Achse. Er muss sofort tot gewesen sein, zumindest war er nicht mehr ansprechbar.“

„Ist Ihnen im Umfeld des Fahrzeugs irgendetwas aufgefallen?“, wollte Huth wissen.

„Also, Sie können mir glauben, dass ich darauf nicht geachtet habe. Als ich vor Ort sah, dass ich selbst nicht mehr helfen konnte, habe ich über Funk sofort den Notarzt verständigt.“

„Wieso per Funk?“, hakte Huth nach.

„Sie müssen wissen, ich gehöre zu den wenigen Personen hier, die an wechselnden Arbeitsplätzen arbeiten und deswegen ständig ein Funksprechgerät dabei haben. Gleichzeitig habe ich einige Kollegen benachrichtigt und innerhalb von Sekunden war um die Unfallstelle einiges los. Der Arzt war ja auch direkt zur Stelle und wir gingen natürlich alle von einem Unfall aus.“

„Wann genau haben Sie denn das Gelände betreten?“

„Das kann ich Ihnen im Moment nicht mehr sagen, aber das wird ja an der Stechuhr festgehalten.“

„Herr Schmidt ist um 6:15 Uhr reingekommen“, ergänzte Herr Görtz. „Ich habe die Liste aller Mitarbeiter mit den jeweiligen Stechzeiten ausdrucken lassen.“ Er reichte Padberg einen längeren Computerausdruck.



„Und was haben Sie nach Ihrer Ankunft im Werk bis zum Zeitpunkt des Unfalls gemacht?“, wollte Huth von Schmidt wissen.

„Na, was ich immer mache. Ich bin zunächst zu meinem Spind gegangen, habe meine Arbeitskleidung angezogen, das Funkgerät aus dem Ladeschacht genommen und mich dann auf den Weg zur Halle B gemacht. Den Rest habe ich Ihnen eben erzählt.“

„Wo waren Sie denn, als der Unfall passiert ist?“, wollte Huth von Nolden wissen.

„Ich gehörte ja noch zur Nachtschicht“, sagte Nolden. „Von sechs bis sieben Uhr ist es üblich, dass ich in meinem Büro den Papierkram für die Nachtschicht erledige. So war das auch am Dienstag. Von dem Unfall habe ich durch Herrn Schmidt direkt per Funk erfahren. Ich bin dann natürlich gleich rüber gelaufen.“

„Und Sie, Herr Görtz, wie haben Sie von dem Unfall erfahren?“, fragte Padberg.

„Ich bin zu dieser Zeit nicht im Werk gewesen. Mein Dienst begann ja erst gegen zehn Uhr. Herr Nolden hat mich etwa gegen halb acht Uhr zu Hause angerufen und mir von dem Vorfall erzählt. Ich bin dann sofort in den Betrieb gekommen.“

„Herr Nolden, lässt sich die Zahl der Mitarbeiter, die sich zwischen 6:15 Uhr und 6:30 Uhr in der Nähe der Hallen A und B aufhielten, nicht noch etwas einschränken oder betrifft es tatsächlich alle fünfzig Personen, die vorhin hier in der Kantine waren?“, fragte Padberg.

„Sie wollten wissen, wer sich rein theoretisch in diesem Bereich hätte aufhalten können“, gab Görtz zurück. „Das sind alle Personen, die sich zu dieser Zeit in Halle A und Halle B befunden haben. Unsere Mitarbeiter arbeiten in der Regel in Zweier- oder Vierergruppen. Die Gruppen habe ich hier auf der Liste markiert.“

„Wenn wir diese Personen einzeln befragen, lässt sich herausfinden, welche Gruppen zurzeit des Unfalls sehr wahrscheinlich vollständig waren und welche nicht!“, schaltete sich Huth ein. „Damit können wir den Kreis der Personen sicherlich stark einengen.“



„Das heißt, wir werden nicht umhinkommen, uns mehr oder weniger mit allen fünfzig heute noch zu unterhalten“, knüpfte Padberg an und wandte sich an Görtz mit der Frage: „Können Sie mir die Personen gruppenweise hier hinschicken, sodass wir ein kurzes Gespräch führen können?“

„Das kann ich gerne tun“, entgegnete Görtz. „Wann sollen wir beginnen?“

„Gönnen Sie Herrn Huth und mir, aber auch sich, eine fünfminütige Pause. Dann kann's losgehen“, antwortete Padberg.

Baumann und Genten hatten am Dienstag bis tief in die Nacht gearbeitet. Nach zwei Tagen intensiver Arbeit stand das Untersuchungsergebnis fest. Der Laserscanner konnte für den Unfall nicht verantwortlich gemacht werden. Der schwere Unfall vom Dienstag letzter Woche war durch technisches Versagen nicht erklärbar. Der Untersuchungsbericht würde zu dem Schluss kommen, dass die verunglückte Person möglicherweise direkt von der Seite in das innere Schutzfeld getreten war und das Fahrzeug deshalb nicht mehr rechtzeitig zum Stehen kam. Zu einem möglichen Fremdverschulden würde sich der Bericht nicht äußern. Dies herauszufinden, war Aufgabe der Polizei und zurzeit reine Spekulation.

Am Mittwochmorgen gegen 8:30 Uhr rief Riedel bei Padberg an. Er unterrichtete ihn von dem Untersuchungsergebnis und erkundigte sich nach den Ermittlungen.

„Unsere Befragung im Werk Paschke hat einige Dinge zu Tage gefördert“, begann Padberg. „Zum Beispiel wurde vor drei Wochen in die Parkstation der Schwerlast-FTF eingebrochen. Können Sie sich vorstellen, dass der Einbrecher etwas an dem Fahrzeug manipuliert hat, das erst drei Wochen später zu diesem schweren Unfall geführt haben könnte?“

„Grundsätzlich ist das natürlich denkbar. Sie müssen wissen, dass man die Schutzfelder im Laserscanner durch einen ganz gewöhnlichen PC verändern kann. Dazu sind allerdings Passwörter eingebaut, die der Täter kennen muss. Ohne sie hat er praktisch keine Chance, das Schutzfeld zu verändern. Außerdem können wir erkennen, wann das aktuell im Scanner gespeicherte Schutzfeld erstellt wurde. Und das war am 15. Juli



des letzten Jahres. Das ist auch der Tag, an dem uns eine letzte Änderung des Schwerlast-FTF und seines Schutzfeldes angezeigt worden war. Manipulationen am Fahrzeug können wir unserer Untersuchung zufolge praktisch ausschließen.“

„Aber wenn wir einmal davon ausgehen, dass Laufenberg ermordet wurde und der Täter die Verhältnisse im Werk sehr genau kannte, ist es dann nicht möglich, dass er dieses Schutzfeld und auch das Datum ganz bewusst manipuliert hat?“, beharrte Padberg auf seiner These.

„Rein theoretisch ist bei diesen rechnergesteuerten Systemen einiges möglich, aber ich glaube, das sollten wir nicht am Telefon besprechen. Dazu muss ich Ihnen eine ganze Menge mehr über das System erzählen. Sie haben ja ohnehin gesagt, dass Sie sich als Physiker für die Technik, die dahinter steckt, interessieren. Kommen Sie doch einfach bei mir vorbei und wir besprechen alles im Detail.“

„Also ich habe zwar mal Physik studiert, aber nur die ersten vier Semester. Dann habe ich das Handtuch geworfen“, gab Padberg zu.

„Das reicht völlig aus, um die Funktionsweise des Scanners zu verstehen. Sie werden sehen, das System arbeitet wirklich nur mit den Regeln der klassischen Physik.“

„Na gut, Sie haben mich überzeugt. Ich könnte bereits heute Nachmittag bei Ihnen vorbei kommen, wenn Ihnen das passt.“

„Ja gerne, ich schlage 13:30 Uhr vor, da haben wir eine Menge Zeit und ich kann Ihnen im Detail alles erläutern.“

„Danke. Bis dann.“

Als Padberg gegen 13:30 Uhr im Zentralinstitut eintraf, hatte Riedel bereits eine kleine Präsentation vorbereitet und die technische Beschreibung des Laserscanners für den Kommissar kopiert. Riedel, der ursprünglich einmal hatte Lehrer werden wollen, freute sich immer, wenn er anderen sicherheitstechnische Kenntnisse vermitteln konnte. Für Padberg würde dies ein anstrengender Nachmittag werden.



„Bei einem Laserscanner handelt es sich um eine Personenschutzeinrichtung nach EG-Maschinenrichtlinie“, begann Riedel seine Ausführungen. „Sie müssen wissen, dass derartige Schutzeinrichtungen in den Anhang IV dieser Richtlinie fallen und das bedeutet, dass solange es keine vereinheitlichte europäische Norm zu diesen Geräten gibt, eine Prüfpflicht bei einem neutralen Institut für Personenschutzeinrichtungen besteht. Das Zentralinstitut ist solch ein von der Europäischen Union anerkanntes neutrales Institut zur Überprüfung von Personenschutzeinrichtungen. Als die Firma Scholz Ende der 80er-Jahre die Idee hatte, eine derartige Schutzeinrichtung zu entwickeln, ist sie an uns herangetreten und wir haben die Entwicklung über mehrere Jahre von der Idee bis zum ersten Serienprodukt begleitet. Deshalb kennen wir dieses Gerät zumindest in vielen Punkten fast so gut wie der Hersteller selbst.“

„Was bedeutet denn Prüfung in diesem Zusammenhang?“, wollte Padberg wissen.

„In einem ersten Schritt haben wir uns mit dem Funktionsprinzip des Laserscanners auseinander gesetzt. Sie sehen in der ersten Folie das Herz des Laserscanners, das ist, wie der Name ja schon sagt, ein kleiner Halbleiterlaser, im Bild mit S bezeichnet, der auf einen schnell rotierenden Spiegel strahlt. Von diesem Spiegel geht es auf einen zweiten Spiegel, der den Strahl in die Ebene vor dem Austrittsfenster des Gerätes schickt und diese Ebene ist nur so schmal, wie der Laserstrahl dick ist.“

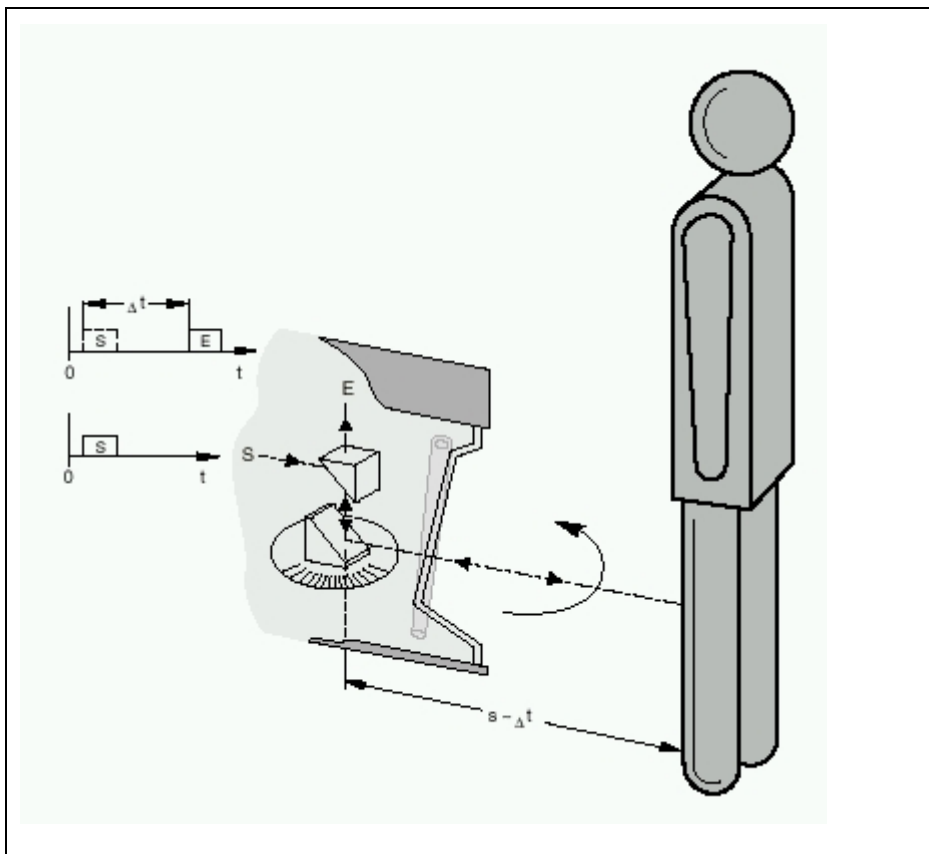
Das Bild ^{3, 4} zeigt Riedels erste Folie, mit der er das Funktionsprinzip eines Laserscanners erklärt.

„Ist der Laser dabei ständig eingeschaltet?“, fragte Padberg.

„Nein, das würde zu einer derart hohen Laserstrahlung vor dem Gerät führen, dass man nicht mehr unbeschadet in das Gerät hineinblicken könnte. Der Strahl wird nur für etwa drei Nanosekunden eingeschaltet und das insgesamt 360-mal pro Umlauf des Spiegels.“

³ siehe Seite 50

⁴ Die Abbildungen stammen aus der Betriebsanleitung eines Laserscanners und wurden uns von der Fa. Sick dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.



„Der kurze Lichtimpuls fällt auf ein Objekt außerhalb des Gerätes und wird dort in alle Raumrichtungen gestreut. Das bedeutet, dass nur ein extrem kleiner Teil des Lichtes wieder zum Gerät zurückkommt und dort von einem Empfänger, in der Folie mit E bezeichnet, nachgewiesen werden kann. Und bei einer schwarzen Breitkordhose, wie sie Herr Laufenberg vor einer Woche getragen hat, ist das besonders wenig, nämlich nur 1,8 Prozent von dem, was beispielsweise ein weißes Blatt Papier zurückstrahlt und nur etwa 1/5000 des ausgesandten Lichtes. Das Signal im Empfänger stoppt einen sehr schnell laufenden Zähler. Die gezählten Impulse sind ein Maß für die Laufzeit des Lichtes bis zum Objekt und wieder zurück zum Empfänger und damit für den Weg, den das Licht zurückgelegt hat.“

„Heißt das, dass Sie mit einem derartig kleinen Gerät die Lichtgeschwindigkeit im Bereich von einigen Metern messen können?“, staunte Padberg.

„Richtig. Und zwar nicht nur im Bereich von einigen Metern, sondern bis auf wenige Zentimeter genau.“



„Also, in meinem Studium habe ich gelernt, dass man zur Messung der Lichtgeschwindigkeit einen immensen Aufwand betreiben muss. Ich kann mir gar nicht vorstellen, dass das mit einem so kleinen Gerät im Bereich von Zentimetern möglich ist.“

„Wann haben Sie studiert, Herr Kommissar?“

„Ich habe 1978 mit dem Studium hier in Bonn begonnen, dann aber 1980 das Handtuch geworfen. Im Vordiplom kam einfach zu viel Mathematik vor, das hat mich überfordert.“

„1978, das ist ja interessant“, sagte Riedel. „Dann haben wir im gleichen Semester gegessen. Das heißt, auch Sie haben beim späteren Nobelpreisträger Wolfgang Paul die Anfängervorlesung gehört.“

„Ja, das stimmt. Das waren hervorragende Vorlesungen. Ich werde nie vergessen, wie Paul mit einem Gewehrschuss im Hörsaal das ballistische Pendel erklärt hat.“

„Ja, so klein ist die Welt, Herr Kommissar. Dann sind wir also Studienkollegen. Wir waren ja in den ersten Semestern weit über zweihundert Leute, sodass ich mich nicht mehr an alle Gesichter und Namen erinnern kann.“

„Das geht mir genau so.“

„Nun aber zurück zum Laserscanner. Genau wie Sie konnte ich mir anfangs nicht vorstellen, dass man mit einem so kleinen Gerät die Lichtgeschwindigkeit derartig genau vermessen kann. Die Technik hat sich in den letzten zwanzig Jahren aber so stark weiterentwickelt, dass solche Geräte heute in Massen produziert werden können“, antwortete Riedel.

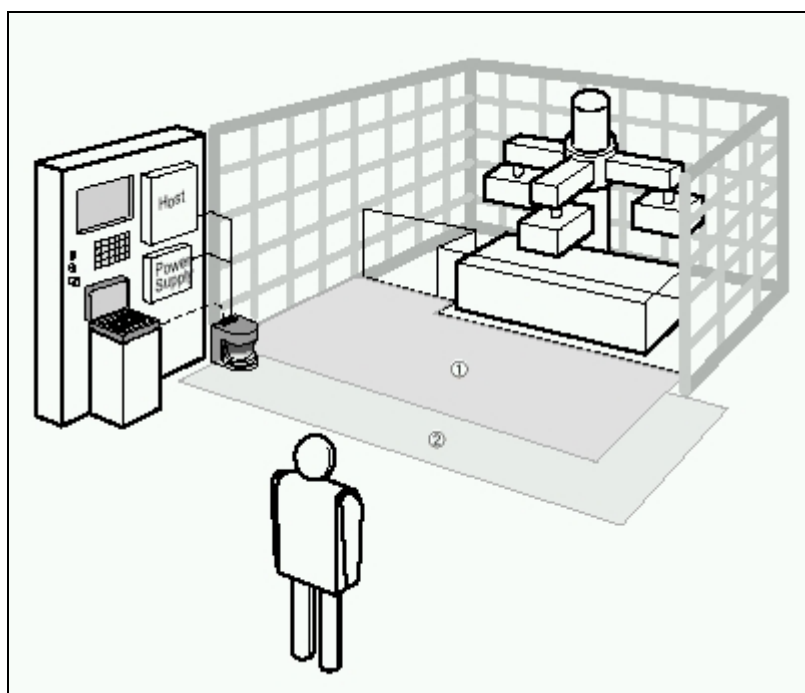
„Also über die Lichtlaufzeit messen Sie die Entfernung des Objektes und durch die Stellung des Drehspiegels kennen Sie natürlich auch den Winkel zum Objekt in der Ebene.“ Riedel nickte.

„Und weil das Licht so besonders schnell ist, bewegt sich der Spiegel quasi zwischen Sende- und Empfangssignal überhaupt nicht“, ergänzte Padberg.

„Richtig. Das heißt, wir haben die Zylinderkoordinaten und können damit die Position eines Objektes in der Ebene vollständig bestimmen. Das Besondere an dem Gerät ist nun, dass wir für jedes gemessene Winkelsegment einen oder mehrere Entfernungswerte vorgeben können, die die Grenze eines oder mehrerer Warnfelder und eines oder mehrerer Schutzfelder bestimmen. Diese Grenze lässt sich praktisch für jedes Winkelsegment individuell festlegen und damit hat man die Möglichkeit, beliebige Schutzfelder zu programmieren und diese Schutzfelder durch einen PC auch mehr oder weniger beliebig zu verändern.“

„So wie bei dem Schwerlast-FTF“, sagte Padberg, „bei dem zwei Schutzfelder übereinander gelegt worden sind, eins für die Abbremsung in die reduzierte Geschwindigkeit und eins, um von der reduzierten Geschwindigkeit zum Stillstand des Fahrzeugs zu kommen.“

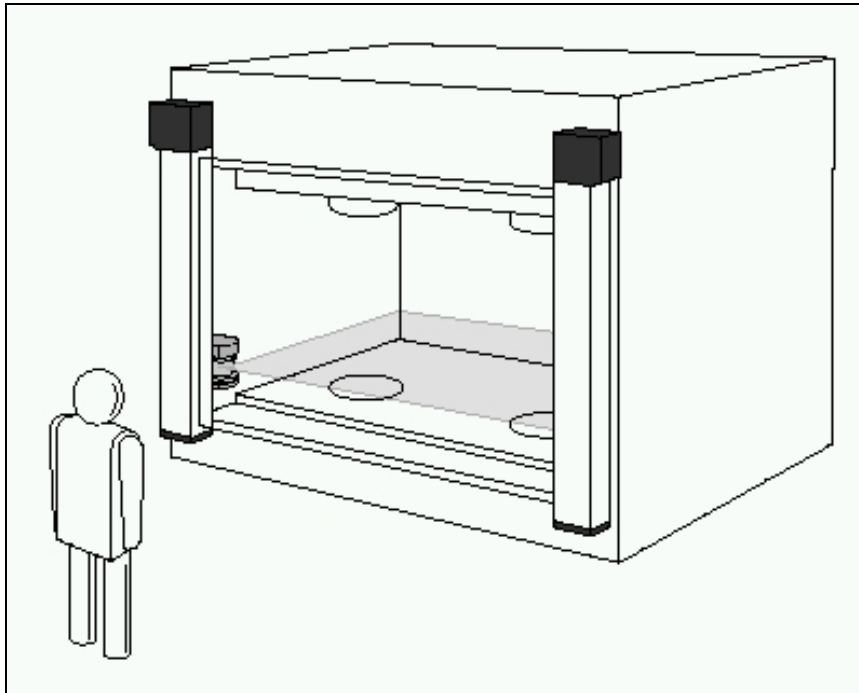
„Sie sehen dies noch einmal auf der nächsten Folie verdeutlicht. Sie zeigt Ihnen eine typische Anwendung des Laserscanners vor einer stationären Maschine: Das äußere Warnfeld ist mit 2 bezeichnet, das innere Schutzfeld mit 1.“



Riedels Folie 2 zeigt eine typische stationäre Absicherung an Maschinen.



„Die nächste Folie zeigt eine Innenraumsicherung in einer Maschine, die von der Person grundsätzlich begangen werden kann, zum Beispiel für Wartungszwecke. Hier verhindert der Scanner, dass sich die Maschine schließt, wenn sich eine Person im Inneren der Maschine befindet.“



Diese Folie zeigt die Innenraumabsicherung in einer Maschine durch den Laserscanner.

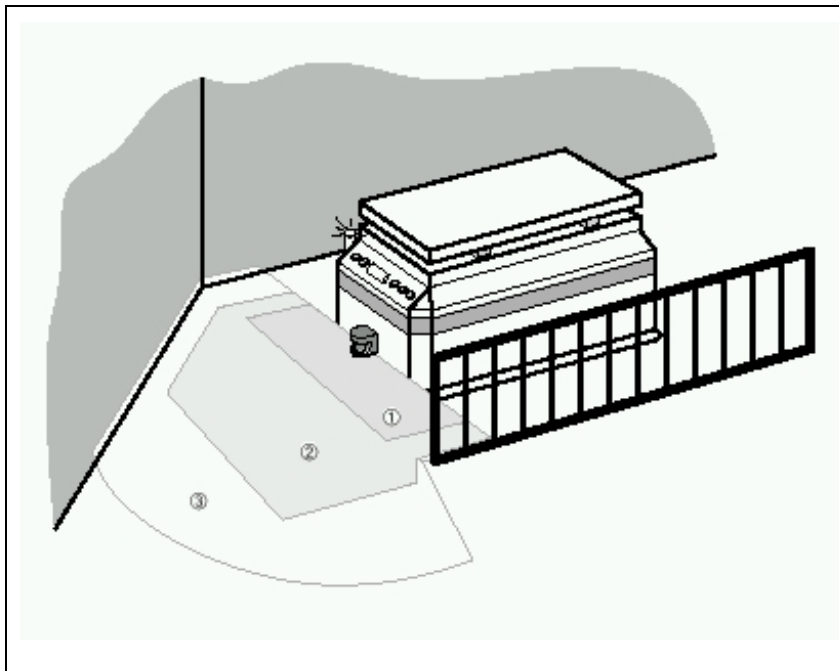
„Der Scanner wird aber auch für die Fahrzeugabsicherung und Navigation eingesetzt, wie meine nächste Folie ⁵ zeigt.“

„Das ist also die Anwendung, wie sie bei Paschke läuft“, sagte Padberg.

„Genau so ist es.“

„Aber wieso sind in dem Bild die Schutzfelder am Fahrzeug über die Fahrzeugkonturen hinausgezogen?“, wollte Padberg wissen.

⁵ siehe Seite 54



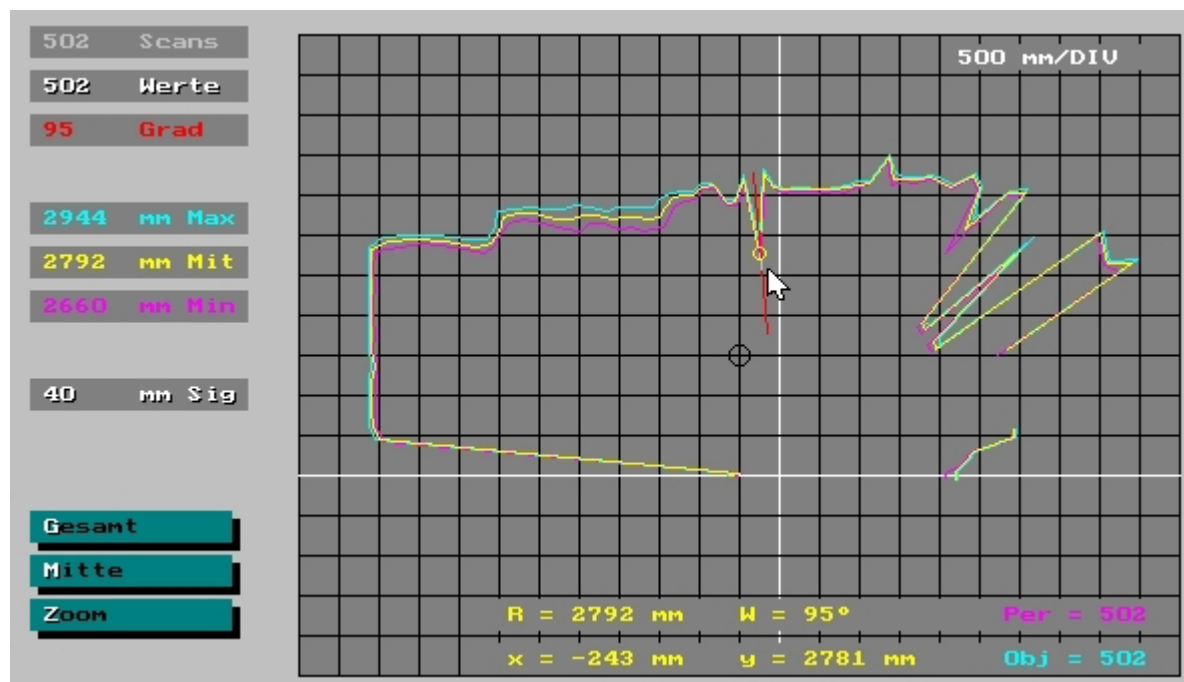
Die vierte Folie zeigt eine typische Absicherung an fahrerlosen Fahrzeugen mit zwei übereinander gelegten Schutzfeldern.

„Das liegt daran, dass im Randbereich der Schutzfelder Messfehler auftreten, und das passiert, weil nur extrem wenig von dem ausgesendeten Licht wieder zurückkommt. Die Messfehler sind deshalb auch umso größer, je weiter ein Objekt weg ist, je schwächer das Licht des Lasers und je dunkler das reflektierende Objekt ist.“

„Wie kann sich denn das Laserlicht abschwächen?“, unterbrach Padberg Riedels Erklärung.

„Die eingesetzten Halbleiterlaser werden an ihrer Leistungsgrenze betrieben, und das führt dazu, dass ihre Leistung im Laufe der Zeit nachlässt. Das heißt, mit der Zeit sendet der Laser wirklich weniger Licht aus. Und wenn weniger ausgesendet wird, kann natürlich auch nur weniger zurückkommen. Das bedeutet, dass das einzufangende Signal sozusagen verrauscht ist. Dies führt letztlich dazu, dass die Position eines realen Hindernisses nicht mehr exakt bestimmt werden kann: Mal wird es näher gesehen, als es in Wirklichkeit zum Scanner steht, und mal erscheint es weiter weg. Sie sehen das an einem konkreten Aufbau in der nächsten Folie.“

Riedels letzte Folie zeigt, dass die Position von Hindernissen im Schutzfeld eines Laserscanners nie ganz genau ermittelt werden kann. In der Nähe des Pfeils im Bild befindet sich ein zylinderförmiger Probekörper. Die Werte links in der Bildmitte zeigen den Mittelwert sowie die minimale und maximale Messentfernung dieses Probekörpers vom Laserscanner.



„Das bedeutet, dass Sie die wahre Entfernung gar nicht ermitteln können“, erkannte Padberg.

„Genau. Der Laserscanner macht immer zwei Messungen. Die Messung, die den kürzeren Weg ergibt, wird aus Sicherheitsgründen berücksichtigt. Der Scanner sieht immer nur eine Momentaufnahme seiner Umgebung und die ist ungenau. In der Folie, die Sie hier sehen, haben wir den Probekörper in einer Entfernung von 2,80 Metern zum Laserscanner aufgestellt. Von 502 Messungen wurde der Mittelwert gebildet. Er liegt bei 2,792 Metern, also recht nahe am wahren Wert. Die einfache Standardabweichung für diese 502 Messwerte beträgt schon 4 Zentimeter, der maximale Wert liegt bei 2,944 Metern und der minimale Wert bei 2,660. Dies ist natürlich eine Messung mit 502 Werten gewesen. In der Realität macht der Scanner, wie gesagt, immer nur zwei Messungen, um zu entscheiden, ob sich ein Objekt innerhalb



oder außerhalb eines Schutzfeldes befindet. Hier spielt also die Statistik in die Sicherheitstechnik hinein. Wir haben deshalb bei unserer Untersuchung schon sehr früh ein so genanntes Probebein entwickelt. Es hat einen Durchmesser von 7 Zentimetern und wurde mit unterschiedlichen Stoffen bespannt. Wir haben so heraus gefunden, dass schwarzer Breitkord, schwarzes Schuhleder und schwarzer Samt, wobei der letztere Stoff in der Industriekleidung wohl seltener zur Anwendung kommt, zu einem maximalen Fehler in der Messung führen, weil sie extrem wenig Licht zurückstreuen und damit für die herkömmlichen Laserscanner besonders schwer zu erkennen sind. Sie sehen es ja in der Folie: Für diese Materialien ist durchaus eine Differenz von 30 Zentimetern möglich. Und das entspricht übrigens auch dem unscharfen Bereich des Scanners der Scholz AG.“

„Und deswegen müssen Sie die Schutzfelder über die Fahrzeugkante hinausziehen“, stellte Padberg fest.

„Ja, das ist richtig. Wir legen über das eigentliche Schutzfeld einen so genannten Schutzfeldüberstand. Dieser Schutzfeldüberstand ist genau der unscharfe Bereich, sozusagen eine Pufferzone, in der die Messergebnisse des Laserscanners noch ungenau und damit unsicher sind. Wir haben für diesen Unschärfbereich eine fünffache Standardabweichung gewählt. Dass eine einzelne Messung außerhalb dieser fünffachen Standardabweichung liegt, kommt pro Jahr nur einige wenige Male vor, und, wie gesagt, wir werten immer zwei Messwerte aus. Und dass die Messung bei beiden Messwerten außerhalb der fünffachen Standardabweichung liegt, ist praktisch ausgeschlossen.“

„Sie haben eben gesagt, dass der Laserscanner nur in einer schmalen Ebene Objekte detektieren kann. Das bedeutet doch, dass liegende Gegenstände oder Personen nicht mehr gesehen werden können, wenn der Laserscanner zu hoch am Fahrzeug montiert ist“, warf Padberg ein.

„Das ist völlig richtig. Deswegen wurde auch ein Probekörper für eine liegende Person genormt. Er hat einen Durchmesser von zwanzig Zentimetern, was etwa dem Rumpfdurchmesser einer schlanken Person entspricht, und muss noch sicher vom Scanner



erkannt werden. Der Scanner sollte allerdings auch nicht zu tief montiert werden, da Staubaufwirbelungen am Boden die optische Funktion natürlich beeinträchtigen. Bei Paschke sind die Scanner in einer Höhe von fünfzehn Zentimetern montiert. Das ist die ideale Anbauhöhe. Sie werden bei Paschke auch gesehen haben, dass die Scanner in die Fahrzeugverkleidung eingesenkt sind. Nur so lässt sich vermeiden, dass zwischen einem stehenden Fahrzeug und dem Schutzfeld noch eine Person stehen kann. Andernfalls könnte das Fahrzeug anfahren, ohne dass diese Person erkannt würde.“

„Das hört sich ja alles gar nicht so kompliziert an. Das heißt, wenn man den Anhalteweg des Fahrzeugs kennt, addiert man dazu den Schutzfeldzuschlag und hat damit die Länge des Schutzfeldes vor dem Fahrzeug errechnet.“

„Ganz so einfach ist es dann doch nicht“, schränkte Riedel ein. „Der Laserscanner hat einige Eigenarten, die ich Ihnen noch erläutern muss. Das Gerät muss auch sehr dunkle Objekte vor hellen Hintergründen erkennen. Unser Auge würde dabei sehr geblendet. Dem Laserscanner geht es ähnlich. Das Stoppsignal für den elektronischen Zähler wird durch die Blendung so verfälscht, dass der Scanner eine so genannte Messwertkorrektur benötigt, um auch in diesem Fall die Entfernung korrekt bestimmen zu können. Die Messwertkorrektur bewertet das gesamte Signal und korrigiert es so, dass ein dunkles Objekt vor einem sehr hellen Hintergrund in der richtigen Entfernung gesehen wird. Bei unseren ersten Versuchen im Labor haben wir dann aber festgestellt, dass ein Laserscanner trotzdem systematisch falsche Werte misst, wenn er im Hintergrund extrem hoch reflektierende Oberflächen sieht. In unserem Labor waren das einfache Fliesen. Das von ihnen reflektierte Signal ist bis zu tausendmal stärker als das vom Objekt zurückgeworfene. Dadurch korrigiert die Messwertkorrektur den Entfernungswert so stark, dass das Objekt sozusagen weiter nach außen verschoben wird. Bei so genannten Retroreflektoren, allgemein bekannt unter dem Begriff Katzenaugen, ist der Fehler noch stärker. Dieser so genannte reflexionsbedingte Messfehler muss zum Schutzfeld addiert werden, denn wir wissen ja nicht, ob durch irgendwelche Objekte am Fahrweg derartig hoch reflektierende Hintergründe entstehen können. Und es muss neben dem Bremsweg des Fahrzeugs natürlich noch die durch Verschleiß nachlassende Bremskraft einkalkuliert werden. Außerdem setzt sich der Anhalteweg



nicht nur aus dem Bremsweg, aus Maximalgeschwindigkeit und Maximalbelastung zusammen, sondern wird auch durch die Ansprechzeit des Laserscanners beeinflusst. Sie liegt bei dem System der Firma Scholz bei achtzig Millisekunden. Tja, und dann gibt es da noch zwei weitere Zuschlüsse, die aber bei Paschke keine Rolle spielen.“

„Sie haben eben gesagt, dass pro Halbkreis dreihundertsechzig Laserschüsse das Gerät verlassen.“

„Eigentlich sind es dreihunderteinundsechzig, da jedes Grad zwei Schüsse erfolgen und auch zu Beginn und am Ende des Halbkreises vor dem Gerät ein Schuss abgegeben wird. Also bei dreihundertsechzig Zwischenräumen sind es dreihunderteinundsechzig Schüsse“, korrigierte Riedel.

„Das heißt aber doch, dass in einer größeren Entfernung Lücken im Schutzfeld entstehen. Denn der Abstand zwischen den einzelnen Strahlen wird ja immer größer, je weiter das Objekt vom Laserscanner entfernt ist“, fuhr Padberg fort.

„Das ist der Grund, warum wir die maximale Schutzfeldentfernung beim Laserscanner der Firma Scholz auf sechs Meter begrenzt haben. Bei sechs Metern trifft ein Lichtstrahl einen Probekörper mit siebzig Millimeter Durchmesser auf jeden Fall noch voll. Diese maximale Reichweite wird bei Paschke tatsächlich auch ausgenutzt. In der technischen Beschreibung habe ich gerade gesehen, dass das Warnfeld bis zu fünfzehn Meter lang sein kann.“

„Wie verträgt sich das denn mit der Begrenzung einer sicheren Erkennung bei höchstens sechs Metern?“, fragte Padberg.

„Das Warnfeld ist nicht sicherheitsrelevant, Herr Padberg. Es dient nur einer Vorwarnung. Es verhindert, dass eine Maschine unnötigerweise angehalten wird, weil sich eine Person aus Unachtsamkeit in den Gefahrenbereich begeben hat. Wir haben das Warnfeld in keiner Weise untersucht und es kann bei Maximalentfernung natürlich dazu kommen, dass eine Person zu spät erkannt wird. Das Warnfeld ist in der Elektronik des Scanners auch nicht abgesichert. Das heißt, durch Fehler im Laserscanner kann das Warnfeld verfälscht werden. Sie müssen sich vorstellen, dass pro



Winkelsegment ja nur ein einziger Wert die Schutzfeldgrenze bestimmt und wenn dieser Wert im Speicher zerstört wird, verändert sich auch die Grenze. Das wird beim Schutzfeld natürlich regelmäßig überprüft. Beim Warnfeld ist das allerdings nicht der Fall. Das Warnfeld darf deswegen niemals für die sichere Detektion von Personen eingesetzt werden.“

„Nun müssen Sie mir noch erklären, wie denn die verschiedenen Schutzfelder in den Scanner kommen“, bat Padberg. „Ich glaube, danach werde ich mich erst einmal meiner kriminalistischen Arbeit widmen. Für heute dürfte dann mein Bedarf an Physik gedeckt sein.“

„Es gibt zwei Möglichkeiten, um ein sicheres Schutzfeld in den Laserscanner zu bekommen. Die erste wurde bei Paschke nicht genutzt. Hierbei lässt man den Scanner ein Schutzfeld einlernen. In der Regel ist dies ein Verfahren zur Absicherung ortsfester Maschinen. Das bedeutet, dass sich der Scanner, ähnlich wie auf der Folie mit den 502 gemittelten Scans, die Umgebung eine Weile ansieht und den Mittelwert des Gesehenen bildet. Von den äußeren Grenzen, die durch Wände oder andere Hindernisse bestimmt werden, zieht die Software dann einen bestimmten Betrag ab, der etwa dem Schutzfeldüberstand entspricht.“

„Wieso ziehen Sie denn den Schutzfeldüberstand ab?“, wollte Padberg wissen.

„Der Schutzfeldüberstand wurde allein aus Sicherheitsgründen eingeführt. Wenn ein Laserscanner in der Nähe einer festen Wand montiert wird, spielt aber auch die Verfügbarkeit der abgesicherten Maschine eine wichtige Rolle. Wird eine Person zu spät gesehen und sie kann dadurch zu weit in den Gefahrenbereich eindringen, ist das ein Problem. Problem Nummer zwei stellt sich, wenn der Scanner ein- oder zweimal am Tag abschaltet, weil fälschlicherweise die Wand zu nahe gesehen wird und vermeintlich im Schutzfeld auftaucht. Deshalb wird der Schutzfeldüberstand von der ermittelten Umgebung abgezogen, damit es keine Verfügbarkeitsprobleme gibt. Natürlich muss das dann verbleibende Schutzfeld so groß sein, dass eine Person, die mit etwa fünf Stundenkilometern in das Schutzfeld eindringt, noch sicher erkannt und die Maschine rechtzeitig stillgesetzt werden kann. Für die sichere Erkennung muss das



verbleibende Schutzfeld den üblichen Schutzfeldüberstand mit enthalten, um groß genug zu sein. Daraus folgt, dass eine feste Wand über das normal errechnete Schutzfeld hinaus noch zwei Schutzfeldüberstände entfernt sein muss, ein Abstand für die Sicherheit und ein Abstand für die Verfügbarkeit.“

„Und wie sieht die zweite Variante aus?“

„Hier wird ein am Computer gestaltetes Schutzfeld an den Laserscanner übertragen. Der Laserscanner besitzt dazu eine serielle Schnittstelle, mit der er die Daten vom PC empfangen kann.“

„Das bedeutet, Sie benutzen so etwas Unzuverlässiges wie einen PC, um den Scanner mit sicheren Schutzfeldern zu füttern?“, fragte Padberg ungläubig.

„Ja, dazu haben sich die Hersteller allerdings einiges einfallen lassen“, entgegnete Riedel. „Das Schutzfeld kann zunächst einmal am PC eingegeben werden. Es wird dann zum Laserscanner übertragen und vom Laserscanner wieder zurück an den PC geschickt. Eine zweite Software, die völlig anders programmiert ist, stellt das Schutzfeld dann auf dem PC auch in einer anderen grafischen Darstellung dar. Der Nutzer sieht also sein ursprünglich gestaltetes Schutzfeld, so wie es im Scanner vorliegt, und die neue Form. Er kann beide vergleichen und erst, wenn er bestätigt, dass sie übereinstimmen und dass das neue Schutzfeld übertragen werden soll, wird es vom Scanner übernommen.“

„Vorhin erwähnten Sie noch Passwörter. Was hat es damit auf sich?“, fragte Padberg nach.

„Es gibt insgesamt vier Ebenen der Zugriffsberechtigung auf den Laserscanner“, erläuterte Riedel. „Die Niedrigste ist die Personengruppe der Maschinenführer, also der üblichen Anwender der Maschine, die natürlich das Schutzfeld nicht verändern können. Diese Personengruppe benötigt daher kein Passwort.“

„Gibt es denn autorisierte Kunden, die Schutzfelder verändern dürfen?“



„Das liegt in der Verantwortung des Maschinenherstellers oder bei Paschke in der Verantwortung des Fahrzeugherstellers. Entscheidet er sich, dem Kunden ein Passwort zu geben, haben wir es mit einer zweiten Ebene der Zugriffsberechtigung zu tun. Soviel ich weiß, ist das Passwort im Werk Paschke aber nicht bekannt gegeben worden. Das heißt, bei Paschke kann eigentlich niemand die Schutzfelder vor den Fahrzeugen ändern, das kann nur die Firma Schöler.“

„Sie sprachen aber von insgesamt vier Zugriffsebenen“, erinnerte Padberg.

„Ja, das stimmt“, fuhr Riedel fort. „Natürlich gibt es auch noch ein Passwort für die Serviceabteilung der Herstellerfirma des Scanners, der Scholz AG. Die können schon etwas tiefer in den Scanner hineinschauen, falls es einmal Probleme mit dem Gerät gibt und man herausfinden will, wo die Ursache für irgendwelche Fehlabschaltungen liegt. Und dann gibt es noch die vierte Ebene, ein so genanntes Superpasswort, das nur die Entwicklungsabteilung bei der Scholz AG kennt und natürlich wir hier in der Prüfstelle.“

„Das heißt, wer das Superpasswort hat, kann jederzeit beliebige Schutzfelder in den Scanner spielen.“

„Ganz am Anfang war das so. Wir haben dieses Problem aber sehr früh erkannt und die Software wurde so verändert, dass das Superpasswort nur dann einen umfassenden Zugriff auf den Scanner erlaubt, wenn der PC mit einer bestimmten Hardware ausgestattet ist. Diese Hardware gibt es natürlich nur bei den PCs der Scholz AG oder bei uns im Labor. Das heißt, ein normaler Nutzer mit einem normalen PC kann auch mit dem Superpasswort überhaupt nichts verändern.“

„Das heißt aber doch“, fasste Padberg zusammen, „wenn diese Passwörter in falsche Hände kommen, kann man die Schutzfelder vor dem Fahrzeug so verändern, dass es zu einem Unfall kommt, wenn eine Person vor das Fahrzeug läuft.“

„Dazu müsste man allerdings die Physik des Scanners extrem gut kennen. Natürlich lässt sich das Schutzfeld auf einfachem Weg sehr klein schalten, aber das würde im Werk Paschke bei Kurvenfahrten an den definierten Hindernissen sofort bemerkt. An



definierten Hindernissen wird nämlich das äußere Schutzfeld aktiv und das Fahrzeug in Kurven in eine reduzierte Geschwindigkeit geschaltet. Damit überprüft sich das System im Normalbetrieb praktisch regelmäßig selbst. Ein stark verkleinertes Schutzfeld würde unmittelbar bemerkt. Und außerdem war das Schutzfeld im Unfallfahrzeug völlig in Ordnung und das Datum der letzten Schutzfeldanpassung stimmte.“

„Das ist zwar richtig“, räumte Padberg ein, „aber Sie dürfen nicht vergessen, dass zwischen dem Unfall und Ihrer Untersuchung eine Nacht lag. In dieser Nacht wurde das Fahrzeug nicht bewacht, und jeder im Werk Paschke, der das Passwort kennt, hätte das Schutzfeld verändern können.“

„Ach, Sie meinen, bei dem Einbruch vor drei Wochen ist ein fehlerhaftes Schutzfeld einprogrammiert worden, das dann nach dem Unfall wieder zurückgesetzt wurde?“

„Richtig. Das wäre doch möglich.“

„Das ist zwar denkbar, setzt aber voraus, dass das Schutzfeld an ganz bestimmten Stellen so verändert wurde, dass diese Veränderungen im Routinebetrieb nicht auffielen, aber dennoch ausreichten, um den Unfall herbeizuführen. Und es setzt auch voraus, dass der Täter in der Nacht, als er das alte Schutzfeld wieder aufgespielt hat, die Uhrzeit und das Datum seines PCs auf die alte Zeit gestellt hat, damit dem Laser-scanner ein falsches Datum vorgegaukelt wurde.“

„Aber möglich wäre es“, beharrte Padberg.

„Sicher. Der Täter hätte dann natürlich das Passwort des autorisierten Kunden kennen müssen.“



4 Hinweise aus der Betriebsanleitung

Auf der Zugfahrt nach Aachen dachte Padberg über die letzten zwei Tage nach. Die Befragung heute Vormittag im Werk Paschke war eher ernüchternd gewesen. Huth und er hatten alle fünfzig Personen einzeln befragt und ausgerechnet zum Zeitpunkt des Unfalls waren alle Arbeitsgruppen komplett gewesen. Damit hatte jeder der fünfzig Personen ein Alibi und kam für einen vorsätzlichen Anschlag auf Rolf Laufenberg praktisch nicht in Frage. Nur das Gespräch mit Herbert Fassbender war interessant gewesen.

„Laufenberg war kein Sklaventreiber“, hatte Fassbender begonnen. „Er hat nur versucht, aus diesem Betrieb etwas zu machen. Während in anderen Werken der Paschke AG Leute entlassen wurden, haben wir uns in den letzten Jahren eher vergrößert. Und das verdanken wir Rolf Laufenberg.“

„Wollen Sie damit sagen, dass Laufenberg gar nicht so menschenverachtend mit den Mitarbeitern des Werkes umgegangen ist, wie viele Ihrer Kollegen uns das geschildert haben?“, hatte Huth ihn unterbrochen.

„Laufenberg konnte in der Tat in der Sache sehr hart sein. Aber das diente unserem Werk. Die meisten haben das einfach nicht kapiert. Allerdings hatte Laufenberg im Umgang mit seinen Mitarbeitern keine glückliche Hand. Wenn jemand einen Fehler gemacht hat, dann hat Laufenberg ihn unerbittlich an den Pranger gestellt. Er konnte die Leute wirklich vor versammelter Mannschaft richtig fertig machen. Zum Beispiel unseren Schichtleiter, Anton Nolden, mit dem ist er noch letzte Woche aneinander geraten. Nolden hatte einige Leute falsch eingeteilt, weil er deren Urlaub falsch eingetragen hatte. Dadurch kam es zu Engpässen in der Montagehalle. Wir konnten um ein Haar unseren Lieferverpflichtungen nicht nachkommen. Laufenberg hat das Ganze in der Montagehalle vor versammelter Mannschaft gemeinsam mit Nolden aufgeklärt. Sie können sich vorstellen, wie der danach gekocht hat.

Oder unser lieber Herr Görtz, der hat doch nur Vorteile von Laufenberg's Tod. Jetzt wird er wahrscheinlich Werkleiter, was er sich sonst hätte abschminken können.



Außerdem hat Laufenberg weitaus mehr gefordert, als dem lieb war. Sie haben ja schon gehört, dass Laufenberg quasi mit dem Werk verheiratet war und ständig Überstunden gemacht hat. Das hat er natürlich auch von Görtz gefordert, der dadurch ständig in Konflikt mit seiner Familie kam. Zwischen den beiden hat es zwar nie so richtig vor versammelter Mannschaft gekracht, aber in Görtz' Büro ging es mehr als einmal richtig laut zu ... Fragen Sie doch mal Tanja Sommer. Sie ist die Sekretärin von Laufenberg und hat deshalb natürlich auch für Görtz gearbeitet.“

„Gibt es noch andere Personen, mit denen Laufenberg so richtig aneinander geraten ist?“, hatte Padberg wissen wollen.

„Ich sagte ja schon, es konnte praktisch jeden treffen, der einen Fehler gemacht hat. In der Vergangenheit hat es wirklich die eine oder andere unschöne Szene gegeben, aber die meisten der Leute, die Laufenberg besonders gedemütigt hat, haben entweder freiwillig das Werk verlassen oder Laufenberg hat dafür gesorgt, dass ihnen gekündigt wurde. Da kann ich mich wirklich nicht mehr an alle Namen erinnern. Ich wollte Ihnen ja auch nur sagen, dass ich einen Unfall im Falle Laufenberg für eher unwahrscheinlich halte.“

„Aber es hätte doch auch ein Versehen Laufenbergs sein können“, hatte Huth nachgehakt.

„Nein. Laufenberg kannte die Systeme wirklich gut. Er wäre nicht aus Versehen von der Seite in den Fahrweg des Fahrzeugs getreten. Ich habe ihn eigentlich nie unaufmerksam erlebt, und einen solchen Fehler macht man nur, wenn man nicht alle Sinne beisammen hat.“

„Haben denn Sie die Polizei am Wochenende informiert?“, hatte Padberg gefragt. Zunächst hatte Fassbender nicht mit der Sprache heraus gewollt, dann aber doch zugegeben, den anonymen Anruf getätigt zu haben.

„Ohne meinen Anruf wären Sie doch bestimmt nicht hier“, hatte er ergänzt. „Der Unfall wäre untersucht, eine echte Unfallursache nicht gefunden worden und mit einigen Mutmaßungen wäre der Bericht zu den Akten gelegt worden. Menschliches



Versagen, so hätte doch das Ergebnis gelaftet. Laufenberg hat eben nicht aufgepasst. Aber das kann ich einfach nicht glauben.“

Nach dem Gespräch hatte sich Padberg eine Liste der Personen geben lassen, die in den letzten fünf Jahren im Werk Paschke angestellt waren und den Betrieb aus eigener Entscheidung verlassen hatten oder entlassen wurden. Huth hatte die Aufgabe, nachmittags die aktuellen Adressen zu überprüfen und für den Donnerstag Gespräche zu vereinbaren. Den Abschluss des Vormittags bildete ein Gespräch mit Laufenbergs Sekretärin, Tanja Sommer.

Frau Sommer bestätigte letztlich die Aussage von Herbert Fassbender. Danach kamen Nolden und Görtz als Täter durchaus infrage, wobei Görtz ein wasserdichtes Alibi hatte. Nur Nolden hatte behauptet, in seinem Büro gewesen zu sein, und dafür gab es keine Zeugen. Im Fall Nolden mussten die beiden zunächst noch einmal konkreter recherchieren, bevor sie ihn in ein intensives Gespräch verwickeln wollten.

Padberg blätterte in der Betriebsanleitung, während die Landschaft zwischen Köln und Aachen an ihm vorbeirauschte. Er sah sehr schnell, dass Riedel ihm weitaus mehr Informationen mit auf den Weg gegeben hatte, als er in der Betriebsanleitung finden konnte. Besonders die Erklärungen zur Funktionsweise waren in der Betriebsanleitung äußerst knapp gehalten. Viele Formeln fielen einfach vom Himmel, ohne genau erklärt zu werden. Bei vielen Begriffen fehlte die Erklärung völlig, sodass er in seinen Notizen nachschauen musste, und dann gab es da noch die Umgebungseinflüsse, die Riedel in seinem Vortrag überhaupt nicht erwähnt hatte. Der Unfallmorgen war nebelig gewesen. Welchen Einfluss hatte das auf die Schutzeinrichtung? Und dann gab es das Problem mit dem verrauschten Rand des Schutzfeldes. Wenn in dem Laser-scanner ein Zähler die Laufzeit des Lichtes bestimmte, wie konnte dieses Ergebnis verrauscht sein? Entweder wurde der Zähler gestoppt oder er wurde nicht gestoppt. Und die Zeit, die notwendig war, damit ein empfangenes Signal den Zähler anhielt, war doch ausschließlich abhängig von der Laufzeit des Lichtes. Wieso konnte diese Laufzeit schwanken und es deshalb im Randbereich unterschiedliche Entfernungsangaben geben? So richtig verstanden hatte Padberg die Erklärung von Riedel nicht.



Und in der Betriebsanleitung gab es dazu auch keine weitergehenden Erklärungen. Padberg beschloss, Dr. Klaus Brandt in der Scholz AG aufzusuchen. Noch im Zug vereinbarte er telefonisch einen Termin für Freitagmorgen, 11:30 Uhr in Tübingen.

Von den siebzehn Personen, die in den letzten fünf Jahren im Werk Paschke gekündigt hatten oder entlassen wurden, lebten noch zehn im Aachener Raum. Von diesen zehn waren sieben inzwischen wieder in einem Beschäftigungsverhältnis und weinten dem Werk Paschke keine Träne nach. Nur Robert Jansen, Norbert Traub und Michael Nagel hatten, seitdem sie die Paschke AG verlassen hatten, keine Arbeit mehr gefunden. Alle drei waren nach hitzigen Auseinandersetzungen von Laufenberg innerhalb der letzten zwei Jahre entlassen worden. Sie arbeiteten an völlig unterschiedlichen Arbeitsplätzen und kannten sich nicht. Die Gespräche am Donnerstag ergaben, dass praktisch alle drei ein mehr oder weniger gutes Alibi hatten.

Robert Jansen war verheiratet, hatte zwei Kinder und war, nach Aussagen seiner Frau, zurzeit des Unfalls im Bett gewesen. Jansen hatte früher in der Montagehalle gearbeitet und kannte sich offensichtlich mit den Schwerlast-FTF in keiner Weise aus. Ihm war nicht einmal bewusst, dass es sich dabei um Laufenbergs Steckenpferd gehandelt hatte.

Norbert Traub war ebenfalls verheiratet und in jener Nacht zu Hause gewesen. Er hatte früher im Büro gearbeitet und war dort für Beschaffungen verantwortlich. Detaillierte Kenntnisse über Laserscanner schien er nicht zu haben.

Michael Nagel hatte am Abend vor dem Unfall mit drei Freunden bis tief in die Nacht Doppelkopf gespielt und war ziemlich alkoholisiert gegen 4:30 Uhr nach Hause gekommen. Das bestätigte seine Freundin Gisela Vianden. Zudem kannte Nagel sich mit Laserscannern nicht aus, da er bei Paschke als Wachmann gearbeitet hatte.

Nach diesem ernüchternden Donnerstag machte sich Padberg um 6:45 Uhr mit dem Zug auf in Richtung Tübingen. Die Betriebsanleitung und eine Liste mit Fragen hatte er im Gepäck. Im Gespräch mit Dr. Brandt und dem Gruppenleiter Peter Hartmann hoffte er die restlichen Fragen klären zu können.



Nachdem Padberg Brandt und Hartmann den Anlass seines Besuches kurz erläutert hatte, wurde ihm die Funktionsweise des Laserscanners anhand zahlreicher Folien erklärt. Die stationäre Absicherung an Maschinen schien das Hauptabsatzgebiet der Firma zu sein und wurde deshalb im Detail erläutert. Als endlich die mobile Absicherung zur Sprache kam, konnte Padberg seine Frageliste abarbeiten.

„Am Morgen des Unfalls war die Luft feucht und leicht nebelig“, begann Padberg. „Welchen Einfluss kann das auf das Schutzfeld des Schwerlast-FTF gehabt haben?“

„Sie müssen sich den Scanner ähnlich vorstellen wie das menschliche Auge. Wenn Regen oder Nebel zu dicht werden, dann wirken sie auch für einen Laserscanner wie eine blickdichte Wand. Da wir mit dem Scanner nur sechs Meter nach vorne schauen, muss allerdings schon sehr dichter Nebel herrschen, um zu einer Fehlabschaltung zu führen. In diesem Fall ist nur noch eine manuelle Steuerung des Schwerlast-FTF möglich“, entgegnete Brandt.

„Der Scanner hat doch eine Frontscheibe“, sagte Padberg. „Wird die nicht durch die Feuchtigkeit, ähnlich wie die Windschutzscheibe eines Fahrzeugs, beeinträchtigt?“

„Das ist richtig, hier mussten wir uns einiges einfallen lassen. Die Frontscheibe wird durch eine Art Ultraschallscheibenwischer kontinuierlich von Staubablagerungen und Feuchtigkeit gereinigt. Diese Besonderheit haben wir nur bei Laserscannern eingebaut, die im Außenbereich eingesetzt werden. Es handelt sich um ein von uns patentiertes Verfahren“, ergänzte Hartmann mit einigem Stolz.

„Aber auch wenn die Frontscheibe frei bleibt, könnten doch Regentropfen in der Nähe des Scanners zu einer Abschaltung führen?“, wollte Padberg wissen.

„Das stimmt“, bestätigte Brandt. „In der unmittelbaren Nähe des Scanners wirkt ein Regentropfen so groß wie ein Bein in sechs Meter Entfernung. Wir blenden deshalb in Entfernungen unterhalb von zwei Metern Objekte in der Größe eines Regentropfens über die Software des Scanners aus. Wenn Sie so wollen, wird die Auflösung des Scanners im Nahbereich damit der Auflösung im Fernbereich angepasst. Dies ist für



den Personenschutz unproblematisch, da es ja auch im Nahbereich ausreicht, Beine zu sehen und nicht kleine Objekte in der Größe von Regentropfen.

Aber noch einmal zurück zum Nebel: Leichter Nebel führt letztendlich dazu, dass weniger Licht auf das eigentliche Objekt fällt und auch weniger beim Empfänger des Scanners ankommt. Letztlich vergrößert Nebel das Rauschen unseres Entfernungssignales.“

„Das habe ich schon im Zentralinstitut nicht verstanden“, unterbrach Padberg. „Sie setzen doch einen Zähler ein, um die Entfernung der Objekte zu bestimmen. Wenn der Lichtimpuls des Lasers zum Beispiel in zwei Metern auf ein Objekt trifft, dann wird der Zähler nach einer Zeit, die vier Meter Lichtlaufzeit entspricht, angehalten. Was kann denn dabei rauschen?“

„Sie haben sich aber wirklich schon eingehend mit dem System beschäftigt“, staunte Hartmann. „Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir ein wenig rechnen: Wie wir alle wissen, bewegt sich das Licht etwa mit 300 000 Kilometern in der Sekunde. Das entspricht 3×10^{10} Zentimetern in der Sekunde. In einer Nanosekunde (das sind 10^{-9} Sekunden) legt das Licht also 30 Zentimeter zurück, denn 3×10^{10} multipliziert mit 10^{-9} ergibt genau 30. Wenn das Licht 30 Zentimeter zurücklegt, kann es Objekte in 15 Zentimeter Entfernung sehen, da der Laserimpuls den Weg zum Objekt und zurück laufen muss. Der Impuls, der von unserem Laser ausgesendet wird, ist drei Nanosekunden lang, dies entspricht zeitlich einer Länge von 3×10^{-9} Sekunden. Dies bedeutet, dass in den drei Nanosekunden, die der Laserimpuls lang ist, das Licht etwa 90 Zentimeter zurücklegt und damit Objekte in 45 Zentimeter Entfernung erkannt werden können. Das ist aber viel zu ungenau für unsere eigentlichen Anwendungen. Da der Zähler ja nicht weiß, an welcher Stelle des reflektierten Impulses er gestoppt wurde, kann man Objekte nicht nur erst ab einer Entfernung von 45 Zentimeter erkennen, sondern man hat auch bei jeder anderen Entfernung einen Ungenauigkeitsbereich von 45 Zentimetern. Das wäre aber völlig inakzeptabel, weil man in diesem Fall alle Schutzfelder um 45 Zentimeter vergrößern müsste, um auf der sicheren Seite zu sein. Betrachten wir auf der anderen Seite unseren Zähler: Er arbeitet mit drei



Gigahertz, das heißt ein Zählimpuls dauert $3,3 \times 10^{-10}$ Sekunden. In dieser Zeitspanne legt das Licht aber nur etwa zehn Zentimeter zurück beziehungsweise erkennt Objekte mit einer Genauigkeit von fünf Zentimetern. Wir können mit unserem Zähler also sehr viel genauer messen als ein Sendeimpuls lang ist.“

„Das bedeutet, sie stoppen den Zähler nicht dann, wenn der Sendeimpuls zu Ende ist, sondern schon sehr viel früher“, unterbrach ihn Padberg.

„Ganz genau. Und dies verursacht das Rauschen, von dem Sie eben sprachen. Während der Sendeimpuls noch generiert wird, kommen bei einem Objekt, das weniger als 45 Zentimeter vom Scanner entfernt ist, bereits reflektierte Signale auf den Empfänger. Dabei können wir nicht warten, bis der Sendeimpuls abgeklungen ist, sonst könnten wir diese Objekte gar nicht erkennen. Wir legen also einen Schwellenwert im Empfänger fest, ab dem das empfangene Signal unseren Zähler stoppt. Da das empfangene Signal allerdings sehr stark rauscht, wird der Zähler letztlich zu unterschiedlichen Zeiten gestoppt. Die Intensität des empfangenen Signals geht über den Schwellenwert am Empfänger direkt in die Entfernung ein. Und dieses Rauschen kann in unserem Gerät bei maximaler Entfernung, maximaler Alterung und ungünstigsten äußeren Umständen bis zu zwanzig Zentimeter betragen. Das heißt, obwohl wir mit dem Zähler im Zentimeterbereich genau messen, können wir die Entfernung eines Objektes im ungünstigsten Fall nur mit einem Fehler von zwanzig Zentimetern bestimmen. Und diesen Ungenauigkeitsbereich müssen wir natürlich zum Schutzfeld addieren. Wie ich eben schon sagte, ist Nebel dabei bereits berücksichtigt.“

„So lässt sich dann auch erklären, warum ein reflektierender Hintergrund ein Objekt nach außen verschiebt“, ergänzte Brandt. „Durch den starken Reflex im Hintergrund wächst das reflektierte Signal insgesamt an und verschiebt unseren Messwert nach hinten.“

„Theoretisch wäre es also denkbar, an bestimmten Stellen – na sagen wir mal – kleinere Lücken in das Schutzfeld hineinzuprogrammieren“, philosophierte Padberg.

„Diese Lücken würden bei einer Begegnung mit dem Fahrzeug gar nicht direkt sichtbar, sondern erst bei ungünstigen Umgebungsbedingungen wie zum Beispiel



Nebel. Und in diesem Fall könnten sie dazu führen, dass das Fahrzeug zu spät stoppt.“

„Natürlich ist das möglich“, gab Brandt zu. „Aber dazu müssten sehr viele ungünstige Bedingungen zusammen kommen. Die Person muss so in das Schutzfeld treten, dass ihr Bein praktisch genau in einer Delle, wie Sie es nennen, landet und dadurch zu spät detektiert wird. Und selbst dann ... Durch die Sicherheitszuschläge, die wir machen, würde dann das Fahrzeug bei vernünftiger Laserleistung und gut funktionierenden Bremsen in der Regel noch früh genug zum Stehen kommen.“

„Aber der Scanner im Werk Paschke ist doch bereits sieben Jahre alt“, unterbrach ihn Padberg. „Die Laserleistung könnte hier durchaus nicht mehr optimal sein.“

„Also wenn Sie, wie Sie anfangs sagten, an eine vorsätzliche Handlung denken, dann sollten wir den Scanner einmal im Detail im Labor untersuchen. Dabei können wir dann konkrete Aussagen zur Laserleistung und möglicherweise weiteren alterungsbedingten Mängeln am Gerät machen. Ohne diese Werte ist das reine Spekulation. Außerdem haben Sie uns doch erzählt, dass das Schutzfeld einwandfrei war. Lücken im Schutzfeld, die dazu führen, dass eine Person überfahren wird, müssten sich aber eindeutig nachweisen lassen.“

„Ich kann einfach nicht glauben“, beharrte Padberg, „dass das jetzt im Scanner befindliche Schutzfeld wirklich das Schutzfeld zum Unfallzeitpunkt war. Immerhin wurde kurz vorher in die Parkhalle der Schwerlast-FTF eingebrochen worden. Da könnte doch jemand die Schutzfelder verändert haben.“

„Besorgen Sie uns das Gerät, und wir werden sehen, was sich herausfinden lässt“, schlug Hartmann vor. „Vielleicht gibt es ja noch eine Möglichkeit, an die bis jetzt keiner gedacht hat. Aber das kann ich Ihnen erst sagen, wenn wir das Gerät hier haben.“

Auf der Rückfahrt durchdachte Padberg noch einmal alles, was er heute gelernt hatte. Ein fehlerhaftes Schutzfeld könnte den Unfall erklären, aber es musste ja irgendwie in den Scanner hineingekommen sein. Die erforderlichen Passwörter waren nur bei der



Firma Schöler und der Scholz AG bekannt. Irgendwo dort musste es eine undichte Stelle geben. Padberg beschloss, eine Liste aller früheren Mitarbeiter bei Schöler und Scholz über die letzten sieben Jahre anzufordern. Vielleicht ließ sich ein Zusammenhang zwischen ehemaligen Mitarbeitern und Paschke herstellen.



5 Gespräch mit einem Technikjournalisten

Noch am Freitagabend veranlasste Padberg, dass der Laserscanner zur Scholz AG geschickt wurde. Am Montagmorgen telefonierte er mit Dr. Riedel vom Zentralinstitut. Padberg hatte immer noch einige Fragen zur Betriebsanleitung, die in einzelnen Punkten mehr als erklärungsbedürftig war. Zum Beispiel wurde nicht klar, warum man von einer typischen Annäherungsgeschwindigkeit von etwa fünf Kilometern in der Stunde ausging und warum die Formel zur Errechnung des Mindestsicherheitsabstandes unterschiedliche Konstanten enthielt, die offensichtlich von der Montagehöhe des Laserscanners abhingen. Riedel erklärte ihm geduldig die Zusammenhänge, verwies aber auch auf Professor Michael Kremer, der an der Fachhochschule Bonn Technikjournalismus lehrte.

„Mit Professor Kremer haben wir vor kurzem die Betriebsanleitungen von allen auf dem Markt erhältlichen Laserscannern untersucht. Dabei hätten wir Sie sehr gut gebrauchen können, Herr Kommissar! Es ging nämlich darum, ob eine technisch versierte Person, die sich nicht schon seit Jahren mit Laserscannern auskennt, diese Betriebsanleitungen ohne weitere Hintergrundinformation verstehen kann. Ihre gezielten Fragen bestätigen das, was wir bei dem Projekt ohnehin schon herausgefunden haben: Die Betriebsanleitungen oder technischen Beschreibungen dieser doch relativ komplexen Schutzeinrichtungen sind leider nicht selbsterklärend. Herr Professor Kremer hat zusammen mit seinen Studenten im Hauptstudium ein Medienpaket entwickelt, das genau diese Verständnislücken schließen soll und die fehlenden Hintergrundinformationen vermittelt. Vielleicht statten Sie Professor Kremer einfach einen Besuch ab, dann kann er Ihnen die Technik noch einmal mit seinen journalistischen Mitteln nahe bringen. Er wird Ihnen sicher auch das Medienpaket vorstellen, denn dazu gehört unter anderem das Musterkapitel der Laserscanner-Betriebsanleitung. Dort finden Sie genau die Punkte, die Sie im Detail interessieren.“

Noch am gleichen Tag vereinbarte Padberg einen Besuch bei Professor Kremer. Im Büro von Professor Kremer skizzierte Padberg in kurzen Sätzen den Grund seines Interesses und erwähnte dabei insbesondere seine noch offenen Fragen, die er am



Morgen mit Dr. Riedel zwar bereits besprochen hatte, die aber dabei noch nicht endgültig beantwortet worden waren.

Kremer erläuterte ihm zunächst das vor kurzem durchgeführte Forschungsvorhaben zur verständlichen Gestaltung von Betriebsanleitungen und fuhr dann fort: „Eine Betriebsanleitung ist heute in der Regel eher aufgebaut wie ein Handbuch, das man nicht von der ersten bis zu letzten Seite lesen muss, sondern nur dann aufschlägt, wenn man eine bestimmte Frage hat. Dies führt zwangsläufig dazu, dass der Überblick über die eigentliche Funktionsweise des Gerätes verloren geht. Und das ist genau das, was Sie im Zusammenhang mit Ihrem Fall in Aachen interessiert. Wir haben deswegen eine Art Medienverbundpaket entwickelt, das, ähnlich wie in einer Zeitung, das wichtigste zuerst, sozusagen auf der Titelseite, präsentiert und zunächst einmal die Zusammenhänge erläutert. Eine technische Beschreibung oder Betriebsanleitung wird dadurch nicht überflüssig. Sie ergänzt dieses Paket, indem sie eine Art Nachschlagewerk darstellt, das für konkrete Anwendungen im Detail studiert werden muss.“

„Heißt das, dass Sie quasi eine Zeitung über Laserscanner geschrieben haben, in der konkrete Anwendungen vorgestellt werden?“, wollte Padberg wissen.

„Nein, das nicht. Das wäre viel zu viel Information! Sie müssen bedenken, dass der Techniker vor Ort in der Regel zu wenig Zeit hat, um all diese Informationen zu lesen und nachzuvollziehen. Anstelle der Titelseite einer Zeitung haben wir ein Plakat entworfen. Dieses Plakat⁶ verweist durch Grafiken auf die wichtigsten Faktoren, die die Sicherheit des Laserscanners beeinflussen. Der Anwender kann es sich zum Beispiel ins Büro hängen, sodass ihm die wichtigsten Merkposten bei der Anwendung sofort ins Auge fallen.“

„Das Plakat wirkt also sozusagen als Merkposten für die Dinge, die er sich in der Betriebsanleitung mühsam zusammensuchen müsste“, fasste Padberg zusammen.

⁶ Das Plakat ist in Anhang 1 abgebildet.



„Richtig. Das Plakat verschafft den Überblick, und weil diese Information insgesamt doch sehr statisch ist, haben wir zusätzlich noch einen kleinen Videofilm⁷ gedreht. Dieser Film erläutert die wesentlichen Punkte durch Animationen und Filmsequenzen von konkreten Anwendungen mit dem Laserscanner.“

Nachdem beide sich das Video angesehen hatten, war Padberg begeistert. Dass man die vielen Informationen, die er in den letzten Tagen von den Experten im Zentralinstitut und bei der Scholz AG erfragt hatte, in nur drei Minuten zusammenhängend darstellen kann, hätte er nicht für möglich gehalten. Auf diese Weise fügten sich die einzelnen Mosaiksteine zu einem Gesamtbild zusammen.

„Als letzten Teil unseres Verbundpaketes haben wir die wesentlichen Kapitel der Betriebsanleitung eines Laserscanners in Comicform neu aufbereitet. Wichtig war uns dabei, dass der Leser den Text gut versteht, er eine positive Beziehung zum Text aufbauen kann, ein positives Bild vom Absender vermittelt wird und dass der Text beim Leser eine sicherheitstechnische Grundhaltung bewirkt⁸! Eine Erklärung der wichtigsten Begriffe war dabei ebenso selbstverständlich wie ein Stichwortverzeichnis und eine klare übersichtliche Gliederung der Kapitel. Ich gebe Ihnen eines unserer Exemplare mit und Sie können die neue Betriebsanleitung einmal mit der Ihnen bekannten vergleichen^{9, 10}. In dieser Anleitung sind übrigens auch die Zuschläge in Abhängigkeit von der Höhe der Anbringungsorte des Laserscanners erläutert. Und Sie erfahren dort auch, dass die etwa fünf Kilometer pro Stunde für die Annäherungsgeschwindigkeit eine reine Konvention aus der europäischen Normung sind. Natürlich können sich Menschen im Betrieb auch schneller bewegen, aber diese Größe ist die Basis für übliche Bewegungen des menschlichen Körpers in Arbeitsbereichen.“

⁷ Der Film kann im Internet unter der Adresse <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/rep0804a.html> heruntergeladen werden.

⁸ Die ausführliche Tabelle findet sich in Anhang 2.

⁹ Die Musterbetriebsanleitung findet sich in Anhang 6.

¹⁰ Zu dem Medienpaket hat das BIA eine Befragung bei Anwendern durchgeführt. Der Fragebogen findet sich in Anhang 5, während die Auswertung der Befragung in Anhang 4 beschrieben ist.



„Das heißt, wenn sich eine Person im Laufschrift auf eine Maschine oder ein Fahrzeug zu bewegt, stimmen die gesamten berechneten Mindestsicherheitsabstände nicht mehr?“, wollte Padberg wissen.

„Das ist richtig“, antwortete Kremer. „Sie müssen sich aber auch die Frage stellen, ob es wirklich realistisch ist, dass sich eine Person im Laufschrift in eine gefährliche Situation begibt. Für reine Hand-Arm-Bewegungen nimmt die Norm übrigens etwas über sieben Kilometer pro Stunde an. Und bei Reflexbewegungen im Gefahrenbereich einer Maschine geht man sogar von über dreizehn Kilometern pro Stunde aus. Welche Größe betrachtet wird, hängt von der konkreten Anwendung ab. Und da mit Laserscannern keine Hände oder Arme abgesichert werden dürfen, sondern nur die Bewegung der Gesamtperson erfasst werden kann, erscheint mir der Wert von fünf Kilometern pro Stunde sinnvoll zu sein. Soviel ich weiß, gibt es aufgrund dieser Werte auch keine Unfälle in Betrieben. Aber das kann Ihnen mit Sicherheit Herr Dr. Riedel vom Zentralinstitut besser erklären.“

Nach dieser Nachhilfestunde in verbesserter Gestaltung von Betriebsanleitungen wandte sich Padberg wieder seiner eigentlichen kriminalistischen Tätigkeit zu. Er hatte inzwischen per Fax eine Liste der ehemaligen Mitarbeiter der Firma Schöler und der Scholz AG erhalten. Bei einem Vergleich der Liste mit den ehemaligen Mitarbeitern der Paschke AG konnte Padberg keine Übereinstimmung feststellen.

Bei der Firma Schöler gab es praktisch keine Fluktuation. Die Firma war in den letzten sieben Jahren von einem Vier-Mann-Unternehmen zu einem mittelständischen Betrieb von 150 Personen angewachsen. Entlassungen hatte es keine gegeben und die fünf Kündigungen führten alle zu Adressen in Ostdeutschland.

Bei der Scholz AG war das anders. Insgesamt hatten innerhalb der letzten sieben Jahre sechs Kollegen aus der Entwicklungsabteilung die Firma verlassen. Drei davon hatten in Aachen zusammen eine kleine Beraterfirma aufgemacht, die sich auf die Anwendung von Laserscannern in der Absicherung von Maschinen spezialisiert hatte. Padberg beschloss, der Beraterfirma von Karlheinz Peters, Dieter Herschel und Harald Sommer einen Besuch abzustatten.



Dieter Herschel war der Geschäftsführer der Drei-Mann-Firma. Er gab Padberg und Huth am Dienstagmorgen bereitwillig Auskunft.

„Natürlich haben wir von dem schweren Unfall bei Paschke gehört“, erzählte Herschel, nachdem Huth kurz den Grund ihres Besuches erläutert hatte. „Wir haben mit der Paschke AG beziehungsweise mit dem Hersteller der Fahrzeuge, der Schöler GmbH, allerdings keinen direkten Kontakt. Natürlich kennt man die Anwender der Laserscanner, insbesondere wenn sie zu den Pionieren gehören. Aber unsere Firma hat sich mehr auf die stationäre Absicherung¹¹ von Maschinen durch Laserscanner spezialisiert. In der mobilen Absicherung¹¹ von Fahrzeugen haben wir kaum Erfahrung und wir wurden in das Projekt bei Paschke auch nicht einbezogen.“

„Gibt es denn bei Paschke überhaupt keine Laserscanner zur stationären Absicherung von Maschinen?“, wollte Huth wissen.

„Das kann ich Ihnen nicht mit Sicherheit sagen“, antwortete Herschel. „Ein großer Konzern wie die Paschke AG greift in der Regel nicht auf unsere Beratertätigkeit zurück. Wenn sie eine Gruppe von Maschinen zum Beispiel mit Laserscannern der Firma Scholz ausrüstet, lässt sie ihre Techniker direkt bei Scholz ausbilden. Da haben wir kaum eine Chance, ins Geschäft zu kommen, da der Hersteller diese Kunden selbst bestens bedient.“

„Inwieweit sind Sie denn mit den Details der Scholz-Laserscanner vertraut“, wollte Huth wissen.

„Herr Inspektor Huth, wir kennen diese Laserscanner so gut wie die Entwicklungsabteilung der Scholz AG. Sie müssen wissen, dass wir alle drei früher derartige Systeme entwickelt haben und aufgrund unserer internen Kenntnisse dann hier eine Beraterfirma gegründet haben.“

¹¹ Die Unterschiede zwischen stationärer und mobiler Absicherung sind in Anhang 6 anschaulich erklärt.



„Inwieweit spielen denn Ihre internen Kenntnisse bei den Beratungen eine Rolle?“, fragte Padberg.

„Nur wenn man den Aufbau und die Funktionsweise dieses Gerätes im Detail kennt, kann man auch vernünftige Sicherheitstechnik damit machen“, sagte Herschel. „Wenn Sie aber glauben, dass wir diese Details all unseren Kunden verraten, dann irren Sie sich. In diesem Fall würden wir uns ja auf Dauer arbeitslos machen. Die Details sind unser Betriebsgeheimnis. Wir nutzen sie nur, um die Anwender kompetent und sachgerecht zu beraten. Natürlich erwerben wir ständig die neuesten Geräte, so bleiben wir über die jüngsten Entwicklungen auf dem Laufenden.“

Nach dem Gespräch mit Herschel war Padberg ziemlich deprimiert.

„Ich hatte gehofft, wir könnten eine Verbindung zwischen der Scholz AG und der Paschke AG herstellen, um so einen Hinweis zu bekommen, wer in der Paschke AG von den Passwörtern Kenntnis haben könnte und damit die Möglichkeit, Schutzfelder zu verändern. Herr Schöler hat mir noch einmal bestätigt, dass es ganz ausgeschlossen ist, dass die von ihnen verwendeten Passwörter der Paschke AG bekannt waren. Es gibt bei Schöler nur drei langjährige Mitarbeiter, die sich mit dem Scanner im Detail auskennen, und für die legt Schöler seine Hand ins Feuer. Die einzige Hoffnung, die ich noch hatte, war eine Verbindung zwischen der Scholz AG und der Paschke AG über frühere Mitarbeiter, aber auch die hat sich eben zerschlagen.“

„Vielleicht gibt es ja doch eine ganz einfache natürliche Erklärung für den Unfall“, wandte Huth ein. „Immerhin könnte Laufenberg an diesem Morgen wirklich unaufmerksam gewesen und damit Opfer seiner eigenen Technik geworden sein. Und dann haben wir da ja immer noch den Schichtleiter Nolden, der für die Zeit des Unfalls eigentlich kein Alibi hat. Er könnte Laufenberg gestoßen haben.“

„Das haben Sie doch schon einmal recherchiert, Huth. Nolden hat an diesem Morgen wirklich eine ganze Menge Papierkram erledigt und das muss er ja irgendwann gemacht haben. Wenn er Laufenberg hätte auflauern wollen, hätte er sich über längere Zeit im Gelände verstecken müssen, da offensichtlich keinem bekannt war,



wann und wo Laufenberg auftauchte. Außerdem war Laufenberg recht kräftig, während Nolden eher klein und schwächlich ist. Ich kann mir wirklich nicht vorstellen, dass er sich irgendwo aus dem Hinterhalt auf Laufenberg stürzt und ihn vor das Fahrzeug stößt. Es gibt an der Unfallstelle auch kaum Möglichkeiten, sich zu verstecken.“

„Bleibt noch die Version mit der Unachtsamkeit Laufenbergs“, gab Huth zu bedenken.

In diesem Moment klingelte Padbergs Handy. In der Leitung war Peter Hartmann, der Gruppenleiter in der Scholz AG. „Herr Kommissar“, begann er, „wir haben eine interessante Entdeckung gemacht, für die es sich lohnt, noch einmal nach Tübingen zu kommen. Bei dem Scanner handelt es sich um eines der ersten Geräte, die wir ausgeliefert haben, und da haben wir einen bestimmten Schutzmechanismus eingebaut, der in unserer Abteilung nur zwei Personen bekannt war. Aber das kann ich Ihnen am Telefon nicht erzählen. Das müssen wir uns im Labor ansehen.“

Padberg versprach, Mittwochmorgen um zehn Uhr in Tübingen zu sein.



6 Ein wichtiger Hinweis bringt die Wende

Pünktlich um zehn Uhr fand Padberg sich bei Hartmann in der Scholz AG ein.

„Als wir den Laserscanner 1995 auf den Markt gebracht haben“, begann Hartmann, „war es das erste Gerät in der Sicherheitstechnik, das man über einen ganz normalen Personalcomputer programmieren konnte. Es war uns von Anfang an klar, dass ein solches Gerät grundsätzlich manipuliert werden kann. Wir haben uns deshalb in Rücksprache mit dem Zentralinstitut vier Zugriffsebenen auf die sicherheitsrelevanten Einstellungen des Laserscanners überlegt.“

Dr. Brandt, der inzwischen auch zu dem Gespräch hinzugekommen war, ergänzte: „Der Benutzer an der Maschine benötigt eigentlich überhaupt keinen Zugriff per PC auf den Laserscanner. Trotzdem mag es Fälle geben, in denen er das Schutzfeld, das ja unsichtbar ist, über einen PC noch einmal überprüfen möchte. Zu diesem Zweck ist es möglich, einen PC an die serielle Schnittstelle des Scanners anzuschließen und das Schutzfeld auf dem Bildschirm sichtbar zu machen. Dabei sieht man ein Bild der Umgebung des Laserscanners, so wie sie auch vom Scanner wahrgenommen wird. Die Grafik am Bildschirm wird allerdings sehr viel seltener neu aufgebaut als das Blickfeld des Scanners, das ja, wie Sie bereits wissen, fünfundzwanzigmal in der Sekunde erneuert wird. Am PC werden Änderungen nur alle zwei bis drei Sekunden dargestellt.“

„Der Benutzer an der Maschine kann aber weder das Schutzfeld noch irgendwelche anderen Eigenschaften des Scanners verändern. Solche Eigenschaften sind zum Beispiel die Anzahl der Mehrfachauswertungen, die bestimmt, wie häufig ein Objekt gesehen werden muss, damit es vom Scanner wirklich wahrgenommen wird und eine Reaktion erfolgt, oder die Zeitspanne, nach der der Scanner nach einer Verletzung des Schutzfeldes wieder freischaltet“, setzte Hartmann die Erläuterungen fort. „Selbstverständlich muss es aber für den Hersteller der Maschine oder eines Fahrzeugs möglich sein, diese Werte an seine Anwendung anzupassen. Deshalb benötigten wir eine zweite Passwordebene, die es erlaubt, alle diese Größen gezielt zu verändern. Das ist das Passwort des so genannten autorisierten Kunden. Zunächst einmal möchte man



glauben, dass diese zwei Passwordebeneen völlig ausreichend sind. Wir haben aber bei den ersten Pilotanwendungen sehr schnell gesehen, dass unser Servicepersonal weitaus mehr Informationen braucht als der Maschinenhersteller. Wir haben in der Anfangszeit immer wieder Abschaltungen des Scanners gehabt, die wir uns absolut nicht erklären konnten. Da das System aber durch einen kleinen Microcontroller gesteuert wird, der auch einen umfangreichen Speicher enthält, konnten wir die Ereignisse, die zu einer Abschaltung führten, im Speicherbaustein festhalten. Diese zusätzliche Information war für unser Servicepersonal und natürlich auch für uns in der Entwicklungsabteilung ungemein wichtig, um die eigentliche Ursache für eine ungewollte Abschaltung herauszufinden.“

„Sie müssen wissen“, mischte sich Brandt wieder in das Gespräch ein, „dass im Falle einer Abschaltung aus Sicht unserer Kunden natürlich immer unser Gerät schuld ist. Wir erhalten dann den Auftrag, diese Probleme abzustellen, obwohl wir die Ursache gar nicht unbedingt kennen. Wir mussten also eine dritte Passwordebene einführen, um solche internen Informationen, die der Maschinenhersteller weder kennen muss noch beeinflussen darf, abfragen zu können. Das ist die Passwordebene unseres Servicepersonals. Das Servicepersonal ist dann auch in der Lage, derartige Variablen wieder zurückzusetzen. Diese dritte Passwordebene ist allerdings so gestaltet, dass das Servicepersonal die vom Hersteller eingestellten Schutzfelder nicht beeinflussen kann. Das schützt uns vor dem Vorwurf, unsere eigenen Leute hätten unsachgemäße Änderungen vor Ort durchgeführt.“

„Wir hier in der Entwicklungsabteilung benötigen natürlich den vollen Zugriff auf den Laserscanner, das heißt, wir müssen alle Statusinformationen abfragen und beeinflussen können und natürlich auch in der Lage sein, die Schutzfelder beliebig zu verändern. Da dies weder ein autorisierter Kunde noch der Service kann, benötigten wir schließlich eine vierte Passwordebene für unsere Entwicklungsabteilung“, erklärte Brandt. „Das Problem bei dieser Ebene besteht darin, dass das Passwort für alle ausgelieferten Laserscanner identisch sein muss, damit wir, falls wir ein Gerät wieder ins Labor bekommen, auch sofort Zugriff darauf haben. Wir waren uns von Anfang an bewusst, dass dieses Supervisor-Passwort, wenn es in falsche Hände gerät, natürlich



ein Problem darstellt. Es gab deshalb verschiedene Konzepte, zum Beispiel das Supervisor-Passwort über einen bestimmten Mechanismus aus der Seriennummer zu generieren oder eine Datenbank zu bevorraten, in der für jedes Gerät ein individuelles Supervisor-Passwort eingespeichert ist. Bei Stückzahlen, die sehr schnell in die Zehntausende gingen, machten aber alle diese Vorschläge wenig Sinn. Jeder Entwickler musste sich deshalb zur strikten Geheimhaltung dieses Passwortes verpflichten. Herr Hartmann und ich haben uns dann noch eine zusätzliche Routine überlegt, mit der wir unerlaubte Veränderungen im Labor sichtbar machen konnten. Wir speicherten nicht nur die vom Scanner eingelesenen Werte, sondern auch das vorletzte Schutzfeld, für den Anwender unsichtbar, dauerhaft im Laserscanner. Von dieser Zusatzfunktion wusste kein anderer in der Entwicklungsabteilung. Sie ist bis heute nur uns beiden bekannt.“

„Das Zentralinstitut war sich der Problematik mit dem Supervisor-Passwort zu Anfang überhaupt nicht bewusst“, erläuterte Brandt. „Die wachten erst 1996 auf und forderten von uns, durch eine technische Maßnahme zu verhindern, dass jemand, der das Supervisor-Passwort kennt, auf die sicherheitsrelevanten Einstellungen des Scanners Einfluss nehmen kann. In diesem Zusammenhang wurde die Idee geboren, nach der Eingabe des Supervisor-Passworts durch den Laserscanner eine Zusatzhardware im PC abzufragen und nur bei Vorhandensein dieser Zusatzhardware den Zugriff auf alle sicherheitsrelevanten Daten zu erlauben. Diese Zusatzhardware wurde eigens von uns entwickelt und in einen so genannten Dongle integriert. Unser Dongle ist ein Stecker, den man auf die Druckerschnittstelle des PCs stecken kann und der auf Anfrage ein bestimmtes Impulsmuster generiert. Das Supervisor-Passwort nutzte nach 1996 also nur demjenigen etwas, der im Besitz dieses Dongles war. Einen derartigen Dongle gibt es aber nur hier in der Entwicklungsabteilung und an drei weiteren Plätzen der Welt, nämlich in Tokio, Sidney und Bolder. Da das Gros unserer Auslandskunden in Japan, Australien und in den USA sitzt, ist es aus Zeitgründen erforderlich, auch in diesen Ländern eine Art Unterentwicklungsabteilung zu haben. Nach der Entwicklung des Dongles haben wir dann die Zusatzfunktion der Speicherung des vorletzten Schutzfeldes aus dem Betriebssystem des Laserscanners herausgenommen.“



„Das heißt“, sagte Padberg, „es gibt eine erste Laserscannergeneration, die nicht nur das aktuell geltende Schutzfeld gespeichert hat, sondern auch das davor gültige.“

„Genau so ist es. Und als Herr Hartmann Ihnen bei Ihrem ersten Besuch vorschlug, den Laserscanner in unser Labor zu schicken, hat er auch an diese versteckte Funktion gedacht. Natürlich haben wir hier im Labor all die anderen Parameter untersucht, die zu einer Abschwächung des Lasersignals geführt haben könnten. Der Laser selbst bringt nur noch etwa ein Drittel seiner ursprünglichen Leistung und das Sichtfenster war mittelmäßig verschmutzt. Die Empfangselektronik arbeitet quasi wie am ersten Tag und hat das Signal nicht zusätzlich abgeschwächt. Durch die verminderte Laserleistung und die Verschmutzung der Frontscheibe ist es aber, wenn man noch den leichten Nebel am Tag des Unfalls mit berücksichtigt, grundsätzlich möglich, dass Ihre beim letzten Besuch geäußerte These stimmt und der Unfall durch eine gezielte Manipulation des Schutzfeldes herbeigeführt wurde.“

„Und da es sich bei dem Gerät um einen Scanner von 1995 handelt, konnten wir das vorher abgespeicherte Schutzfeld in unserem Labor auslesen. Und dieses Schutzfeld sehen Sie hier auf dem PC.“

Das auf dem PC dargestellte Schutzfeld unterschied sich von dem Originalschutzfeld nur durch vier kleine einprogrammierte Lücken in einer Größe von maximal 25 Zentimetern. Dort, wo sich die Lücken befanden, war das dem Not-Stopp-Feld überlagerte Schutzfeld auf etwa die Hälfte seiner Größe reduziert. Damit lag es nur noch knapp über dem Not-Stopp-Feld.

„Im normalen Betrieb werden sich diese Lücken nicht bemerkbar gemacht haben“, sagte Hartmann. „Bei einer Kurvenfahrt gab es genügend Winkelsegmente, die über die Referenzhindernisse im Fahrparcours von Paschke zu der erforderlichen Abbremsung geführt haben. Rein äußerlich war das fehlerhafte Schutzfeld also durch nichts zu erkennen.“



„Und das bringt uns zur nächsten wichtigen Information, die wir herausfinden konnten“, ergänzte Brandt. „Das Speicherdatum dieses vorherigen Schutzfeldes war der 17. Oktober diesen Jahres.“

„Das war genau der Tag, an dem in der Parkhalle der Schwerlast-FTF eingebrochen wurde“, schoss es aus Padberg heraus, um gleich darauf triumphierend zu kombinieren: „Und das bedeutet doch, dass ich mit meiner These eines fehlerhaft einprogrammierten Schutzfeldes gar nicht so falsch lag. Also wurde dieser Unfall doch vorsätzlich herbeigeführt!“

„Ja, alle Achtung, Herr Kommissar. Durch Ihre gezielten Fragen verstehen Sie die Scannertechnik inzwischen so genau, dass Sie, entgegen aller Expertenmeinungen, die wahre Unfallursache herausgefunden haben. Jetzt müssen Sie nur noch den Täter finden. Aber das dürfte Ihnen als Kriminalist ja nicht besonders schwer fallen.“



7 Des Rätsels Lösung

In der Nacht zum Donnerstag konnte Padberg kein Auge zutun. Seine These mit dem manipulierten Schutzfeld hatte sich bestätigt und doch war er der Lösung des Falles anscheinend keinen Millimeter näher gekommen. Nach einer Verbindung zwischen Schöler und Paschke zu suchen, war nach den neuesten Erkenntnissen nicht mehr erforderlich, denn der Täter hatte wahrscheinlich das Supervisor-Passwort des Laserscanners verwendet. Irgendjemand bei der Paschke AG musste intime Kenntnisse des Scholz'schen Laserscanners haben. Für die Betreuung der fahrerlosen Fahrzeuge waren bei Paschke insgesamt drei Personen zuständig. Mit Herbert Fassbender hatten sie bereits gesprochen, da er zum Zeitpunkt des Unfalls im Werk anwesend war. Die beiden anderen Personen hatten sie sich bis jetzt nicht angesehen. Keiner der drei hätte es nötig gehabt, drei Wochen vor dem Unfall in die Parkhalle der Schwerlast-FTF einzubrechen, um das fehlerhafte Schutzfeld einzuprogrammieren. Alle hätten jederzeit unbemerkt die Schutzfelder verändern können. Bei Licht betrachtet kamen die drei Personen mit den besten Kenntnissen des Laserscanners im Werk Paschke für die Manipulation eigentlich nicht in Frage. Padberg beschloss trotzdem, sich am nächsten Tag noch einmal mit Tanja Sommer, Laufenberg's Sekretärin, zu unterhalten und etwas über das Verhältnis zwischen Laufenberg und den drei Technikern heraus zu bekommen.

Eine vielversprechendere Spur war die Beraterfirma von Dieter Herschel. Alle drei Personen hatten die erforderlichen Kenntnisse über den Laserscanner, um dessen Schutzfelder jederzeit manipulieren zu können. Nach Aussage von Hartmann hatte keiner der drei eine Ahnung davon, dass das alte Schutzfeld im Laserscanner gespeichert blieb. Bis jetzt hatten sich Huth und Padberg ja nur mit dem Geschäftsführer unterhalten. Padberg beschloss, sich am morgigen Tag um ein Gespräch mit den beiden Mitarbeitern von Herschel zu kümmern. Vielleicht konnte er ja bei Karlheinz Peters oder bei Harald Sommer eine Verbindung zur Paschke AG finden.

Eine dritte heiße Spur waren die drei ehemaligen Mitarbeiter der Paschke AG, die Laufenberg gefeuert hatte und die bis auf den heutigen Tag arbeitslos geblieben



waren. Alle drei waren von Laufenberg öffentlich gedemütigt worden und litten mit Sicherheit unter ihrer jetzigen Situation. Außerdem kannten sie die Örtlichkeiten bei Paschke und waren wahrscheinlich über Laufenberg's Gewohnheiten informiert. Alle drei hatten zwar für die Tatzeit ein Alibi, was aber nach den neuesten Erkenntnissen nicht viel aussagte. Viel wichtiger war es, herauszubekommen, was die drei in der Nacht des Einbruches in die Parkstation und vor allem in der Nacht nach dem Unfall unternommen hatten.

Nachdem Padberg am Donnerstagsmorgen Huth über die in der Nacht entwickelte weitere Vorgehensweise informiert hatte, besuchten die beiden zunächst Tanja Sommer.

„Im Werk Paschke waren nach unserer Kenntnis insgesamt drei Techniker für die Betreuung der Schwerlast-FTF zuständig“, begann Huth. „Kennen Sie diese drei Herren?“

„Selbstverständlich“, entgegnete Sommer. „Fassbender, Möller und Rabe gingen hier im Büro regelmäßig ein und aus. Laufenberg selber hatte sie ja eingestellt und die drei waren letztlich verantwortlich dafür, dass Laufenberg's liebstes Kind gehegt und gepflegt wurde. Sie müssen wissen, dass es am Anfang mit den Schwerlast-FTF eine Menge Probleme gab. Da war es notwendig, praktisch in jeder Schicht jemand vor Ort zu haben, der die Fahrzeuge wieder ans Laufen bringen und danach Verhandlungen mit der Schöler GmbH führen konnte. Anfangs machte Herr Laufenberg das ja alles selber; aber er hat sehr schnell erkannt, dass er damit einfach überfordert war. Da hat er zuerst Fassbender eingestellt und danach Eberhard Möller und Hans Rabe.“

„Wie war denn das Verhältnis dieser drei zu Herrn Laufenberg?“, wollte Padberg wissen.

„Laufenberg hat sich bei der Auswahl der drei Techniker sehr große Mühe gegeben. Wenn er sich überhaupt mit Leuten im Werk gut verstanden hat, dann waren es diese drei. Es kann sogar sein, dass sie sich schon einmal privat getroffen haben. Da sollten Sie die Herren aber selber fragen.“



„Mit Herrn Fassbender haben wir bereits gesprochen“, sagte Huth. „Können Sie uns sagen, wo wir Herrn Möller und Herrn Rabe finden?“

„Da haben Sie aber Glück. Beide sind heute hier, weil eines der Schwerlast-FTF gewartet werden muss. Sie finden sie beide in der Parkstation.“

„Kennen Sie eigentlich einen Harald Sommer?“, wollte Huth noch wissen. „Er arbeitet bei der Firma Laserschutz, die einem gewissen Dieter Herschel gehört.“

„Der Name Sommer ist selbst in Aachen nicht so selten“, entgegnete Frau Sommer. „Ich bin zwar in Eschweiler aufgewachsen und kenne eine Menge Sommers in Aachen, aber ein Harald Sommer ist mir weder bekannt noch mit mir verwandt. Und von der Firma Laser ... Wie sagten Sie?“

„Laserschutz, der Geschäftsführer heißt Dieter Herschel.“

„Also von dieser Firma Laserschutz habe ich noch nie etwas gehört. Hat sie irgendwas mit den bei uns eingesetzten Fahrzeugen zu tun?“

„Nein, nein. Nach Aussage von Herrn Herschel hat die Firma keine Verbindung zur Paschke AG. Aber es hätte ja sein können, dass Sie Herrn Sommer kennen.“

„Tut mir Leid, meine Herren, aber da muss ich Sie enttäuschen.“

Eberhard Möller und Hans Rabe waren beide etwa Mitte dreißig und schienen ihr Hobby zum Beruf gemacht zu haben. Sie waren nicht ausschließlich für die Schwerlast-FTF zuständig, sondern betreuten noch eine Menge anderer Maschinen im Werk. Sie schienen sich mit dem Gesamtsystem Schwerlast-FTF recht gut auszukennen.

Nachdem Huth und Padberg sich vorgestellt hatten und mit den beiden über die Technik ins Gespräch gekommen waren, konfrontierte Padberg sie mit der neuen Erkenntnis, die er gestern von der Scholz AG mitgebracht hatte.

„Wir wissen übrigens inzwischen, dass Ihr Chef, Herr Laufenberg, ermordet worden ist. Zum Zeitpunkt des Unfalls war ein an entscheidenden Stellen manipuliertes



Schutzfeld im Laserscanner abgespeichert, dass in der Nacht nach dem Unfall wieder überspielt wurde.“

„Also hatte Herbert doch Recht“, entgegnete Rabe auf die unangenehme Nachricht. „Er hat ja von Anfang an geglaubt, dass es bei dem Unfall nicht mit rechten Dingen zugeht. Sie müssen wissen, dass wir drei ein recht gutes Verhältnis zu Rolf Laufenberg hatten. Er hat zwar viel von uns gefordert, aber er hat auch immer dafür gesorgt, dass wir eine hoch interessante Arbeit hatten.“

„Ob das unter dem neuen Chef so bleibt“, ergänzte Möller, „werden wir abwarten müssen. Er scheint der neuen Technik gegenüber nicht so aufgeschlossen zu sein. Aber dass Laufenberg ermordet worden ist, schockiert mich jetzt doch. Ich habe ja die Vermutungen von Herbert nie ernst genommen.“

„Haben Sie denn schon einen Verdacht, wer für die Manipulation des Schutzfeldes infrage kommt?“

„Wer wäre denn aus Ihrer Sicht in der Lage, die Schutzfelder der eingesetzten Laserscanner zu manipulieren?“, fragte Huth.

„Also hier in der Firma mit Sicherheit keiner“, antwortete Rabe. „Wir haben schon wiederholt versucht, an das Passwort zur Veränderung von Schutzfeldern heranzukommen, aber da ist die Firma Schöler absolut konsequent. Das hat wohl mit der Produkthaftung zu tun.“

„Warum hatten Sie denn Interesse, die Schutzfelder in den Scannern zu verändern?“

„Am Anfang hat es häufige Fehlabschaltungen gegeben. Die Fahrzeuge bremsten plötzlich ab und kein Mensch konnte sich erklären, warum. Die Fehlabschaltungen waren auch nicht reproduzierbar und die Firma Schöler musste mehrere Male kommen, um das Problem zu lösen. Wir hatten natürlich den Stress. Der Ausfall der Fahrzeuge hier im Betrieb war anfangs ein großes Problem.“

„Wie wurden die anfänglichen Probleme am Scanner denn gelöst?“



„Ich glaube, so ganz genau wissen das selbst die Kollegen bei Schöler nicht. Die haben mir gesagt, sie hätten von der Scholz AG eine neue Softwareversion bekommen und die auf die Scanner aufgespielt. Danach lief das System besser. Zusätzlich wurden die Scanner etwas anders montiert, sodass sie heute mehr parallel zur Bodenfläche schauen und nicht nach oben geneigt sind. Anscheinend haben anfangs irgendwelche Lichtreflexe zu Störungen geführt.“

„Aber während dieser Arbeiten haben Sie doch sehr intensiven Kontakt zu den Ingenieuren bei der Schöler GmbH bekommen“, fragte Padberg.

„Das ist zwar richtig, aber wenn Sie daraus schließen, dass ein guter Arbeitskontakt auch dazu führt, dass man die Passwörter sozusagen abends beim Bier erfährt, dann irren Sie sich. Die Herren würden dabei ihren Job riskieren und die sind von ihrer Arbeit mindestens so begeistert wie wir von der unseren.“

„Wir haben das auch letztlich eingesehen und nicht weiter insistiert. Die Firma Schöler hat einen super Service und war bei Problemen in der Regel innerhalb kürzester Zeit vor Ort. Mit der Zeit traten dann ja auch keine ernsthaften Probleme mehr auf.“

„Gilt das, was Sie hier über sich gesagt haben, auch für Herrn Fassbender?“, fragte Padberg.

„Absolut. Fassbender hatte keinen anderen Kontakt zur Schöler GmbH als wir beide. Noch nicht einmal Rolf Laufenberg, der die Entwicklung ja hier eingeleitet hat und von Anfang an dabei war, kannte irgendwelche Passwörter. Er war natürlich am Anfang unsere erste Anlaufstelle.“

„Gibt es denn hier im Werk noch irgend jemand anderen, der sich für diese Technik interessiert hat?“, wollte Huth wissen.

„Hier arbeiten ein paar hundert Leute, Herr Inspektor, die ich nicht alle kenne. Selbst von den Personen, die ich kenne, weiß ich nicht immer, wofür sie sich interessieren“, antwortete Rabe.



„Aber wenn Sie darauf hinauswollen, ob irgendeiner im Werk sich ab und zu nach den Fahrzeugen erkundigt hat und mit uns sozusagen gefachsimpelt hat, dann muss ich Sie leider enttäuschen. Außer Rolf Laufenberg interessierte sich hier eigentlich keiner für unsere Arbeit.“

„Das Gespräch hat uns leider keinen Millimeter weiter gebracht“, stellte Padberg enttäuscht fest, als er das Werk zusammen mit Huth verließ. „Nun, hoffen wir, dass wir bei der Firma Laserschutz vielleicht auf eine heiße Spur stoßen.“

Huth hatte bereits früh morgens mit Herschel telefoniert. Herschel hatte ihm zugesagt, gemeinsam mit seinen beiden Mitarbeitern Sommer und Peters ab 10 Uhr für ein Gespräch zur Verfügung zu stehen. Alle drei fanden sich im kleinen Besprechungszimmer der Firma ein, nachdem Padberg und Huth eingetroffen waren.

„Herr Herschel hat Ihnen ja bestimmt schon berichtet, warum wir mit Ihnen sprechen möchten“, begann Padberg, an Peters und Sommer gerichtet, das Gespräch.

„Nach den neuesten Erkenntnissen müssen wir davon ausgehen, dass der Laserscanner an dem Schwerlast-FTF, von dem Rolf Laufenberg, der Werkleiter bei Paschke, vorletzte Woche überfahren wurde, bewusst manipuliert wurde.“

„Das ist ja der Hammer!“, entfuhr es Sommer. „Ein Mord mit einem Laserscanner! Das ist ja wie im Kino!“

„Können Sie uns dazu etwas mehr erzählen?“, wollte Peters wissen.

„Wir wissen heute, dass zum Zeitpunkt des Unfalls ein manipuliertes Schutzfeld im Scanner einprogrammiert war, das dazu geführt hat, dass Laufenberg vom Scanner zu spät gesehen wurde und so vom Fahrzeug erfasst werden konnte. Die Manipulationen sind wahrscheinlich bei einem Einbruch vor jetzt etwa fünf Wochen im Werk Paschke ganz bewusst durchgeführt worden, und sie waren so angelegt, dass sie im Routinebetrieb des Fahrzeugs nicht bemerkt werden konnten. Der Täter muss die Verhältnisse im Werk ziemlich gut gekannt haben. Er muss auch gewusst haben, dass Laufenberg



regelmäßig in das Schutzfeld der Scanner hineingelaufen ist, um sich von dessen Funktionsfähigkeit zu überzeugen.“

„Und da brauchen Sie zwei Wochen, um das herauszufinden?“, sagte Peters. „Das Erste und Wichtigste nach einem solchen Unfall ist doch, das gespeicherte Schutzfeld der Laserscanner zu untersuchen. Wurde das denn bei der Unfallanalyse nicht gemacht?“

„Natürlich, das Schutzfeld des Scanners war bei der Unfalluntersuchung völlig in Ordnung. Sie sehen daran, dass der Täter diesen Mord akribisch geplant hat.“

„Also, das müssen Sie mir erklären“, sagte Peters. „Auf der einen Seite sagen Sie, dass zum Zeitpunkt des Unfalls ein fehlerhaftes Schutzfeld gespeichert war, und auf der anderen Seite behaupten Sie, dass die Unfalluntersuchung gezeigt hat, dass der Scanner richtig programmiert war. Das ist doch ein Widerspruch.“

„Ich möchte hier nicht auf die Details eingehen, aber Sie müssen mir schon glauben, dass wir inzwischen wissen, dass zum Zeitpunkt des Unfalls ein manipuliertes Schutzfeld im Laserscanner gespeichert war, dass im Nachhinein, also kurz nach dem Unfall und noch bevor der Unfall im Detail untersucht wurde, verändert worden ist.“

„Da hat jemand das Passwort des autorisierten Kunden unberechtigt weitergegeben“, schlussfolgerte Sommer. „Na, da kann sich die Firma Schöler ja auf Einiges gefasst machen.“

„Nach unseren Recherchen scheint das Passwort des autorisierten Kunden nicht das Problem zu sein“, korrigierte Padberg. „Es gibt ja noch eine weitere Passwortebene, die nur in der Entwicklungsabteilung bekannt ist und die sehr wahrscheinlich ja auch Sie kennen.“

„Klar, es gibt das Supervisor-Passwort. Aber wenn Sie das schon alles recherchiert haben, dann wissen Sie doch auch, dass man mit dem Supervisor-Passwort nur arbeiten kann, wenn man im Besitz eines speziellen Dongles ist und den gibt die Firma



Scholz nicht heraus. Noch nicht einmal wir haben einen derartigen Dongle damals mitnehmen können. Da wird bei Scholz genauestens Buch geführt.“

„Es handelt sich bei dem Laserscanner in der Paschke AG um eines der ersten Geräte, und, wie Sie sicher auch wissen, war da zur Nutzung des Supervisor-Passwortes keine Zusatzhardware erforderlich.“

„Da haben Sie Recht“, entgegnete Herschel. „Aber mir war gar nicht bewusst, dass solche Geräte noch im Markt sind. Da hätte eigentlich die Scholz AG reagieren müssen.“

„Das hat man offensichtlich auch getan, aber Laufenberg war nicht an einem Austausch des Gerätes interessiert. Er konnte sich nicht vorstellen, dass dieser Punkt in seinem Betrieb einmal ein Problem darstellen würde, zumal das Supervisor-Passwort keinem im Betrieb bekannt war.“

„Das ist ja echt tragisch. Da ist Laufenberg praktisch seiner eigenen Unvorsicht zum Opfer gefallen.“

„Na, so würde ich das nicht unbedingt sehen“, sagte Huth. „Es handelt sich hier immerhin um einen Mord, meine Herren. Man kann Laufenberg wohl kaum zum Vorwurf machen, dass er vor fünf Jahren nicht an ein solches Szenarium gedacht hat.“

„Aber was hat das alles mit uns zu tun“, wollte Sommer wissen.

„Sie sind die einzigen Personen, die in den letzten sieben Jahren die Entwicklungsmannschaft der Scholz AG verlassen und sich in der Nähe von Aachen eine neue Existenz aufgebaut haben. Damit sind Sie die Einzigen hier im Umkreis, die das Supervisor-Passwort kennen.“

„Wollen Sie etwa damit behaupten, dass wir Laufenberg umgebracht haben?“, empörte sich Peters.

„Nein, natürlich nicht. Aber es könnte doch sein, dass Sie über den Laserscanner und seine Funktionsweise und auch über die Passwortebenen in den letzten vier Jahren, in



denen Sie hier in Aachen arbeiten, mit anderen Personen gesprochen haben. Und wir hoffen, auf diese Weise eine Spur zu finden, die zum Täter führt. Also, meine erste Frage ist: Kennen Sie Personen, die bei der Firma Schöler oder Paschke arbeiten oder gearbeitet haben und haben Sie mit diesen Personen einmal über die Technik gesprochen?“

„Paschke ist ein großes Werk in Aachen“, antwortete Sommer. „Natürlich kenne ich einige Personen, die dort arbeiten. Aber ich kann mich nicht erinnern, dass ich mich mit jemandem über derartige Details unterhalten hätte.“

„Was heißt das konkret?“, wollte Huth wissen.

„Natürlich erzählt man hier und da von seiner Arbeit. Und der Laserscanner ist nun einmal ein besonders interessantes Objekt, das man technisch Interessierten gerne schon einmal beschreibt. Also, ich habe in den letzten vier Jahren wirklich nicht Buch geführt, mit wem ich in meinem Bekanntenkreis schon einmal über den Laserscanner gesprochen habe. Aber dass ich jemandem das Supervisor-Passwort genannt habe, das kann ich mit Sicherheit ausschließen.“

„Und wie ist das bei Ihnen, Herr Herschel? Herr Peters?“, fragte Padberg.

„Paschke ist ja kein Kunde von uns. Deswegen fallen solche Gespräche aus beruflichen Gründen praktisch aus“, sagte Herschel. „Dass ich im privaten Umfeld auf solche Details eingehe, kann ich auch ausschließen. Es würde die meisten erstens nicht interessieren und zweitens würden sie es überhaupt nicht verstehen.“

„Und Sie, Herr Peters?“

„Also, auf Anhieb kann ich mich auch nicht an so ein Gespräch erinnern. Sicher, auch ich habe schon einmal von meiner Arbeit erzählt. Ich habe den einen oder anderen interessierten Techniker in meinem Bekanntenkreis, aber keiner hat in seinem Berufsleben direkt mit Laserscannern zu tun, und da ist es doch eigentlich sinnlos auf solche Details einzugehen.“



„Vielleicht denken Sie noch einmal darüber nach“, schloss Padberg das Gespräch. „Ich kann mir vorstellen, dass Sie sich nicht ad hoc an alle in Frage kommenden Gespräche in den letzten vier Jahren erinnern können, aber vielleicht hat es doch Begegnungen gegeben, bei denen über Einzelheiten gesprochen wurde. Dann wären wir an einem Namen sehr interessiert. Es würde uns auch schon weiter helfen, wenn Sie uns die Bekannten nennen, von denen Sie wissen, dass sie bei der Paschke AG arbeiten oder gearbeitet haben, unabhängig davon, ob Sie mit den Personen ein Gespräch über den Laserscanner geführt haben oder nicht.“

„Das ist kein Problem. Diese Liste können wir Ihnen anfertigen und innerhalb der nächsten Tage zuschicken.“

„Schon wieder Fehlanzeige“, murmelte Padberg, als er das Gebäude der Laserschutz GmbH verließ. „Heute ist irgendwie nicht unser Tag.“

„Also ganz so negativ sehe ich das Ergebnis dieses Gespräches nicht“, widersprach Huth. „Immerhin könnte es Verbindungen zwischen Mitarbeitern der Laserschutz GmbH und Mitarbeitern der Paschke AG geben. Wir sollten erst einmal die Liste der Herren abwarten und dann noch einmal recherchieren.“

„Okay, Ernst. Dann lass uns heute noch Jansen, Traub und ... wie hieß der Dritte noch einmal?“

„Michael Nagel.“

„... ja, Nagel besuchen. Vielleicht haben wir da mehr Erfolg.“

Die beiden Gespräche bei Jansen und Traub waren wenig ergiebig. Beide waren in Bereichen eingesetzt gewesen, in denen sie mit den Schwerlast-FTF nichts zu tun hatten. Beide fanden die Story mit dem Mord zwar recht interessant, stellten aber derart unsinnige Rückfragen, dass klar wurde, dass sie zu solch einer Manipulation des Laserscanners gar nicht in der Lage gewesen wären. Und, was das Wichtigste war, Jansen verfügte für die Nacht des Einbruches über ein wasserdichtes Alibi. Er war auf dem fünfundachtzigsten Geburtstag seiner Mutter in Hamburg gewesen und hatte dort



auch mit der gesamten Familie übernachtet. In der Nacht nach dem Unfall war er zu Hause gewesen. Traub konnte sich zwar nicht mehr erinnern, was er in der Nacht des Einbruchs gemacht hatte, er hatte aber für die Nacht nach dem Unfall ein Alibi. Er hatte an einer vom Arbeitsamt bezahlten dreitägigen Fortbildungsveranstaltung im Sauerland teilgenommen.

Nagel war nicht zu Hause und Padberg sprach ihm eine Nachricht auf seinen Anrufbeantworter. Gegen Nachmittag meldete sich Nagel auf Padbergs Handy.

„Sie wollten mich sprechen“, begann er. „Geht es immer noch um den Fall in der Paschke AG?“

„Ja, Herr Nagel. Wir würden Sie gerne noch einmal in dieser Sache befragen“, antwortete Padberg.

„Nun, dann kommen Sie doch am besten gleich vorbei.“

Michael Nagel war nicht verheiratet, lebte aber mit seiner Freundin, Gisela Vianden, seit einem Monat zusammen. Nagel war Wachmann bei der Paschke AG gewesen und hatte sich seit dem Rausschmiss durch Laufenberg mit kleineren Gelegenheitsjobs über Wasser halten müssen.

„Herr Nagel, wir haben für den Unfall im Werk Paschke immer noch keine befriedigende Erklärung“, begann Padberg das Gespräch. „Deswegen hätten wir noch einige Fragen an Sie.“

„Ich sehe zwar nicht, wie ich Ihnen da helfen könnte, weil ich das Werk Paschke schon vor zwei Jahren verlassen musste, wie Sie wissen, aber bitte. Fragen Sie!“, entgegnete Nagel.

„Sie haben doch das Werk Paschke damals nicht freiwillig verlassen“, begann Huth. „Soweit uns bekannt ist, hat Laufenberg Ihnen gekündigt. Was war denn der Grund für diese Kündigung?“



„Kommen Sie zu mir, um in diesen alten Wunden zu rühren?“, fragte Nagel. „Muss ich Ihnen das überhaupt erzählen? Was hat das mit dem Unfall im Werk Paschke zu tun?“

„Wir versuchen, uns ein Bild davon zu machen, was Laufenberg für ein Mensch war und ob er Feinde hatte“, sagte Huth. „Wir haben diese Frage nicht nur Ihnen gestellt, sondern auch allen anderen, die in irgendeiner Weise mit Laufenberg aneinander geraten oder von ihm entlassen worden sind. Wir haben also kein Interesse, Sie zu quälen, sondern wollen uns lediglich über ein paar Punkte Klarheit verschaffen und eine Erklärung für seinen zurzeit nicht erklärbaren Tod finden.“

„Glauben Sie immer noch, dass jemand Laufenberg vor das Fahrzeug gestoßen hat?“, fragte Nagel.

„Das wäre eine mögliche Erklärung für den Unfall.“

„Also gut. Als Wachmann hatte ich damals recht wenig mit Laufenberg zu tun. Mir war allerdings schon früh aufgefallen, dass er ein unfreundlicher und herrischer Mensch war. Ich ging ihm aus dem Weg, wo ich nur konnte. Aber dann passierte diese blöde Sache mit seinem Auto. Laufenberg hatte auf unserem Parkplatz eine für ihn reservierte Parkbucht. Er war seinerzeit der Einzige, für den eine Parkfläche reserviert wurde. Ich hatte an diesem Unglückstag meinen Wagen neben sein Fahrzeug gestellt, weil es sonst kein schattiges Plätzchen mehr gab. Irgendwie muss an genau diesem Tag Laufenbergs hinterer rechter Kotflügel leicht eingedrückt worden sein. Von wem auch immer ... Ich jedenfalls – das können Sie mir glauben – habe Laufenbergs Fahrzeug nicht mal gestreift und ich bin mir auch sicher, dass der Schaden noch nicht aufgetreten war, als ich nach Hause fuhr, zumindest habe ich nichts davon bemerkt. Laufenberg hatte die Angewohnheit, sich die Nummern der links und rechts von ihm stehenden Fahrzeuge einzuprägen. Und prompt stellte er mich am nächsten Tag wutentbrannt zur Rede. Er behauptete steif und fest, ich hätte sein Fahrzeug am Tag zuvor beschädigt und danach Fahrerflucht begangen. Ich versicherte ihm, dass ich zwar neben seinem Auto geparkt hätte, aber mir absolut sicher wäre, das Auto nicht berührt zu haben. Laufenberg hörte mir gar nicht zu. Im Gegenteil, er wurde richtig cholerisch und schrie so lange auf mich ein, bis schon die Kollegen aus ihren Büros



kamen. Er verlangte eine Entschuldigung von mir und dass ich für den entstandenen Schaden aufkäme. Nach einer Stunde heftigen Streits, in dem er mir über meine Stechkarte nachwies, dass ich das Gelände nur zehn Minuten vor ihm verlassen hatte und kein anderer für den Unfall infrage käme, kündigte er mir fristlos. Ich habe natürlich versucht, mich über unseren Betriebsrat zu wehren, aber da stand Aussage gegen Aussage und ich konnte meine Unschuld einfach nicht beweisen. Laufenberg hat sogar versucht, einen Prozess gegen mich anzustreben. Zumindest davon haben ihn seine Anwälte aber wohl abgebracht. Aber das Schlimmste kam eigentlich erst nach der Entlassung. Sie wissen ja, dass Laufenberg hier in der Nähe wohnte. Jedenfalls hat er dafür gesorgt, dass nach und nach alle hier von der angeblichen Beschädigung seines Wagens und der Fahrerflucht erfahren haben. Und das, obwohl gerade er mich von der Straße geholt und bei Paschke eingestellt hätte. Wir haben zwar nicht denselben Bekanntenkreis, aber in einem Nest wie diesem spricht sich so was schnell herum. Dass ich Laufenberg nach dieser Aktion nicht besonders gemocht habe, können Sie sich ja wohl vorstellen.“

„Das kann ich gut nachvollziehen. Sie müssen ja eine Stinkwut auf Laufenberg haben“, räumte Padberg ein.

„Ich bin ihm aus dem Weg gegangen, wo ich nur konnte. Aber das Problem hat sich ja jetzt erledigt.“

„Was haben Sie denn am Montag, dem 17. Oktober gemacht?“, wollte Huth wissen.

„Montags spiele ich mit meinen Freunden Klaus, Karlheinz und Manfred immer Doppelkopf. Das hatte ich Ihnen doch schon beim letzten Mal erzählt. Unterbrochen wird unsere Runde nur in den großen Ferien, aber am 17. waren alle da und wir haben ganz normal gespielt.“

„Und was haben Sie in der Nacht nach dem Unfall gemacht?“, fragte Padberg direkt weiter.



„Ich glaube, da bin ich ziemlich früh ins Bett gegangen. Wir hatten in der Nacht davor ziemlich lange gespielt und ich hatte ein paar Bierchen zu viel getrunken. Da habe ich mich einmal richtig ausgeschlafen.“

„Kann das Ihre Freundin Gisela bestätigen?“

„Sicher doch. Sie können sie gerne fragen, wenn sie von der Arbeit zurückkommt.“

„Ja, das war es erst einmal von unserer Seite“, sagte Padberg. „Frau Vianden soll uns dann nachher noch einmal anrufen.“

Als Padberg und Huth zurück ins Präsidium fuhren, war die Stimmung weiterhin gedrückt.

„Damit ist dann wohl die letzte Hoffnung gestorben“, seufzte Huth. „Auch Nagel hat ein Alibi für die fraglichen Zeiten, obwohl er sicher ein echtes Motiv hatte, Laufenberg umzubringen.“

Padberg nickte, in Gedanken versunken: „Ich muss mir die ganze Sache noch einmal durch den Kopf gehen lassen.“

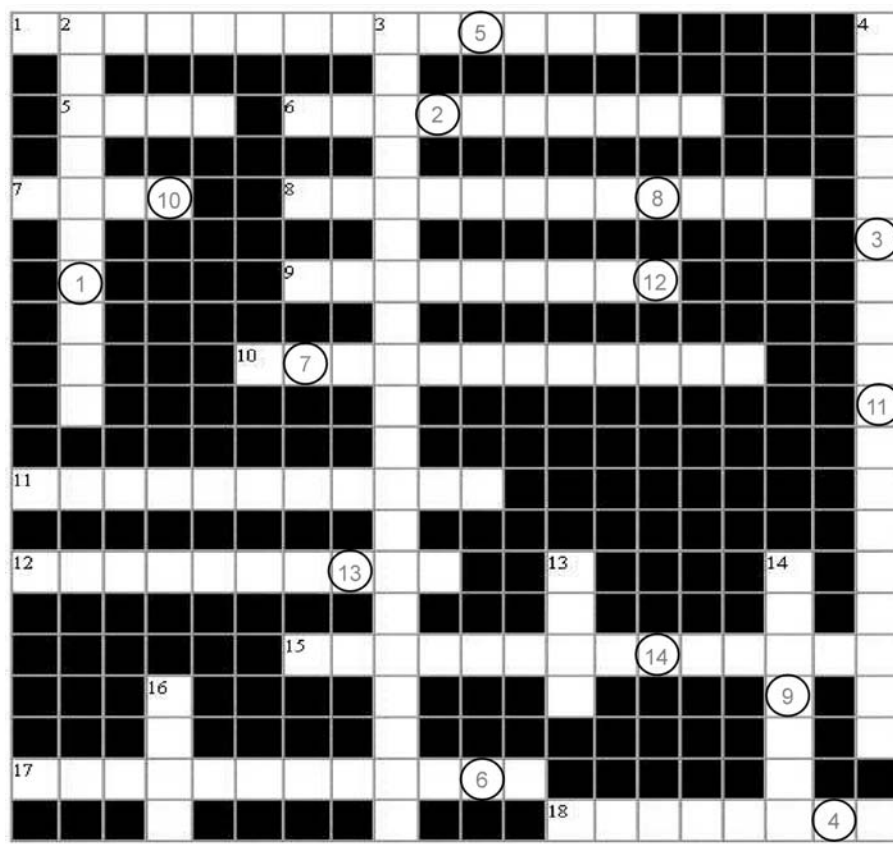
Und das tat Reiner Padberg und konnte schon am folgenden Tag den Täter überführen.

Damit ist eigentlich der Zweck des Krimis erfüllt. Sie, liebe Leserinnen und Leser, haben die Geschichte bis hierher verfolgt und können, wenn Sie das dabei Gelernte im Kopf haben, durch das folgende Kreuzworträtsel den Täter selbst entlarven. Die Lösung des Rätsels liefert Ihnen zwei Namen, mit denen Sie den Täter eindeutig identifizieren können.

Kommissar Padberg hat den Täter natürlich professionell überführt, und wenn Sie das letzte Kapitel interessiert und Sie die Überführung des Täters miterleben wollen,



klicken Sie im Internet auf <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/rep0804a.html>, „Lösungskapitel“, und geben dort das Lösungswort als Kennwort und das Wort „Gast“ als Benutzernamen ein (beides in Großbuchstaben). Sie können dann eine PDF-Datei herunterladen, die das letzte Kapitel des kleinen Krimis enthält. Uns geben Sie auf diese Weise indirekt einen Hinweis darauf, ob diese Form der Darstellung eher gelesen wird als eine übliche Betriebsanleitung. Und nun viel Spaß beim Lösen des Kreuzworträtsels.



Waagerecht

1 Wofür darf das Warnfeld niemals eingesetzt werden? **5** Kann man mit dem Laserscanner auch eine maximale Schutzfeldlänge von acht Metern programmieren? **6** Setzt sich zusammen aus dem längsten Bremsweg des Fahrzeugs und der von ihm während der Ansprechzeit des Laserscanners zurückgelegten Strecke. **7** Wie hoch ist die minimale Höhe der Scanebene (in Zentimetern) über dem Boden bei stationärer sowie bei mobiler Absicherung? **8** Verlängerung der Maschine über die Montagefläche des Laserscanners hinaus, die verhindert, dass



sich eine Person im Gefahrenbereich befindet, aber außerhalb des Schutzfeldes. **9** Wird mit zunehmendem Abstand schlechter. **10** Bei Anwendung dieser Funktion lernt der Laserscanner eine Umgebung vor vorhandenen Hindernissen ein und speichert die gelernte Kontur als Schutzfeld. Sie brauchen nur die Kontur des gewünschten Schutzfeldes abzugehen, während der Sensors aktiv ist, und dabei alle erforderlichen Zuschläge zu berücksichtigen. **11** Fehlt sie zwischen dem Boden und der Fahrzeugunterkante, muss der Zuschlag Z_F für die Fußlänge zum Mindestsicherheitsabstand S addiert werden. **12** Sicherheitsgerichteter Bereich mit einem Radius bis zu 4 Metern. Beim Betreten dieses Bereichs schaltet der Laserscanner die Maschine oder das Fahrzeug sicher ab. Nur in diesem Bereich ist Personenschutz gewährleistet. **15** Gegenstand, der Licht wieder in die Richtung seines Ausgangsortes zurückleitet und dabei eine Reflektivität von z. B. bis zu 10 000 % erreicht. Befindet sich ein solcher Gegenstand in der Scanebene, muss ein Zuschlag Z_R von 20 cm bei stationärer oder 10 cm bei mobiler Absicherung zum Mindestsicherheitsabstand addiert werden. **17** Optischer Sensor, der seine Umgebung mit einem in der Ebene rotierenden Laserstrahl nach dem Prinzip der Lichtlaufzeitmessung abtastet. **18** Nicht sicherheitsgerichteter Bereich mit einem Radius bis zu 15 Metern, der als Vorstufe des Schutzfeldes dienen kann. Beim Betreten dieses Bereichs kann ein optisches oder akustisches Signal ausgelöst werden. Dieser Bereich darf auf keinen Fall für den Personenschutz eingesetzt werden!

Senkrecht

2 Der Name der zweiten konstruktiven Maßnahme, die verhindert, dass sich Personen, vom Sensor unbemerkt, direkt an einer Maschine in einem Gefahrenbereich befinden. Wenn der Laserscanner durch diese Maßnahme zu tief eingebaut wird, können nicht die vollen 180° überwacht werden. **3** Wird desto später gemeldet, je höher die Mehrfachauswertung ist. **4** Einrichtung zur Verhinderung eines automatischen Wiederanlaufs der Maschine nach Betreten des Schutzfeldes. Immer dann erforderlich, wenn das Schutzfeld zur Gefahrenquelle hin verlassen werden kann. **13** Ab welcher Entfernung (in Metern) ändert sich der maximale Messfehler des Laserscanners? **14** Gefahrenbereich, in dem sich Personen, vom Sensor unbemerkt, befinden können, da die Montagefläche und der Spiegeldrehpunkt eine bestimmte Entfernung zueinander haben. **16** Das Fahrzeug kann nur beliebig stark beschleunigt werden, wenn der Nahbereich abgesichert ist. Wie groß ist dieser Nahbereich (in Zentimetern)?



Lösung:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

8 Padbergs Triumph

.....

Auf der Internetseite <http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/rep0804a.html> klicken Sie bitte auf „Lösungskapitel“ und geben dort das Lösungswort als Kennwort und das Wort „Gast“ als Benutzernamen ein (beides in Großbuchstaben). Sie können dann eine PDF-Datei herunterladen, die das letzte Kapitel des kleinen Krimis – die Seiten 101 bis 114 dieses Reports – enthält.



Anhang 1:

Das von der Hochschule entwickelte Plakat mit den wichtigsten Faktoren, die die Sicherheit von Laserscannern beeinflussen

Unfälle vermeiden & Kollegen schützen

Staub, Rauch und Lichtreflexe

... können meinen Betrieb stören und so zur Abschaltung der Maschine führen. Bitte denken Sie bereits bei der Montage daran, diese Störungen auszuschließen.

Tote Winkel

... entstehen, wenn ich zu tief in eine Nische montiert werde. Messen Sie darum die Winkel und die Einbautiefe.

Unschärfen am Rand des Feldes

... müssen bei der Einstellung des Scanfeldes unbedingt bedacht werden. Der Rand meines Scanfeldes ist nicht gerade, sondern ausgefranst.

Montagehöhe

Mit einer höheren (über 30 cm) Montage kann man meine Reichweite vergrößern, weil die zu erkennenden Körperteile größer werden. Das Scanfeld selbst bleibt gleich. Meine Auflösung wird jedoch kleiner.

Die Sicherheit Ihrer Kollegen und die Verfügbarkeit der Maschinen ist unser Interesse!

H. Janssen



Anhang 2: Kriterien für eine verständliche Betriebsanleitung

Tabelle:

Kriterien, an denen sich eine verständliche Betriebsanleitung ausrichten soll nach [2]

1. Verständlichkeit Kann der Leser den Text verstehen?	1.1 Einfachheit	Geläufige Wörter; Fachwörter werden erklärt; Verzicht auf Floskeln; überwiegend einfacher Satzbau; keine Nominalstil (Substantivierungen); keine unbekanntenen Abkürzungen; kein Insider-Jargon
	1.2 Ordnung	Sichtbare äußere Gliederung; Folgerichtigkeit der Argumentation; Hervorhebungen und Zusammenfassungen
	1.3 Prägnanz	Konkretheit und Bedeutungshaltigkeit der Wörter; Beschränkung auf das Wesentliche; angemessene Redundanz
	1.4 Zusätzliche Stimulanz	Bildhaftigkeit der Sprache; ggf. Verwendung traditioneller Erzählformen; Verwendung von Bildern und Grafiken zur Illustration
2. Beziehung Baut der Text eine positive Beziehung zum Leser auf?	2.1 Achtung	Wertschätzung des Empfängers als vollwertige, gleichberechtigte Person durch den Absender
	2.2 Symmetrie	Keine Bevormundung des Empfängers durch den Absender
	2.3 Vertrauen	Aufbau von Vertrauen
	2.4 Distanz	Wünschenswerte Distanz gemäß den Regeln in unserem Kulturkreis
3. Selbstdarstellung Wird ein positives Bild vom Absender vermittelt?	3.1 Souveränität	Sprache drückt (nicht übertriebenes) Selbstbewusstsein aus
	3.2 Authentizität	Sprache vermittelt Offenheit – kein Aufbau von Fassadenkommunikation
	3.3 Kongruenz	Stimmigkeit, Widerspruchsfreiheit innerhalb des Textes
	3.4 Kompetenz	Sprache vermittelt Kompetenz im Sachbereich



Tabelle, Fortsetzung

4. Appell Kann der Text beim Leser die gewünschte Haltung bewirken?	4.1 Selektivität	Handlungsanweisungen und -empfehlungen sind unmissverständlich
	4.2 Motivation	Positive Ansprache des Lesers
	4.3 Emotion	Sympathischer Ton; „angenehme“ Wörter werden verwendet
	4.4 Freiwilligkeit	Der Empfänger behält das Gefühl, selbstinitiiert zu handeln



Anhang 3: Mit einfachen Mitteln zu einer benutzerfreundlichen Betriebsanleitung

1. Einleitung

Zahlreiche Bücher, Leitfäden und Normen formulieren bereits einfache Empfehlungen für benutzerfreundliche Betriebsanleitungen. Die Auswertung einiger Betriebsanleitungen für Laserscanner für den Personenschutz hat gezeigt, dass diese Grundprinzipien oftmals nicht berücksichtigt werden.

Ziel dieses Anhangs ist es deshalb, leicht durchführbare Empfehlungen für eine einfach zu lesende Betriebsanleitung zu formulieren. Er ist eine Art Checkliste mit den wichtigsten Punkten und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Er zeigt, dass schon mit einfachsten Mitteln Verbesserungen möglich sind. Zusätzlich empfehlen wir nachdrücklich den Einsatz unkonventioneller Gestaltungselemente, wie Comics, Kreuzworträtsel zur Erfolgskontrolle oder Videos und Animationen. Weiterführende Literatur [3 bis 9] findet sich im Literaturverzeichnis.

2. Die Sprache

2.1 Schreibstil

Wortwahl

Vermeiden Sie bei der Wortwahl zusammengesetzte Wörter. Wörter mit mehr als drei Silben sind schwer zu begreifen. Bevorzugen Sie gebräuchliche Ausdrücke statt Fachjargon und Fremdwörter. Erklären Sie seltene Fachbegriffe, die sich nicht vermeiden lassen.

Verzichten Sie auf ungenaue und unverbindliche Formulierungen wie „gelegentlich“, „in der Regel“, „im Nahbereich“ zugunsten von konkreten Angaben.



Achten Sie darauf, dass ein Begriff innerhalb einer Betriebsanleitung nur eine einzige Bedeutung besitzt, und bezeichnen Sie umgekehrt ein und dasselbe Objekt nur mit einem einzigen Begriff.

Verben

Vermeiden Sie Hilfsverben (dürfen, können, mögen, müssen, sollen, wollen) und bevorzugen Sie Verben (Tätigkeitswörter) gegenüber Substantiven (Hauptwörter).

Benutzen Sie aktive Verbformen statt passiver und vermeiden Sie die Konjunktivform.

Positive Formulierungen sind ansprechender als Verbote.

Formulieren Sie Anweisungen in der Befehlsform und in der Reihenfolge des Handlungsablaufs.

<p><i>Nicht so:</i> <i>Das Betreiben (1) der Maschine sollte (2) nicht (3) ohne Wiederanlaufsperr durchgeföhrt werden (4).</i></p> <p>(1): Substantiviertes Verb (2): Hilfsverb in Konjunktivform (3): Negative Formulierung (4): Passiv</p>	<p><i>Sondern so:</i> <i>Betreiben Sie (1) die Maschine mit Wiederanlaufsperr.</i></p> <p>(1): Tätigkeitswort in der Befehlsform, aktives Verb, positive Formulierung</p>
--	---

Satzbau

Formulieren Sie so einfach und knapp wie möglich. Versuchen Sie, Sätze zu formulieren, die einzelne überschaubare Aussagen enthalten. Es gilt das Prinzip: eine Handlungsanweisung pro Satz.

Ein Maß für die Verständlichkeit Ihres Textes ist die Anzahl von Wörtern pro Satz. Ein Satz mit bis zu 13 Wörtern ist leicht verständlich. Ab 18 Wörtern wird der Satz unverständlich.



Der typisch verschachtelte deutsche Satzbau macht Aussagen unklar. Bevorzugen Sie einen einfachen und logischen Satzbau. Es ist zum Beispiel einfacher, die Handlungsschritte zu begreifen, wenn das Verb möglichst nah am Subjekt erscheint oder möglichst am Anfang des Satzes steht.

<p><i>Nicht so:</i></p> <p>Bei der grafischen und numerischen Eingabe ist darauf zu achten, dass entlang feststehender Umgebungskonturen ein Abstand von 94 mm bei Schutzfeldern unter 2 m und von 131 mm bei Schutzfeldwerten über 2 m aus Verfügbarkeitsgründen (feste Umgebung soll nicht zu ungewollten Abschaltungen führen) eingehalten wird.</p>	<p><i>Sondern so:</i></p> <p>Die feste Umgebung darf nicht dazu führen, dass der Laserscanner ungewollt abschaltet (Verfügbarkeit). Beachten Sie deshalb bei der grafischen und numerischen Eingabe folgende Abstände zu den feststehenden Umgebungskonturen:</p> <ul style="list-style-type: none">• 94 mm bei Schutzfeldern unter 2 m• 131 mm bei Schutzfeldern über 2 m.
---	--

Grundsätzlich gilt: lieber zwei oder drei einfache kurze Sätze anstelle eines langen verschachtelten Satzes.

2.2 Abkürzungen und Symbole

Wenn eine Abkürzung zum ersten Mal im Text vorkommt, schreiben Sie sie aus und setzen Sie die entsprechenden Abkürzungen in Klammern. Werden mehr als fünf Abkürzungen verwendet, erstellen Sie ein Verzeichnis der Abkürzungen.

Die Bedeutung jedes Symbols muss bei der ersten Verwendung sofort erklärt werden.

Achten Sie darauf, dass Abkürzungen und Symbole in einer Betriebsanleitung jeweils nur eine einzige Bedeutung haben, und vermeiden Sie umgekehrt zwei unterschiedliche Abkürzungen oder Symbole mit ein und derselben Bedeutung.



2.3 Übersetzung

Nur ein Übersetzer, der in seine Muttersprache übersetzt, garantiert eine gute Übersetzung! Sofern möglich, stellen Sie dem Übersetzer ein Glossar mit den einschlägigen Fachausdrücken zur Verfügung und verweisen Sie auf weiterführende Literatur zum Thema.

Überprüfen Sie Übersetzungen immer auf ihre inhaltliche Richtigkeit.

3. Das Layout

Das Layout bezeichnet die Darstellung der verschiedenen Informationselemente. Es schafft Ordnung und Übersicht und erhöht damit die Lesebereitschaft beim Anwender.

3.1 Format der Betriebsanleitung

Wir empfehlen das Format DIN A4. Verglichen mit kleineren Formaten hilft es, die Seitenzahl zu reduzieren. Je höher die Seitenzahl, desto abschreckender wirkt die Betriebsanleitung auf den Leser! Größere Formate als DIN A4 sind zu unhandlich.

3.2 Textbild

Benutzen Sie eine gut lesbare Schrift. Verzichten Sie auf schmale Schrifttypen, denn sie sind schwerer zu lesen.

Für den Fließtext empfiehlt sich eine Schriftgröße von mindestens neun Punkt und maximal zwölf Punkt. Um Überschriften vom Text abzuheben, wählen Sie für Kapitel- und Unterkapitelüberschriften eine Schrift größer als zwölf Punkt. In diesem Anhang beträgt der Schriftgrößenunterschied bei den Überschriften der verschiedenen Kapitelebenen jeweils zwei Punkt:

Kapitelüberschrift **16 pt, fett, Futura Hv BT**

Unterkapitel **14 pt, fett, Futura Hv BT**

Überschriften **12 pt, fett, Futura Hv BT**

Text 12 pt, Futura Bk BT



Für Fußnoten und Kopfzeile verwenden Sie eine Schrift zwischen sieben und neun Punkt. Der Zeilenabstand muss mindestens 1,2-mal so groß wie die Schriftgröße sein.

3.3 Hervorheben wichtiger Informationen

Der Leser muss wichtige Informationen auf den ersten Blick erkennen. Heben Sie deshalb Warnhinweise besonders hervor; hierzu eignen sich Farben, Symbole oder Markierungen wie fette und große Ausrufezeichen, auffallende Schriftarten oder die Größe der Darstellung.

Mit Textauszeichnung

Die *Kursiv*- oder **Fettschrift** erlaubt, bestimmte Informationen hervorzuheben, ohne das Schriftbild und den Lesefluss zu stören. Unterstrichene Satzteile hingegen wirken lesehemmend.

Mit Farben

Schon zweifarbige Betriebsanleitungen wirken freundlicher. Eine zweite Farbe eignet sich zum Beispiel, um bestimmte Bauteile in einer Abbildung schnell erkennbar zu machen. Besonders wirksam ist der Einsatz mehrerer Farben für die Hervorhebung von Warnhinweisen.

Mit Piktogrammen

Piktogramme heben Informationen hervor und weisen den Nutzer schnell auf das Wichtigste hin. Sie helfen dem Leser, zwischen verschiedenen Arten von Informationen zu unterscheiden:



Wichtige Hinweise



Probleme/häufige Fehler



Gefahren/Sicherheitshinweise



Weiterführende Informationen



Eine einfache Comicfigur lockert das Erscheinungsbild deutlich auf. Dieser „ständige Begleiter“ und roter Faden durch die Betriebsanleitung wirkt als sympathischer Blickfang, ohne unseriös oder aufdringlich zu erscheinen:



Beispiel einer Comicfigur für die Betriebsanleitung eines Laserscanners zum Schutz von Personen im Gefahrenbereich; Idee und Ausführung: Studiengang Technikjournalismus der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg

4. Die Textgestaltung

4.1 Gliederung

Zum besseren Verständnis gliedern Sie den Text so, dass er einem logischen Ablauf folgt. Ein logisch gegliederter Text wirkt übersichtlicher und wird besser verstanden.

Verwenden Sie kurze und informative Überschriften.

4.2 Abbildungen, Diagramme, Tabellen und Co. ...

Ergänzen Sie den Text um Abbildungen, sofern diese dem besseren Verständnis dienen. Physikalische Größen werden zum Beispiel anschaulicher, wenn sie in einer Skizze mit den entsprechenden Symbolen dargestellt sind.

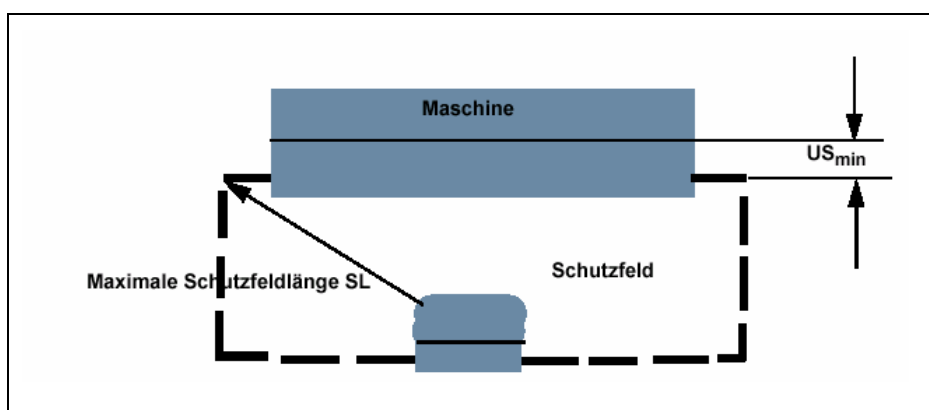


Abb. 8: Der Mindestunterschnitt US_{min} ist abhängig von der maximalen Schutzfeldlänge SL

Illustrationen und Grafiken unterstützen das Verständnis besser als Fotos, die zu viele ablenkende Einzelheiten enthalten. Achten Sie deshalb darauf, dass Abbildungen



eindeutig sind und nur die notwendigen Informationen enthalten. Eine Abbildung erläutert jeweils nur **eine** neue Information und stellt das Produkt oder einen Teil davon gut erkennbar dar.

Da Bilder nicht selbst erklärend sind, gehört zu jedem Bild eine Bildunterschrift, die beschreibt und erklärt, was das Bild darstellt.

Der Zusammenhang zwischen Bild und Text muss klar sein. Die Abbildungen sind fortlaufend nummeriert. Der Text muss zu jedem Bild einen Verweis mit der korrekten Bildnummer enthalten. Wenn möglich, steht die Abbildung direkt neben oder unter dem dazugehörigen Text. Die Bildanordnung zum Text muss für alle Abbildungen der Betriebsanleitung einheitlich sein.

Genau wie Abbildungen veranschaulichen auch Tabellen, was durch zu viele Sätze unverständlich wird. Auch Tabellen gehören neben oder unter den betreffenden Text.

Beschriften Sie in Diagrammen alle Achsen mit der Bezeichnung der Größenangabe und der jeweiligen Größeneinheit (zum Beispiel: Entfernung in cm). Verwenden Sie, wenn möglich, einheitliche Einheiten (also bei vergleichbaren Größenangaben nicht einmal mm und einmal cm).

4.3 Fallbeispiele

Nutzen Sie Fallbeispiele, wenn der Anwender schwierige Berechnungen durchführen muss. Fallbeispiele sind strukturierte rechnerische Anleitungen. Sie führen den Anwender Schritt für Schritt durch die verschiedenen Fragen, die er sich für seine Berechnung stellen muss.

Listen Sie anfangs die Bedingungen des Fallbeispiels auf und erklären Sie die verwendeten Formelzeichen systematisch. Sie müssen durch die gesamte Betriebsanleitung hindurch einheitlich sein. Schreiben Sie dann mit diesen Formelzeichen die Formel, die zur Berechnung dient. Berücksichtigen Sie dabei alle Parameter, die die Berechnung beeinflussen und in die Formel eingehen.



Fallbeispiel: Berechnung der maximalen Messentfernung bei der Absicherung eines Fahrzeugs durch einen Laserscanner

Bedingungen:

Fahrzeugbreite (F_B): $F_B = 140 \text{ cm}$

Anhalteweg (S_A) des Fahrzeugs: $S_A = 180 \text{ cm}$

Berechnung der maximale Messentfernung M_{\max} :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \sqrt{(S_A^2 + 0,5 F_B^2)} \\
 &= \sqrt{(180^2 + 70^2)} \text{ cm} \\
 &= 193,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.4 Kopf- und Fußzeilen

Durch eine Kopfzeile kann sich der Leser in der Betriebsanleitung leichter orientieren. Dazu geben Sie in der Kopfzeile Kapitel und Unterkapitel an.

Unverzichtbar ist die Seitennummer, vorzugsweise in der Fußzeile und mit Hinweis auf die gesamte Seitenzahl. Schreiben Sie außerdem den Titel der Betriebsanleitung in die Fußzeile.

4.5 Inhaltsverzeichnis

Erstellen Sie für eine Betriebsanleitung mit mehr als vier Seiten grundsätzlich ein Inhaltsverzeichnis. Damit der Leser die gesuchte Information schneller findet, geben Sie die Nummer aller Überschriften an sowie die entsprechende Seitennummer. Listen Sie dabei die Überschriften mindestens bis zur zweiten Kapitelebene.

1. Stationäre Absicherung mit LSC.....	1
1. 1. Wichtige Definitionen für die Planung	2
1. 2. Umfang des Schutzbereiches	8



4.6 Glossar

Erläutern Sie alle Fachbegriffe in einem Glossar. Steht es am Ende der Betriebsanleitung, weisen Sie im Text auf die Begriffe hin, die im Glossar stehen. Verwenden Sie für solche Verweise zum Beispiel Piktogramme, wie das Sonderzeichen →, andere SCHRIFTARTEN oder *Schriftauszeichnungen*.

4.7 Stichwortverzeichnis

Erstellen Sie zur Erleichterung der Informationssuche ein alphabetisches Stichwortverzeichnis mit Angabe der wichtigsten Seitennummern, auf denen die Begriffe zu finden sind.

4.8 Checkliste

Eine Checkliste hilft dem Nutzer bei der erstmaligen Inbetriebnahme, alle wichtigen Sicherheitsaspekte der Maschine und ihrer Umgebung zu berücksichtigen.

Eine gute Checkliste enthält neben „Ja“- und „Nein“-Kästchen zum Ankreuzen auch freie Zeilen für Bemerkungen zum Ist-Zustand des Produktes.

Und zum Schluss noch ein wichtiger Tipp ...

Mit der folgenden Checkliste können Sie schnell überprüfen, ob Sie alle oben genannten Punkte beachtet haben.

Und wenn Sie meinen, die Betriebsanleitung ist so gut wie fertig, nehmen Sie sich die Zeit, sie noch einmal gründlich auf inhaltliche Fehler zu prüfen! Inhaltliche Fehler sind leider immer noch viel zu häufig.



Checkliste für eine benutzerfreundliche Betriebsanleitung

Überprüfen Sie mit dieser Checkliste, ob Ihre Betriebsanleitung benutzerfreundlich ist.

Zu jedem unten gelisteten Punkt kreuzen Sie an:

- + wenn die Betriebsanleitung den Punkt erfüllt
- wenn die Betriebsanleitung den Punkt nicht erfüllt.

In der Spalte „Bemerkung“ können Sie zum Beispiel:

- die Stelle in der Betriebsanleitung angeben, an der der Punkt nicht erfüllt ist
- Verbesserungsmaßnahmen benennen
- oder darauf hinweisen, wenn der Punkt in Ihrer Anleitung nicht relevant ist

Was erfüllt sein sollte	Erfüllt?		Bemerkung
Wortwahl			
Zusammengesetzte Wörter	+	-	
Gebäuchliche Ausdrücke statt Fachjargon und Fremdwörtern	+	-	
Fachbegriffe werden erklärt	+	-	
Konkrete Größenangaben	+	-	
Begriffe werden einheitlich benutzt	+	-	
Verben			
Keine Hilfsverben (sollen, können, müssen etc.)	+	-	
Tätigkeitswörter statt Hauptwörter	+	-	
Aktiv- statt Passiverben	+	-	



Was erfüllt sein sollte	Erfüllt?		Bemerkung
Keine Konjunktivform (z. B. sollte)	+	-	
Positive Formulierung statt Verbote	+	-	
Anweisungen in der Befehlsform	+	-	
Anweisungen in der Reihenfolge des Handlungsablaufs	+	-	
Satzbau			
Einfache und knappe Sätze	+	-	
Eine Handlungsanweisung pro Satz	+	-	
Kein verschachtelter Satzbau	+	-	
Abkürzungen und Symbole			
Ausgeschrieben bei der ersten Verwendung	+	-	
Verzeichnis vorhanden bei mehr als fünf Abkürzungen	+	-	
Abkürzungen und Symbole einheitlich benutzt	+	-	
Übersetzung			
Vom Muttersprachler übersetzt	+	-	
Inhaltliche Richtigkeit der Übersetzung geprüft	+	-	
Format der Betriebsanleitung			
Handliches Format (z. B. DIN A4)	+	-	
Möglichst niedrige Seitenzahl	+	-	
Textbild			
Schriftgröße des Fließtextes: 9 bis 12 Punkt	+	-	



Was erfüllt sein sollte	Erfüllt?		Bemerkung
Schriftgröße der Überschriften: größer oder gleich 12 Punkt	+	-	
Unterschiedliche Schriftgrößen für unterschiedliche Kapitelebenen	+	-	
Schriftgröße der Fußnoten und Kopfzeile: 7 bis 9 Punkt	+	-	
Zeilenabstand: mindestens 1,2 der Schriftgröße	+	-	
Hervorheben wichtiger Informationen ...			
... durch Schriftarten, Farben oder Piktogramme	+	-	
Gliederung			
Text logisch gegliedert	+	-	
Kurze und informative Überschriften	+	-	
Abbildungen, Diagramme, Tabellen ...			
... ergänzen den Text wo nötig	+	-	
... sind eindeutig	+	-	
... enthalten nur die notwendigen Informationen	+	-	
Jeweils nur eine neue Information pro Abbildung	+	-	
Abbildungen, Diagramme, Tabellen			
Bildunterschrift zu jeder Abbildung vorhanden	+	-	
Abbildungen fortlaufend nummeriert	+	-	
Verweise mit Bildnummer im Text vorhanden	+	-	
Abbildung nah zum dazugehörigen Text	+	-	



Was erfüllt sein sollte	Erfüllt?		Bemerkung
Bild-Text-Anordnung einheitlich	+	-	
Achsen von Diagrammen mit Größenangaben und einheitlichen Größeneinheiten beschriftet	+	-	
Fallbeispiele			
Fallbeispiele für schwierige Berechnungen vorhanden	+	-	
Liste der Berechnungsbedingungen am Anfang des Fallbeispiels	+	-	
Verwendete Formelzeichen erklärt	+	-	
Formelzeichen einheitlich	+	-	
Kopf- und Fußzeilen			
Kapitelname in der Kopfzeile	+	-	
Seitennummerierung in der Fußzeile	+	-	
Titel der Betriebsanleitung in der Fußzeile	+	-	
Inhaltsverzeichnis			
Inhaltsverzeichnis bei mehr als vier Seiten	+	-	
Überschriften mindestens bis zur zweiten Kapitelebene im Inhaltsverzeichnis	+	-	
Überschriftennummern im Inhaltsverzeichnis	+	-	
Seitennummern im Inhaltsverzeichnis	+	-	
Glossar			
Alle Fachbegriffe im Glossar vorhanden	+	-	
Hinweise im Text auf die Begriffe des Glossars	+	-	



Was erfüllt sein sollte	Erfüllt?		Bemerkung
Stichwortverzeichnis			
Alphabetisches Stichwortverzeichnis vorhanden	+	-	
Angabe der Seitennummern	+	-	
Checkliste			
Wichtige Punkte für die Inbetriebnahme gelistet	+	-	
Enthält freien Raum für Bemerkungen	+	-	
Keine inhaltlichen Fehler!	+	-	



Anhang 4: Ergebnis der Validierung des Medienpakets im Betrieb

1. Ergebnisse der Befragung von Anwendern

Anwender aus der Industrie wurden mit einem Fragebogen um ihr Urteil zum neuen Konzept der Betriebsanleitungen gebeten. Dabei wurden folgende Produkte unter die Lupe genommen:

- Das Medienpaket, das aus einem Plakat (Anhang 1, siehe Seite 115), einem Video und einer Anleitung besteht. Die Anleitung enthält die zwei wichtigsten Kapitel der vollständigen Betriebsanleitung und wurde nach den vom BIA erarbeiteten Empfehlungen gestaltet (Anhang 3, siehe Seite 118). Zusätzlich wurden Comics in den Text eingebracht.
- Ein Lernkontrollmodul in Form eines Kreuzworträtsels (siehe Seite 150), das entweder als Bestandteil der Betriebsanleitung, der Konfigurationssoftware oder für Schulungszwecke eingesetzt werden kann.

2. Methode

Um die Einschätzung der Anwender von Laserscannern zum Schutz von Personen im Gefahrenbereich zu erfassen, wurde ein Fragebogen entwickelt (Anhang 5, siehe Seite 145), der aus drei Teilen besteht:

- Im ersten Teil werden Hintergrundinformationen zur Erfahrung des Anwenders mit Laserscannern erfasst.
- In Teil 2 ist die Einschätzung der Anwender zu herkömmlichen Betriebsanleitungen gefragt. Auf einer sechsstufigen Skala muss der Befragte beurteilen, inwieweit
 - die Textgestaltung ansprechend
 - die Betriebsanleitung lesbar
 - das Wichtigste erkennbar
 - der Inhalt verständlich
 - und die Anleitung verbesserungswürdig oder optimal ist.



- Der letzte Teil enthält detaillierte Fragen zur Beurteilung des Medienpakets und Lernkontrollmoduls. Dabei wird erfasst, ob die Beigabe eines Posters, eines Videos und eines Lernmoduls als Verbesserung empfunden wird. Außerdem werden die gleichen Fragen wie in Teil 2 zu den herkömmlichen Betriebsanleitungen gestellt. Zudem wird der Einsatz von Comics mit der gleichen Bewertungsskala unter folgenden Aspekten eingeschätzt: Machen die Comics die Betriebsanleitung ansprechender und die wichtigsten Informationen verständlicher? Ist der Einsatz von Comics bereichernd? Ist er akzeptabel?

Der Fragebogen wurde an 51 Anwender gesendet, deren Adresse die Herstellerfirma Sick dem BIA mit Genehmigung der Empfänger zur Verfügung gestellt hatte. Jeder Befragte bekam einen Fragebogen sowie ein Plakat, ein Video und eine neue Betriebsanleitung.

Die Rücklaufquote der Befragung betrug 33 %.

3. Ergebnisse

3.1 Profil der Befragten

Tabelle 1 (siehe Seite 134) zeigt, dass die Mehrheit der 17 Befragten die Installation und Einrichtung von Laserscannern im Betrieb selbst durchführt. Von vier Befragten, die „Sonstiges“ angekreuzt haben, installieren zwei Anwender Laserscanner in Fremdbetrieben. Eine weitere Person ist zuständig für den Systemtest, die Standardisierung und die Freigabe von Laserscannern; der vierte Anwender ist für die Konzeption von Sicherheitseinrichtungen an Maschinen in seinem Unternehmen zuständig. Das bedeutet, dass insgesamt 76 % der Befragten in der Installation von Laserscannern hoch erfahren sind.

Im Durchschnitt weisen die Befragten im Mittel 5,7 Jahre Erfahrung (Minimum 2, Maximum 10 Jahre) im Umgang mit Laserscannern auf. Diese Frage wurde von 14 Personen beantwortet.



Tabelle 1:
Verteilung der Haupttätigkeiten der Befragten als Nutzer von Laserscannern

Haupttätigkeit als Nutzer	<i>n</i>	in %
Installation hauptsächlich von mir durchgeführt	9	53
Installation selten von mir durchgeführt	3	17,5
Sonstiges	4	23,5
Keine Antwort	1	6

Alle 17 Befragten sind Nutzer von Laserscannern der Firma Sick. Ein Befragter arbeitet zusätzlich mit Geräten der Firmen Leuze, Schmersal und anderen Firmen, ein weiterer hat mit Laserscannern der Firmen Sick und Schmersal Erfahrung (Tabelle 2).

Tabelle 2:
Firmen, mit deren Laserscannern die Befragten arbeiten

Firmen	Leuze	Schmersal	Sick	Andere
<i>n</i>	1	2	17	1

Ungefähr die Hälfte der Befragten setzt Laserscanner hauptsächlich für mobile Anwendungen ein, die andere Hälfte hauptsächlich für stationäre (Tabelle 3).

Tabelle 3:
Einsatzschwerpunkt der Laserscanner, mit denen die Befragten arbeiten

Anwendung	<i>n</i>	in %
Immer oder häufig mobile Anwendung	9	53
Immer oder häufig stationäre Anwendung	7	41
Beide Arten der Anwendungen	1	6



Im Schnitt lesen die Befragten zwei Drittel der herkömmlichen Betriebsanleitungen (Mittelwert 66 % mit einer Standardabweichung von 28 %, Minimum 2 %, Maximum 100 %).

3.2 Bewertung des Konzeptes eines Medienpakets

Die Nutzer sollten mit dem technischen Gerät nicht nur einen Text an die Hand bekommen. Deshalb erhielten die Anwender die elementaren Informationen zur sicherheitsgerechten Handhabung auf einem Zwei-Minuten-Video und grafisch aufbereitet auf einem Plakat – gemäß dem Motto „Das Wichtigste auf einen Blick“. Plakat und Video ersetzen nicht die eigentliche Betriebsanleitung, sondern sollen die Nutzer auf die wichtigsten Sicherheitsinformationen aufmerksam machen und dazu anregen, diese knapp formulierten Hinweise durch den Text zu vertiefen.

Zwei Drittel der Befragten haben sich für den Einsatz eines Videos ausgesprochen (Tabelle 4). Außerdem haben 53 % die Beigabe eines Plakats als bereichernd beurteilt. Nur zwei der Befragten konnten das Video nicht anschauen. Im ersten Fall ist dies auf eine ungeeignete technische Ausstattung zurückzuführen und der Betroffene hat die Frage zur Beurteilung des Videos daher nicht beantwortet. Im zweiten Fall hat der Befragte eine ungeeignete technische Ausstattung sowie Zeitmangel als Grund genannt und dennoch die Beigabe eines Videos als unnötig eingeschätzt.

Tabelle 4:
Bewertung der Beigabe eines Videos und eines Plakats

Bewertungskategorien	Video		Plakat	
	<i>n</i>	in %	<i>n</i>	in %
Bereichernd	11	65	9	53
Unnötig	5	29	8	47
Fehlende Antworten	1	6	0	0



Bemerkenswert ist, dass 75 % der Befragten, die die Beigabe eines Plakats als unnötig eingeschätzt haben, immer oder häufig mit mobilen Anwendungen von Laserscannern arbeiten und nur einer immer oder häufig mit stationären Anwendungen (Tabelle 5). Andererseits benutzen die Befragten, die das Plakat als Verbesserung empfinden, Laserscanner hauptsächlich für stationäre Anwendung (67 %). Das deutet also darauf hin, dass das Plakat die Nutzer für mobile Anwendungen nicht angesprochen hat. Eine mögliche Erklärung dafür ist: Als das Plakat entwickelt wurde, war das Ziel des Projekts, das neue Konzept zunächst nur am Beispiel der stationären Anwendungen zu demonstrieren. Im Laufe der Erstellung der Musteranleitung wurde jedoch entschieden, den mobilen Anwendungen auch ein Kapitel zu widmen. Anhand der ausführlicheren Anleitung konnte nämlich besser gezeigt werden, wie eine vollständige Betriebsanleitung aufgebaut werden sollte. Die Forschungsgruppe hatte sich jedoch dagegen entschieden, das Plakat an die Zielgruppe „mobile Anwendungen“ anzupassen, da es darum ging, das Konzept – und nicht den Inhalt des Medienpakets – zu beurteilen.

Tabelle 5:
Verteilung der Befragten, die das Plakat für bereichernd oder unnötig gehalten haben, je nach Art der Anwendung

Art der Anwendung	Plakat unnötig		Plakat bereichernd	
	<i>n</i>	in %	<i>n</i>	in %
Mobile Anwendung	6	75	3	33
Stationäre Anwendung	1	12,5	6	67
Beide Arten der Anwendung	1	12,5	0	0

3.3 Vergleich der neuen Anleitung mit den herkömmlichen Anleitungen

Die Befragten mussten beurteilen, ob die neue Betriebsanleitung im Vergleich zur herkömmlichen über eine ansprechende Textgestaltung verfügt, ob die wichtigen Informationen erkennbar sind und ob sie leicht lesbar, verständlich und optimal ist. Die Bewertungsskala bestand aus sechs Ankreuzmöglichkeiten, wobei die erste



Ankreuzmöglichkeit links auf der Skala der schlechtesten Bewertung (= 1) und die rechts der besten Bewertung entspricht (= 6). Je höher der Mittelwert einer Variablen liegt, desto besser ist die Beurteilung.

Für die Auswertung wurden alle Variablen mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung überprüft. Waren beide Variablen für die herkömmliche und neue Betriebsanleitungen normal verteilt ($p > 0,05$), wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben angewendet (Tabelle 6). Für die nach dem Kolmogorov-Smirnov-Test nicht normal verteilten Kurven ($p < 0,05$) wurde der nicht parametrische Wilcoxon-Test benutzt (Tabelle 7, siehe Seite 138).

Tabelle 6:
t-Test für gepaarte Stichproben (normal verteilte Variablen)

Gepaarte Variable	n	MW	SD	Gepaarte Differenz		
				MW	SD	p
Frage: Die Betriebsanleitung ist mühsam zu lesen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> leicht lesbar						
Variable: Herkömmliche Betriebsanleitungen	17	3,47	0,229			
Variable: Neue Betriebsanleitung	17	4,82	0,287	-1,35	0,284	0,000*
Frage: Das Wichtigste ist schwer erkennbar <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> gut erkennbar						
Variable: Herkömmliche Betriebsanleitungen	17	3,59	0,298			
Variable: Neue Betriebsanleitung	17	5,00	0,257	-1,41	0,310	0,000*
Frage: Der Inhalt ist schwer zu verstehen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> einfach zu verstehen						
Variable: Herkömmliche Betriebsanleitungen	17	3,71	0,223			
Variable: Neue Betriebsanleitung	17	4,82	0,246	-1,12	0,225	0,000*

MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

*: sehr signifikant ($p < 0,01$), signifikant ($p < 0,05$),

Der Vergleich der Mittelwerte der Variablen hat gezeigt, dass die für die herkömmlichen Betriebsanleitungen immer deutlich unter denjenigen für die neuen Betriebs-



anleitungen liegen (Tabelle 8, siehe Seite 139). Die statistischen Tests ergeben, dass diese Mittelwertunterschiede statistisch signifikant auf dem 1-%o-Niveau sind (Tabelle 7).

Tabelle 7:
Wilcoxon-Test für abhängige nicht normal verteilte Variablen

Gepaarte Variable	n	MW	SD	Gepaarte Differenzen (n(total) = 16)			
				n (-)	n (+)	n (=)	p
Frage Die Textgestaltung ist nicht ansprechend <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sehr ansprechend							
Variable: Herkömmliche Betriebsanleitungen	16	3,69	0,285				
Variable: Neue Betriebsanleitung	17	4,59	0,298	2	11	3	0,009*
Frage: Die Betriebsanleitung ist sehr verbesserungswürdig <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> schon optimal							
Variable: Herkömmliche Betriebsanleitungen	17	3,47	0,229				
Variable: Neue Betriebsanleitung	16	4,69	0,151	1	14	1	0,001*

MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

*: sehr signifikant ($p < 0,01$), signifikant ($p < 0,05$)

(-): Anzahl an negativen Differenzen (Wert der neuen Anleitung < Wert der herkömmlichen Anleitung)

(+): Anzahl an positiven Differenzen (Wert der neuen Anleitung > Wert der herkömmlichen Anleitung)

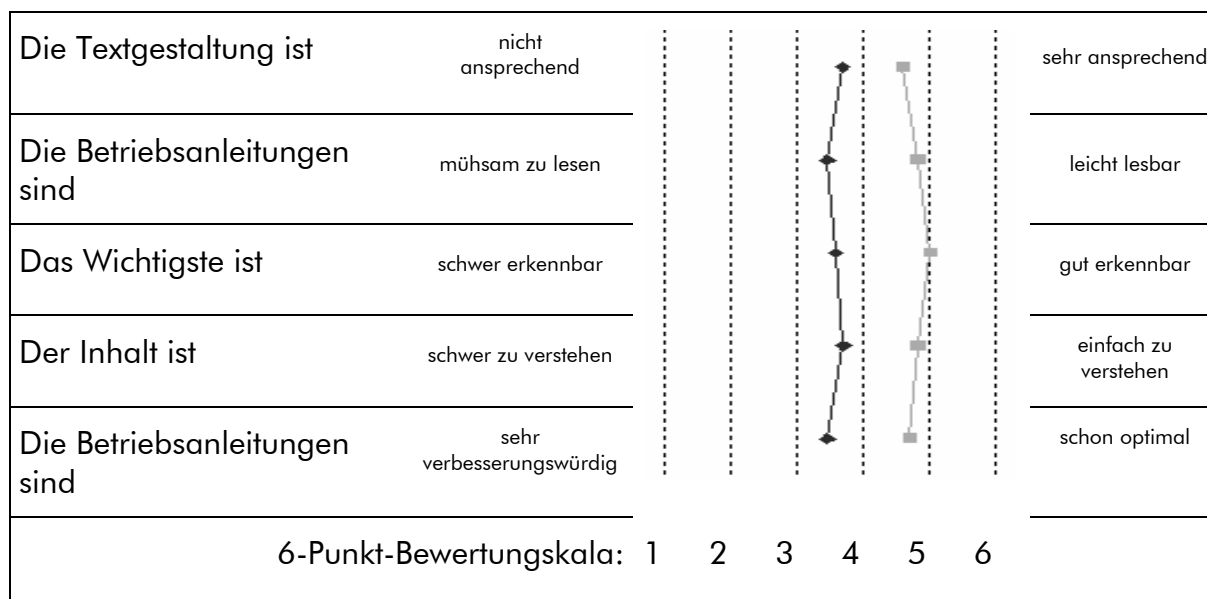
(=): Anzahl an Nulldifferenzen (Wert der neuen Anleitung = Wert der herkömmlichen Anleitung)

Die Frage „Die neue Betriebsanleitung hat überhaupt keine Vorteile zur herkömmlichen Variante sehr viele Vorteile zur herkömmlichen Variante“ wurde mit einem Mittelwert von 4,41 (Standardabweichung = 0,243) beantwortet (6-stufige Einschätzungen: negativer Pol = 1 „überhaupt keine Vorteile zur herkömmliche Variante“; positiver Pol = 6 „sehr viele Vorteile zur herkömmlichen Variante“).

82 % der Antworten liegen in der oberen Hälfte der Skala; in 53 % der Fälle wurde der Punkt 5 angekreuzt.



Tabelle 8:
Vergleich der Mittelwerte der neuen Anleitung zu denen der herkömmlichen



Schwarze Kurve: herkömmliche Anleitungen
 Graue Kurve: neue Anleitung
 1 = schlechteste Bewertung
 6 = beste Bewertung

Die neue Betriebsanleitung hat also bei allen Fragen deutlich besser als herkömmliche Anleitungen abgeschnitten.

3.4 Die Akzeptanz von Comics

Die neue Betriebsanleitung wurde mit unkonventionellen Mitteln wie Comics optisch attraktiver gestaltet. Durch die Comics soll erreicht werden, dass wichtige Informationen besser aufgenommen und verstanden werden.

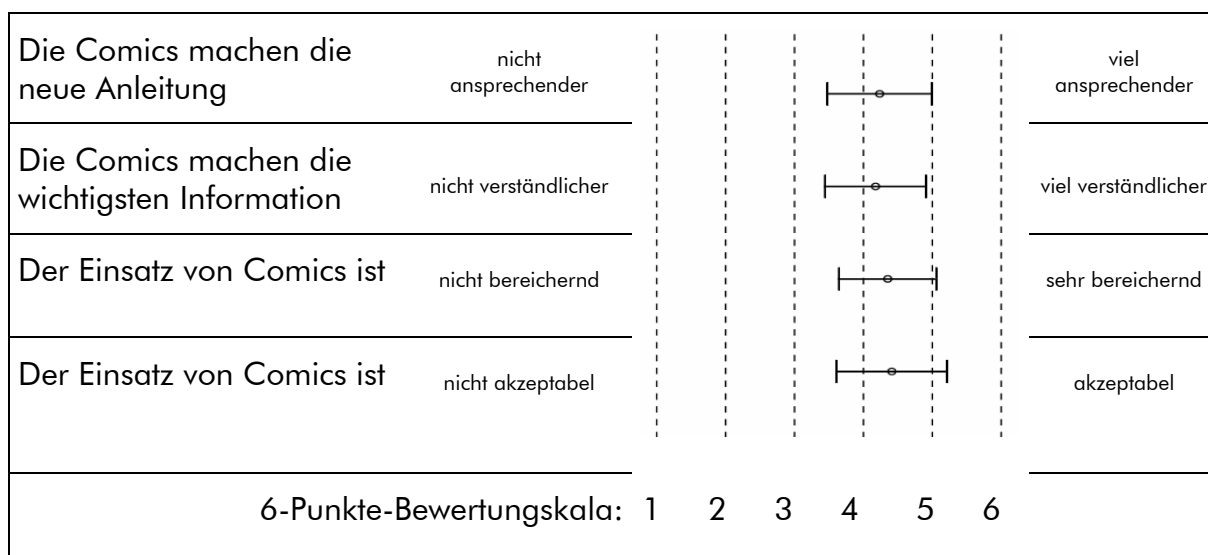
Auf einer 6-Punkte-Skala mussten die Befragten den Einsatz von Comics in der neuen Betriebsanleitung beurteilen. Diese Bewertungsskala war die gleiche wie die zur Beurteilung der Textgestaltung mit sechs Ankreuzmöglichkeiten von 1 für die schlechteste bis 6 für die beste Bewertung.

Tabelle 9 (siehe Seite 140) zeigt, dass die Mittelwerte der Antworten zu jeder Frage in der oberen Hälfte der Skala liegt, was auf eine positive Beurteilung der Comics



hindeutet: Die Befragten empfinden die Anleitung mit Comics als ansprechender und verständlicher im Vergleich zu herkömmlichen Anleitungen.

Tabelle 9:
Bewertung der Comics in der neuen Anleitung im Vergleich zu herkömmlichen Betriebsanleitungen: Mittelwerte und Standardabweichung



1 = schlechteste Bewertung
6 = beste Bewertung

3.5 Das Lernkontrollmodul

Die Idee ist, ein Lernkontrollmodul in Form eines Kreuzwortsrätsels oder Quiz in die Betriebsanleitung selbst oder in die Konfigurationssoftware einzubauen oder für Schulungszwecke einzusetzen. Damit soll der Anwender aufgefordert werden, aktiv mitzumachen und mitzudenken. Dabei nimmt er wichtige Informationen besser auf und kann selbst seine Kenntnis über das Gerät kontrollieren sowie beurteilen, welche Punkte der Betriebsanleitung er wiederholen sollte.

Obwohl mehr als drei Viertel der Befragten (76,5 %) das Kreuzwortsrätsel teilweise oder ganz ausgefüllt haben, haben sich nur 29 % positiv über ein solches Lernkontrollmodul geäußert (Tabelle 10, siehe Seite 141). Trotz seiner negativen Einschätzung hat einer der Befragten hinzugefügt, dass der Einsatz solcher Lernmodule im Rahmen von Schulungen gut wäre. Insgesamt wurde das Kreuzwortsrätsel in der Anleitung selbst eher als unnötig angesehen.



Tabelle 10:
Ausfüllen und Beurteilung des Kreuzworträtsels

Antworten	Kreuzworträtsel ausgefüllt		Der Einsatz eines Kreuzworträtsels ist bereichernd	
	<i>n</i>	in %	<i>n</i>	in %
Ja	13	76,5	5	29
Nein	4	23,5	11	65
Fehlende Antworten	0	0	1	6

3.6 Zusätzliche Anregungen seitens der Anwender

Die Befragten hatten im Fragebogen die Möglichkeit, zusätzliche Anregungen zum neuen Konzept und zum Projekt zu formulieren. In der folgenden Liste werden die eingegangenen Verbesserungsvorschläge zitiert.

- Eine Kurzfassung der Betriebsanleitung wird erwünscht, z. B. in Form einer einseitigen Zusammenfassung mit Programmierungsbeispielen.
- Der gleiche Inhalt sollte auf weniger Seiten zusammengefasst werden, sodass z. B. zusammengehörige Zeichnungen, Tabellen und Erklärungen auf einen Blick wahrnehmbar sind.
- Die Rechenbeispiele sind gut und wichtig.
- Neben der Papierausgabe wäre es gut, die Anleitung auch als Datei beizufügen (PDF-Format).
- Das Glossar und das Stichwortverzeichnis sind besser als in den herkömmlichen Betriebsanleitungen. Zusätzlich wäre die Anleitung als Datei mit Verlinkung im Text zum Glossar und Stichwortverzeichnis hilfreich.
- Die Anleitung sollte zusätzlich auf Englisch zur Verfügung gestellt werden.
- Die Anleitung sollte mehrfarbig sein.



- Das Format DIN A5 wäre empfehlenswert.
- Im Video sollten noch mehr Begriffe aus der Bedienungsanleitung behandelt werden (Montagefehler, Totzonen und Beispiele eines Unterschnittes)

Neben diesen Verbesserungsvorschlägen haben manche Befragte Kritik geäußert:

- Die Gestaltung ähnelt einem Kinderbuch. Sprechblasen mit Fragen und Antworten werden schnell übersehen. Dagegen zeigen graphische Darstellungen mit Zahlen deutlicher die Fakten.
- Formeln sind nicht erschöpfend und am Druckort erläutert. Es ist eher eine Projektierung als eine Betriebsanleitung. Die Erklärung zu Retroreflektoren ist irreführend. Katzenauge ist ein Begriff aus der Trivialsprache und kann missverstanden werden. Das Paket ist sicherlich interessant als Einführung für den Projektteur, bei der Inbetriebnahme vor Ort würde es mich verrückt machen. Da muss ich gezielt Informationen nach Stichworten suchen können.
- Das Inhaltsverzeichnis übergeht fast alles.
- Die Bilder lenken nur ab. Die herkömmlichen Betriebsanleitungen sind sachlicher. Ich möchte kein Comic-Heft.
- Die Comics verwirren in ihrer Menge das Auge des Lesers. Sie blähen die Dokumentation in ihrer Vielzahl auf. Ergebnis: zu viele Seiten.

In der Summe kann man aus den Kritiken den Wunsch nach einer möglichst kurzen Betriebsanleitung entnehmen, deren Inhalt auf das Minimum reduziert ist. Zugegebenermaßen enthält die neue Anleitung 1 100 Wörter (incl. Comictexte) mehr als die herkömmliche Anleitung, die als Referenz für das Projektteam gedient hat, also ca. drei Seiten Fließtext mehr. Allerdings enthält sie auch 35 Abbildungen gegenüber 16 im herkömmlichen Modell und ein ausführliches Glossar und Stichwortverzeichnis, die allein schon vier Seiten ausmachen. Außerdem ist die Schriftgröße der herkömmlichen Anleitung kleiner als die in der neuen. Inhaltlich sind beide Anleitungen ähnlich. Trotzdem scheint die höhere Seitenzahl manchen Anwender abzuschrecken. Der



Umfang einer Anleitung ist also, abgesehen vom Inhalt, ein wichtiger Faktor für die Akzeptanz.

3.7 Frage zur abschließenden Bewertung des Medienpakets

Insgesamt ist das neue Konzept des Medienpakets mit Video, Plakat und Anleitung mit Comics auf eine positive Resonanz gestoßen: 82 % der Befragten haben als abschließende Bewertung angegeben, dass der Ansatz gut ist und weiter verfolgt werden sollte. Nur drei der Befragten sehen darin keinen Vorteil zu einer herkömmlichen Betriebsanleitung (Tabelle 11).

Tabelle 11:
Abschließende Bewertung des Konzepts

Antworten	<i>n</i>	in %
Guter Ansatz	14	82
Kein Vorteil	3	18

4. Zusammenfassung

Bei der Erstellung der neuen Betriebsanleitung wurden die Grundregeln zur benutzerfreundlichen Gestaltung mit großer Sorgfalt beachtet (Anhang 3, siehe Seite 118). Zudem berücksichtigt die neue Struktur der Anleitung, dass kein Anwender eine Betriebsanleitung ganz liest, sondern sich die Kapitel heraussucht, die er für seine spezifischen Anwendungen benötigt. Außerdem wurde auf die logische Verknüpfung einzelner Schritte geachtet [10]. Diese Maßnahmen haben dazu beigetragen, dass die Anwender die neue Textgestaltung als ansprechender empfunden haben und den Text besser nachvollziehen konnten. Sie haben insbesondere die Hervorhebung wichtiger Informationen und die leichte Lesbarkeit sehr geschätzt.

Im Hinblick auf die Comics ist die Akzeptanz gut. Die Befragten waren mehrheitlich der Meinung, dass Comics die Betriebsanleitung ansprechender und verständlicher machen.



Schließlich wurde das Konzept des Medienpakets in Bezug auf das Video gut bewertet. Ein Plakat wurde weitgehend als vorteilhaft eingeschätzt. Im Rahmen einer solchen Meinungserhebung sollte aber in Zukunft mehr Wert darauf gelegt werden, allen Zielgruppen gerecht zu werden, um repräsentative Rückmeldungen zu erhalten.

Trotz der insgesamt guten Beurteilung haben die Kommentare der Anwender dennoch darauf hingewiesen, dass der Umfang der Betriebsanleitung eine entscheidende Rolle spielt. Je kürzer die Betriebsanleitung ist, desto besser nehmen die Anwender sie an. Das Fazit lautet also: Die mit Comics illustrierte Anleitung wird als Vorteil angesehen, solange sie dadurch in der Seitenzahl nicht umfangreicher wird. Ein Kompromiss zwischen der benutzerfreundlichen Gestaltung und dem auf das Minimum reduzierten Umfang muss daher eingegangen werden.

Insgesamt ist das neue Konzept bei den Anwendern recht gut angekommen. Wird dieser Weg der Innovation von Betriebsanleitungen in Absprache mit den Anwendern weiter beschritten, können die Benutzer in Zukunft Betriebsanleitungen mit Interesse lesen und verstehen. Dieses Forschungsvorhaben soll dabei ein erster Schritt sein, bei der Gestaltung von Betriebsanleitungen umzudenken und Systemherstellern und technischen Redakteuren neue Impulse zu geben, neue unkonventionelle Wege zu gehen.



Anhang 5: Fragebogen zur Validierung des Medienpakets

Betriebsanleitungen von Laserscannern

- Dieser Fragebogen gliedert sich in drei Hauptteile:
 - Erfahrung bei der Installation von Laserscannern
 - Beurteilung herkömmlicher Betriebsanleitungen
 - Beurteilung des beiliegenden Betriebsanleitungsmedienpakets.

- Für Rückfragen stehen wir Ihnen selbstverständlich zur Verfügung:

Emmanuelle Brun

Telefon: 02241/231-2672

E-Mail: emmanuelle.brun@hvbv.de

Wir bitten Sie, den Fragebogen **bis 31. März 2004**

an folgende Anschrift zu senden:

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA

Frau Emmanuelle Brun

Alte Heerstraße 111

53757 Sankt Augustin

Vielen Dank!

Bitte geben Sie an: (Freiwillige Angabe für eventuelle Rückfragen)

Name:

Datum:

Unternehmen:



Die Antworten werden anonymisiert ausgewertet und dargestellt.

Die Daten werden nur im Rahmen dieser Auswertung benutzt und nicht an Dritte weitergegeben.

1. Erfahrung bei der Installation von Laserscannern

**1.1 Was ist Ihre Haupttätigkeit als Nutzer von Laserscannern?
(Nur eine Antwort)**

- Die Installation und Einrichtung von Laserscannern in meinem Betrieb wird hauptsächlich von mir durchgeführt.
- Die Installation und Einrichtung von Laserscannern in meinem Betrieb wird nur sehr selten von mir durchgeführt.
- Ich arbeite an einer Maschine mit Laserscanner, habe aber keine Konfigurationsrechte.

Sonstiges:

1.2 Wie viele Jahre Erfahrung haben Sie mit der Installation von Laserscannern?

..... Jahre Monate

**1.3 Mit Laserscannern welcher Firma arbeiten Sie?
(Mehrere Antworten möglich)**

	ja	nein
Leuze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schmersal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sick	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sonstige:



1.4 Was ist der Einsatzschwerpunkt der Laserscanner, mit denen Sie arbeiten? (Mehrere Antworten möglich)

	immer	häufig	selten	nie
mobile Anwendungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stationäre Anwendungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Erfahrungen mit den herkömmlichen Betriebsanleitungen von Laserscannern

2.1 Wie bewerten Sie die herkömmlichen Betriebsanleitungen von Laserscannern?

Die Textgestaltung ist	überhaupt nicht ansprechend	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	sehr ansprechend
Die Betriebsanleitungen sind	mühsam zu lesen	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	leicht lesbar
Das Wichtigste ist	schwer erkennbar	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	gut erkennbar
Der Inhalt ist	schwer zu verstehen	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	einfach zu verstehen
Die Betriebsanleitungen sind	sehr verbesserungswürdig	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	schon optimal

2.2 Wie viel Prozent der Betriebsanleitungen haben Sie bei Ihren Anwendungen gelesen?

..... Prozent



3. Bewertung des neuen Konzepts für Betriebsanleitungen

Wir haben ein Medienpaket entwickelt, das aus einem Video, Plakat und Textheft besteht. Das Heft entspricht den zwei wichtigsten Kapiteln der vollständigen Betriebsanleitung. Die Kapitel thematisieren stationäre und mobile Absicherungen.

Mit diesem neuen Konzept wollen wir überprüfen, ob ein neuer unkonventioneller Ansatz beschritten werden sollte, Betriebsanleitungen anders zu gestalten. Wir bitten Sie, sich das mitgelieferte Medienpaket anzusehen und folgende Fragen zu beantworten:

3.1 Wie bewerten Sie die Beigabe eines Plakats zur Hervorhebung der möglichen Gefährdungen bei Fehlanwendungen?

- bereichernd
- unnötig

3.2 Konnten Sie sich das Video ansehen?

- ja
- nein

Wenn nein, warum nicht:

	ja	nein
technische Ausstattung ungenügend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keine Zeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges		

3.3 Wie bewerten Sie den Einsatz eines Videos?

- bereichernd
- unnötig



3.4 Wenn Sie die beiden neuen Kapitel mit der herkömmlichen Betriebsanleitung vergleichen, wie beurteilen Sie die zwei neuen Kapitel?

Die neue Textgestaltung ist	überhaupt nicht ansprechend	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	sehr ansprechend
Die neue Betriebsanleitung ist	mühsam zu lesen	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	leicht lesbar
Das Wichtigste ist	schwer erkennbar	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	gut erkennbar
Der Inhalt ist	schwer zu verstehen	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	einfach zu verstehen
Die neue Betriebsanleitung ist	sehr verbesserungswürdig	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	schon optimal
Die neue Betriebsanleitung hat	überhaupt keine Vorteile zur herkömmlichen Variante	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	sehr viele Vorteile zur herkömmlichen Variante

Wenn Sie der Meinung sind, dass die neue Betriebsanleitung noch verbesserungswürdig ist, haben Sie Vorschläge dazu?

.....

.....

.....

.....

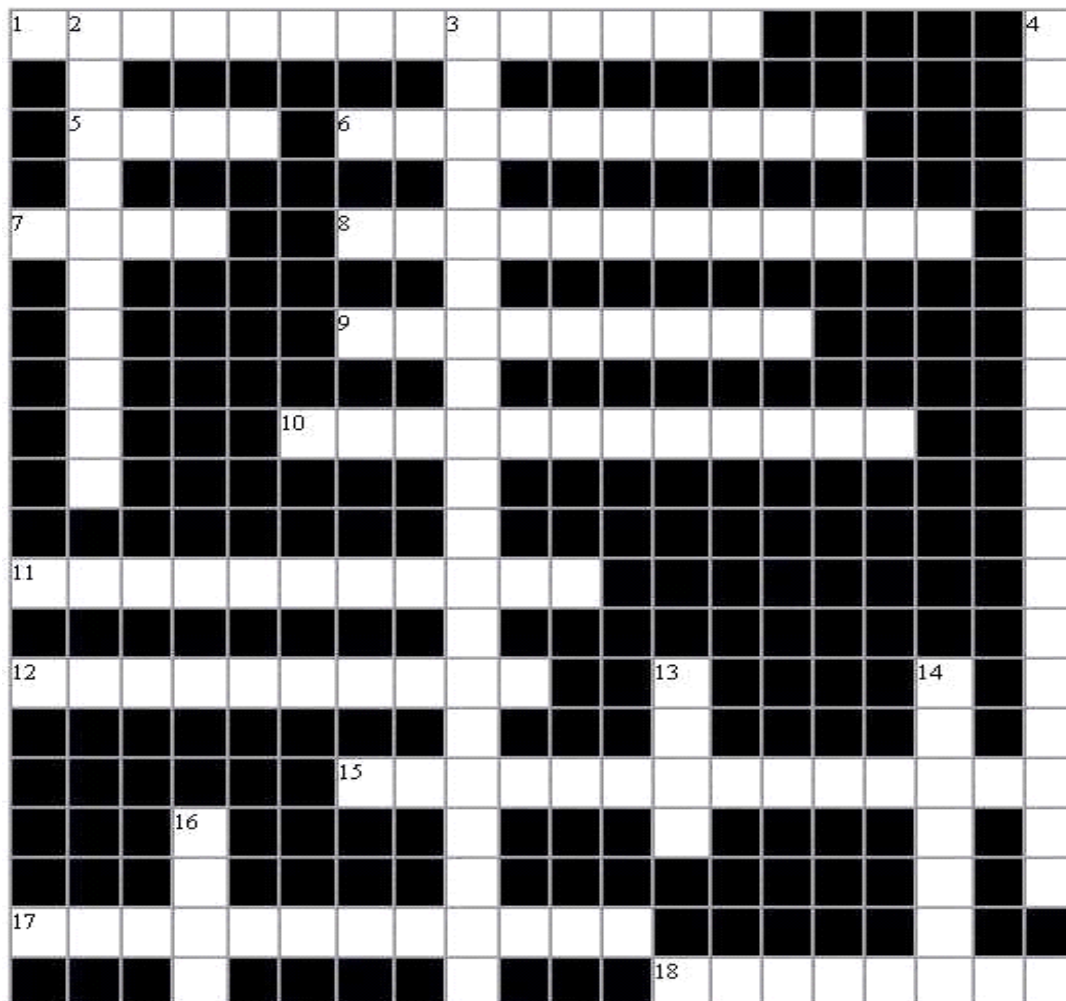
3.5 Wie beurteilen Sie den Einsatz von Comics in Betriebsanleitungen? (Mehrere Antworten möglich)

Die Comics machen die neue Betriebsanleitung	nicht ansprechender	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	viel ansprechender
Die Comics machen die wichtigsten Informationen	nicht verständlicher	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	viel verständlicher
Der Einsatz von Comics ist	nicht bereichernd	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	sehr bereichernd
Der Einsatz von Comics ist	nicht akzeptabel	<input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/>	sehr gut akzeptabel



3.6 Kleines Kreuzworträtsel zum Thema: Laserscanner zum Personenschutz im Gefahrenbereich

Um Ihr Wissen über den sicheren Einsatz von Laserscannern zum Personenschutz im Gefahrenbereich zu testen, lösen Sie einfach das folgende Kreuzworträtsel. Alle Antworten finden Sie in unserem Medienpaket. Viel Spaß dabei!



Waagerecht

1 Wofür darf das Warnfeld niemals eingesetzt werden? **5** Kann man mit dem Laserscanner auch eine maximale Schutzfeldlänge von acht Metern programmieren? **6** Setzt sich zusammen aus dem längsten Bremsweg des Fahrzeugs und der von ihm während der Ansprechzeit



des Laserscanners zurückgelegten Strecke. **7** Wie hoch ist die minimale Höhe der Scanebene (in Zentimetern) über dem Boden bei stationärer sowie bei mobiler Absicherung? **8** Verlängerung der Maschine über die Montagefläche des Laserscanners hinaus, die verhindert, dass sich eine Person im Gefahrenbereich befindet, aber außerhalb des Schutzfeldes. **9** Wird mit zunehmendem Abstand schlechter. **10** Bei Anwendung dieser Funktion lernt der Laserscanner eine Umgebung vor vorhandenen Hindernissen ein und speichert die gelernte Kontur als Schutzfeld. Sie brauchen nur die Kontur des gewünschten Schutzfeldes abzugehen, während der Sensors aktiv ist, und dabei alle erforderlichen Zuschläge zu berücksichtigen. **11** Fehlt sie zwischen dem Boden und der Fahrzeugunterkante, muss der Zuschlag Z_F für die Fußlänge zum Mindestsicherheitsabstand S addiert werden. **12** Sicherheitsgerichteter Bereich mit einem Radius bis zu 4 Metern. Beim Betreten dieses Bereichs schaltet der Laserscanner die Maschine oder das Fahrzeug sicher ab. Nur in diesem Bereich ist Personenschutz gewährleistet. **15** Gegenstand, der Licht wieder in die Richtung seines Ausgangsortes zurückleitet und dabei eine Reflektivität von z. B. bis zu 10 000 % erreicht. Befindet sich ein solcher Gegenstand in der Scanebene, muss ein Zuschlag Z_R von 20 cm bei stationärer oder 10 cm bei mobiler Absicherung zum Mindestsicherheitsabstand addiert werden. **17** Optischer Sensor, der seine Umgebung mit einem in der Ebene rotierenden Laserstrahl nach dem Prinzip der Lichtlaufzeitmessung abtastet. **18** Nicht sicherheitsgerichteter Bereich mit einem Radius bis zu 15 Metern, der als Vorstufe des Schutzfeldes dienen kann. Beim Betreten dieses Bereichs kann ein optisches oder akustisches Signal ausgelöst werden. Dieser Bereich darf auf keinen Fall für den Personenschutz eingesetzt werden!

Senkrecht

2 Der Name der zweiten konstruktiven Maßnahme, die verhindert, dass sich Personen, vom Sensor unbemerkt, direkt an einer Maschine in einem Gefahrenbereich befinden. Wenn der Laserscanner durch diese Maßnahme zu tief eingebaut wird, können nicht die vollen 180° überwacht werden. **3** Wird desto später gemeldet, je höher die Mehrfachauswertung ist. **4** Einrichtung zur Verhinderung eines automatischen Wiederanlaufs der Maschine nach Betreten des Schutzfeldes. Immer dann erforderlich, wenn das Schutzfeld zur Gefahrenquelle hin verlassen werden kann. **13** Ab welcher Entfernung (in Metern) ändert sich der maximale Messfehler des Laserscanners? **14** Gefahrenbereich, in dem sich Personen, vom Sensor unbemerkt, befinden können, da die Montagefläche und der Spiegeldrehpunkt eine bestimmte



Entfernung zueinander haben. **16** Das Fahrzeug kann nur beliebig stark beschleunigt werden, wenn der Nahbereich abgesichert ist. Wie groß ist dieser Nahbereich (in Zentimetern)?

3.7 Ist das Kreuzwörterrätsel als Teil der Betriebsanleitung Ihrer Meinung nach eine sinnvolle Art, das Wissen aufzufrischen?

- ja
- nein

3.8 Bitte geben Sie uns zum Schluss noch eine abschließende Bewertung zum vorgestellten Medienpaket.

- Ein guter Ansatz, der weiter verfolgt werden sollte.
- Ich sehe darin keinen Vorteil zu einer herkömmlichen Betriebsanleitung.
- Das Konzept ist völlig inakzeptabel.

Haben Sie sonst noch Anmerkungen?

.....

.....

.....

.....

.....

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!!!



Anhang 6: Musterbetriebsanleitung

Die [Musterbetriebsanleitung](#) mit den zwei wichtigsten Kapiteln einer Betriebsanleitung für Laserscanner in unterhaltsamer Form finden Sie im Internet unter der Adresse

http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf_datei/biar0804/betriebsanleitung.pdf



Literaturverzeichnis

- [1] Machinery Safety and Occupational Safety. Hrsg.: Nippon Electric Control Equipment Industries Association, Tokio 2001
- [2] *Pfannenberg, J.; Fischer, O.*: Analyse von Kundenmedien. Mimeo, Düsseldorf 1999
- [3] *Reichert, G. W.*: Kompendium für technische Anleitungen. Konradin Verlag Robert Kohlhammer, Leinfelden-Echterdingen 1991
- [4] *Hahn, H. P.*: Technische Dokumentation leichtgemacht. Carl Hanser, München 1996
- [5] DIN EN 62079: Erstellen von Anleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung (11/2001) (IEC 62079:2001). Beuth, Berlin 2001
- [6] VDI 4500 Blatt 1: Technische Dokumentation – Benutzerinformation. Beuth, Berlin 1995
- [7] *Gabriel, C.-H.; Schmidt, C.*: Leitfaden Betriebsanleitung. Hrsg.: Tekom – Gesellschaft für technische Kommunikation, Stuttgart 2001
- [8] Entschließung 98/C 411/01 des Rates der Europäischen Union vom 17. Dezember 1998 über Gebrauchsanleitungen für technische Konsumgüter. ABl. EG (1998) Nr. C 411, S. 1-4. http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/1998/c_411/c_41119981231de00010004.pdf
- [9] DIN EN ISO 12100-2: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze (04/2004). Beuth, Berlin 2004
- [10] *Rüther-Weiß, V.*: Sicherheit mit Unterhaltungswert. Technische Kommunikation 26 (2004) Nr. 4, S. 34-39