

# Schwerpunktthema Gestaltendes Arbeiten im Licht von Risikobeurteilung und Maschinensicherheit

## **lernen & lehren**

Elektrotechnik • Informationstechnik  
Metalltechnik • Fahrzeugtechnik



CE-Kennzeichnungsverfahren für Maschinen und Anlagen  
Hans Szymanski/Wilhelm Termath

Virtuelle Modelle zur Simulation von Maschinen und Anlagen  
Andrea Lange/Alexander Kroys/Klaus Jenewein

Sicherheit – ein Erfolgsfaktor. Lern-Szenario für die Metall-/Mechatronik-Berufe  
am Beispiel eines pneumatischen Systems  
Peter Häfner

Maschinensicherheit muss Schule machen – Unterrichtsfragmente zur  
Einfachfehlersicherheit in NOT-HALT-Kreisen  
Reinhard Geffert

Sicherheitsrisiko Mensch: Manipulation an Schutzeinrichtungen  
Frank Schmidt

Sicherer Umgang mit Elektrizität – Unfallvermeidung und Gefährdungsbeurteilung  
im Lichte problemlösenden Lernens  
Michael Tärre

# Smart Technologies – berufsfeldbezogene Lösungen

Im Rahmen der 17. Hochschultage Berufliche Bildung: Arbeit der Zukunft – Zukunft der Arbeit:  
Berufliche Bildung, Qualifikation und Fachkräftebedarf im Zeichen des demographischen Wandels

Technische bzw. technologische Innovationen müssen in den Curricula ihren Niederschlag finden. Nur so kann berufliche Bildung ihren Auftrag erfüllen, die Lebensgestaltung und Kompetenzentwicklung ihrer Protagonisten zu begleiten – ggf. auch zu lenken – und die Wirtschaft zu stärken und zu entwickeln. Getrübt werden die Aussichten durch den demographischen Faktor, der Probleme der Rekrutierung von Fachkräften vor allem in technischen Berufen erwarten lässt. Ein zentraler Diskussionspunkt auf der 23. Fachtagung wird sein, was berufsbildende Schulen, Betriebe und außerbetriebliche Bildungsanbieter einerseits und zunehmende „Intelligenz“ technischer Systeme andererseits leisten können, um die künftige Generation der Fachkräfte der Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik in die Lage zu versetzen, selbst eine aktive Rolle zu übernehmen und die Erwartungen der Arbeitswelt zu erfüllen.

## Plenarvorträge zu den Themen

- Intelligente Technologien – Herausforderungen für Wissenschaft und Bildung
- Wandel bei Lernenden und Lehrenden in Zeiten intelligenter Technologien
- Mitarbeiterqualifizierung in intelligenten Produktionsstätten – unternehmerische Herausforderung im demographischen Wandel
- Generation „Nachhaltigkeit“

## und mehr als zwanzig Beiträge aus Betrieb, Schule und Forschung in Arbeitskreisen zu den Themen

- Inhalte und Werkzeuge zukunftsorientierter Berufsbildung
- Intelligenz der Systeme: Herausforderungen an die
  - elektro- und informationstechnische Berufsbildung und
  - metall- und fahrzeugtechnische Berufsbildung
- Die Energiewende intelligent gestalten – Berufsbildung im Zeichen des Wandels

Die Fachtagung findet statt am 13. März 2013 von 9:30 Uhr bis 16:00 Uhr und am 14. März von 9:00 Uhr bis 12:00 Uhr in den Räumen der Universität Essen-Duisburg in Essen.

Alle Informationen unter

**BAG** [www.bag-elektrometall.de](http://www.bag-elektrometall.de)



[www.uni-due.de/hochschultage-2013](http://www.uni-due.de/hochschultage-2013)

## Berufsbildung, Arbeit und Innovation



Frank Musekamp

### Betrieblicher Einsatz von Absolventen zweijähriger Ausbildungsberufe

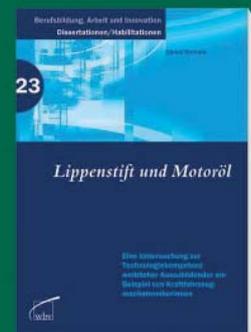
Eine empirische Untersuchung des Ausbildungsberufes Kfz-Servicemechaniker/in  
2011, 318 S., 39,- € (D)  
ISBN 978-3-7639-4732-4  
Best.-Nr. 6004151



Matthias Becker, Frank Musekamp,  
Georg Spöttl

### Zweijährige Berufsausbildung im Kfz-Service

Kfz-Servicemechaniker/innen aus der Perspektive von Auszubildenden, Lehrenden und betrieblichen Akteuren  
2011, 223 S., 34,- € (D)  
ISBN 978-3-7639-4665-5  
Best.-Nr. 6004108



Bärbel Bertram

### Lippenstift und Motoröl

Eine Untersuchung zur Technologiekompetenz weiblicher Auszubildender am Beispiel der Kfz-Mechatronikerinnen  
2012, 235 S., 39,- € (D)  
ISBN 978-3-7639-5031-7  
Best.-Nr. 6004270

[wbv.de](http://wbv.de)

# Inhalt

## SCHWERPUNKT:

### GESTALTENDES ARBEITEN IM LICHT VON RISIKOBEURTEILUNG UND MASCHINENSICHERHEIT

- 134 **Editorial**  
*Reinhard Geffert/Klaus Jenewein*
- Schwerpunktthema**
- 136 CE-Kennzeichnungsverfahren für Maschinen und Anlagen  
*Hans Szymanski/Wilhelm Termath*
- 140 Virtuelle Modelle zur Simulation von Maschinen und Anlagen in der Risiko- und Gefährungsbeurteilung und in der Qualifizierung des Bedienungs- und Instandhaltungspersonals  
*Andrea Lange/Alexander Kroys/Klaus Jenewein*
- Praxisbeiträge**
- 146 Sicherheit – ein Erfolgsfaktor. Lern-Szenario für die Metall-/Mechatronik-Berufe am Beispiel eines pneumatischen Systems  
*Peter Häfner*
- 150 Maschinensicherheit muss Schule machen – Unterrichtsfragmente zur Einfachfehlersicherheit in NOT-HALT-Kreisen  
*Reinhard Geffert*
- 154 Sicherheitsrisiko Mensch: Manipulation an Schutzeinrichtungen  
*Frank Schmidt*
- 162 Sicherer Umgang mit Elektrizität – Unfallvermeidung und Gefährdungsbeurteilung im Lichte problemlösenden Lernens  
*Michael Tärre*
- Forum**
- 170 Konstruktion von beruflichen Curricula für die Windenergiebranche/Windkraftindustrie  
*Michael Germann*
- Rezensionen**
- 173 Materialien für Ausbildung und Unterricht zur Maschinen- und Anlagensicherheit  
*Klaus Jenewein*
- 175 Lernen und Lehren in der beruflichen Bildung  
*Matthias Schönbeck*
- Ständige Rubriken**
- I–IV BAG Aktuell 04/2012
- 176 Einladungen zu Mitgliederversammlungen der BAGen
- 176 Verzeichnis der Autorinnen und Autoren
- U3 Impressum

# Editorial

REINHARD GEFFERT/KLAUS JENEWEIN

Fragen der Arbeitssicherheit stehen in der Ausbildungs- und Arbeitspraxis der Elektro- und Metallberufe ganz oben auf der Agenda. Schauen wir in die Rahmenlehrpläne der neu geordneten Elektro- und Metallberufe, so ist festzustellen, dass dort kaum noch einzelne Vorgaben für Unterrichtsinhalte vorkommen, die mit der Arbeitssicherheit zu tun haben. Der Erwerb von Kenntnissen und die Herausbildung von Einstellungen, die mit der Arbeitssicherheit zu tun haben, werden einfach als selbstverständlich vorausgesetzt.

Der Rahmenlehrplan erschöpft sich denn auch nicht mehr in der Aufführung der zugehörigen Inhalte. Auf diese geht er nur noch mit groben Hinweisen in den Zielformulierungen ein. Beispiel „Elektroniker/-in der Fachrichtung Betriebstechnik“: Die Schülerinnen und Schüler

- „handeln verantwortungsbewusst unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Aspekte“ (Lernfeld 1);
- „halten (...) die Sicherheitsregeln unter Berücksichtigung der Unfallverhütungsvorschriften beim Arbeiten in und an elektrischen Anlagen ein. Sie erkennen mögliche Gefahren des elektrischen Stromes und berücksichtigen einschlägige Sicherheitsbestimmungen und Schutzmaßnahmen“ (Lernfeld 2);
- „kontrollieren bei Errichtung, Inbetriebnahme und Instandhaltung von Anlagen der Elektroenergieversorgung und bei Betriebsmitteln die Einhaltung von Normen, Vorschriften und Regeln zum Schutz gegen elektrischen Schlag, zum Arbeitsschutz und zur Unfallverhütung“ (Lernfeld 5).

In ähnlicher Weise sind die Rahmenlehrpläne für die Metallberufe ausgestaltet. Dabei sind die technischen Fachkräfte heute in umfassender Weise für Aufbau, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung, einschließlich Fehleranalyse und -beseitigung verantwortlich, wie die heutigen Berufsbilder ausweisen. Ein vertieftes Verständnis der Auslegung von Maschinen und Anlagen, die Fähigkeit zur Einschätzung der mit unterschiedlichen Betriebszuständen verbundenen Gefahren und die Planung möglicher Maßnahmen für eine sicherheitsgerechte Ausfüh-

rung anstehender Arbeiten sind daher unabdingbar in der Ausbildung anzustrebende Kompetenzen. Gerade für unsere Berufe hat dies eine besondere Bedeutung – denken wir z. B. an den Instandhalter, der seine Arbeiten etwa an einer Automatisierungstechnischen Anlage eben nicht im Normalbetrieb verrichtet, sondern etwa im Störfall mit Eingriffen in Steuerungsprogramme und Fertigungsabläufe Funktions- und Fehlertests durchführen muss. Ohne ein vertieftes Verständnis der Fachkräfte über bei unterschiedlichen Maschinenzuständen mögliche Selbst- und Fremdgefährdungen und der diese Gefährdungen vorbeugenden Sicherheitsmaßnahmen wäre die moderne industrielle Facharbeit heute nicht denkbar. Gleichzeitig muss uns als Berufsbildner jedoch zu denken geben, wie aus den Konstruktionsbereichen der Industrie immer wieder beklagt wird, wie wenig die Konstrukteure auch heute noch tatsächlich in der Lage sind, eine umfassende lebenszyklusbezogene Systembetrachtung vorzunehmen, die in einzelnen Phasen auftretenden Gefährdungen richtig zu analysieren und Maßnahmen zur Abhilfe zu entwickeln. (Die auf ingenieurwissenschaftlichen Fachtagungen immer wieder auftretenden Schilderungen beispielsweise aus der Automobilindustrie lassen erkennen, dass die Konstruktionspraxis von dem geforderten Ideal noch weit entfernt ist.)

Dabei hat sich im Bereich der Arbeitssicherheit im vergangenen Jahrzehnt viel getan. Die Europäische Maschinenrichtlinie von 2006 und die dort festgelegten Regeln des CE-Kennzeichnungsverfahrens stellen bereits an die Hersteller von Maschinen und Anlagen die Forderung, schon in der Konstruktion die mit der Arbeit an Maschinen und Anlagen verbundenen Risiken zu analysieren und für jeden einzelnen Betriebszustand Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen und Risiken vorzusehen. Die von einer Maschine ausgehenden Gefahren sollen so bereits während des Konstruktionsprozesses vermieden oder mindestens minimiert werden. Einzubeziehen ist nicht nur der Normalbetrieb, sondern der gesamte Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen vom Entwurf bis zur Entsorgung. Dass für eine solche Vorgehensweise inzwischen leistungsfähige Methoden entwickelt worden sind, in der Praxis jedoch nach

wie vor viel schief geht, können die Leserinnen und Leser den Beiträgen des vorliegenden Hefts entnehmen.

Die einzelnen Beiträge beleuchten unterschiedliche Aspekte des Themas aus der Perspektive der beruflichen Bildung. In den einführenden Schwerpunktbeiträgen wird zunächst, ausgehend von der 2006er EU-Maschinenrichtlinie, der aktuelle Entwicklungsstand beschrieben. SZYMANSKI und TERMATH stellen dar, welche Anforderungen durch die Europäische Maschinenrichtlinie an die Konstruktion und Fertigung von Maschinen und Anlagen entstehen und welche Probleme dabei typischerweise auftreten. LANGE, KROYS und JENEWEIN zeigen im zweiten Schwerpunktbeitrag auf, wie heute mit modernen Methoden der virtuellen Simulation versucht wird, sowohl bei der Konstruktions- und Fertigungsplanung als auch bei der Qualifizierung des Instandhaltungspersonals Verfahren der Gefährdungsanalyse und -beurteilung aufzuzeigen.

Die Praxisbeiträge wurden mehrheitlich auf der 22. Fachtagung der BAG Elektrotechnik, Informationstechnik, Metalltechnik und Fahrzeugtechnik e. V. im März 2012 in Aachen vorgestellt und können im Workshop-Original auch auf der BAG-Homepage nachgesehen werden. Sie beleuchten das Thema an unterschiedlichen Beispielen, die unmittelbare Hin-

weise für den Unterricht geben sollen. HÄFNER stellt ein Lern-Szenario zum Thema „Sicherheit für die Metall- und Mechatronik-Ausbildung“ vor und erläutert die Umsetzung an einem pneumatischen System. GEFFERT dokumentiert ein Unterrichtskonzept im Bereich der Steuerungstechnik zum Thema „Einfachfehlersicherheit in Not-Halt-Kreisen“. Schwerpunkt des Beitrags von SCHMIDT ist ein Thema, das die Berufsgenossenschaften als großes Problem im Bereich der Arbeitssicherheit identifiziert haben: das Problem der Manipulation von Schutzeinrichtungen. Und ein Beitrag von TÄRRE stellt ein Unterrichtskonzept mit der Methode problemlösenden Lernens zum sicheren Umgang mit Elektrizität vor. Ergänzt werden die Praxisbeiträge diesmal mit einer themenbezogenen Rezension, in der hilfreiche Materialien für Ausbildung und Unterricht zum Themenbereich „Maschinen- und Anlagensicherheit“ vorgestellt werden, sowie mit einem schwerpunktunabhängigen Forumsbeitrag.

Als Heftbetreuer erhoffen wir uns von diesem Heft eine Aufmerksamkeit unserer Leserinnen und Leser für ein Thema, das in seiner Bedeutung für Ausbildungs- und Unterrichtspraxis einerseits sowie für die Lehrerbildung andererseits neu bewertet werden sollte. Wir würden uns freuen, wenn wir mit diesem Heft hierzu einen Beitrag leisten können.

*Liebe Leserinnen und Leser,*

die Zeitschrift „lernen & lehren“ möchte sehr gern vor allem den Praktikerinnen und Praktikern an den Lernorten die Möglichkeit einräumen, die vielfältigen Erfahrungen gut funktionierender Ausbildungs- und Unterrichtspraxis in Beiträgen der Zeitschrift zu veröffentlichen. Daher möchten wir Sie gern ermuntern, sich mit der Schriftleitung in Verbindung zu setzen, wenn hierzu auch von Ihrer Seite Interesse besteht. Wir streben wie bisher an, pro Heft zwei vom Themenschwerpunkt unabhängige Beiträge zu veröffentlichen.

Wenn Sie Interesse haben, an einem Themenschwerpunkt mitzuwirken, dann sollten Sie sich rechtzeitig und vorab mit uns in Verbindung setzen, da die Herstellung der Zeitschrift einen langen zeitlichen Vorlauf benötigt.

Für die zweite Jahreshälfte 2013 und für 2014 sind derzeit folgende Themenschwerpunkte geplant:

- Zehn Jahre nach der Neuordnung elektro-, fahrzeug- und metalltechnischer Berufe
- Digitales Lernen
- Hightech Smart...
- Berufsgruppenspezifische Ausbildungskonzepte

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

*Herausgeber und Schriftleitung*

# CE-Kennzeichnungsverfahren für Maschinen und Anlagen



HANS SZYMANSKI



WILHELM TERMATH

Die Herstellung von Maschinen und Anlagen erfordert die Einhaltung sicherheitstechnischer und ergonomischer Standards. Diese Anforderungen sind innerhalb der EU in der Maschinenrichtlinie (MaschRL) festgelegt und werden über Normen konkretisiert. Mit der Konformitätserklärung und der Vergabe des „CE“-Kennzeichens („Conformité Européenne“), das als grafisches Symbol für Europäische Konformität steht, bekunden Hersteller die Einhaltung der Anforderungen der MaschRL einer entsprechend gekennzeichneten Maschine. In einer Analyse von Konformitätsnachweisen (LANGE/SZYMANSKI 2005) gaben jedoch mehr als 40 Prozent der untersuchten Hersteller Probleme mit der Verständlichkeit der MaschRL an.

Im vorliegenden Beitrag wird ein Überblick über die durch die MaschRL erforderlichen Veränderungen in den betrieblichen Abläufen bei Herstellern und Betreibern von Maschinen und Anlagen gegeben. Für das berufliche Lehren und Lernen werden Konsequenzen aufgezeigt.

Im vorliegenden Beitrag wird ein Überblick über die durch die MaschRL erforderlichen Veränderungen in den betrieblichen Abläufen bei Herstellern und Betreibern von Maschinen und Anlagen gegeben. Für das berufliche Lehren und Lernen werden Konsequenzen aufgezeigt.

## DEFIZITE IM CE-KENNZEICHNUNGSVERFAHREN

Präventiver Arbeits- und Gesundheitsschutz bedeutet für die Umsetzung der Maschinenrichtlinie, dass die von der Maschine ausgehenden Gefahren bereits während des Konstruktionsprozesses aufzuzeigen und zu vermeiden sind. Die Prävention beginnt im Konstruktionsprozess dadurch, dass nicht nur der Normalbetrieb, sondern der gesamte Lebenszyklus der Maschine (s. Abb. 1) in die Betrachtung einzu-

beziehen ist. Dies schließt eine Dokumentation der Gefahrenanalyse bzw. der Risikobeurteilung ein. Gleichzeitig sind die an diesen Maschinen tätigen Personen über den Umgang mit verbleibenden Restrisiken in allen Lebensphasen der Maschine bzw. Anlage (im Normalbetrieb, bei der Störungsbeseitigung, der Wartung und Instandsetzung etc.) einzuweisen.

Eine arbeitswissenschaftliche Studie (LANGE/SZYMANSKI 2005) hat jedoch eine Vielzahl von Defiziten und Übertragungsfehlern im Prozess der CE-Kennzeich-

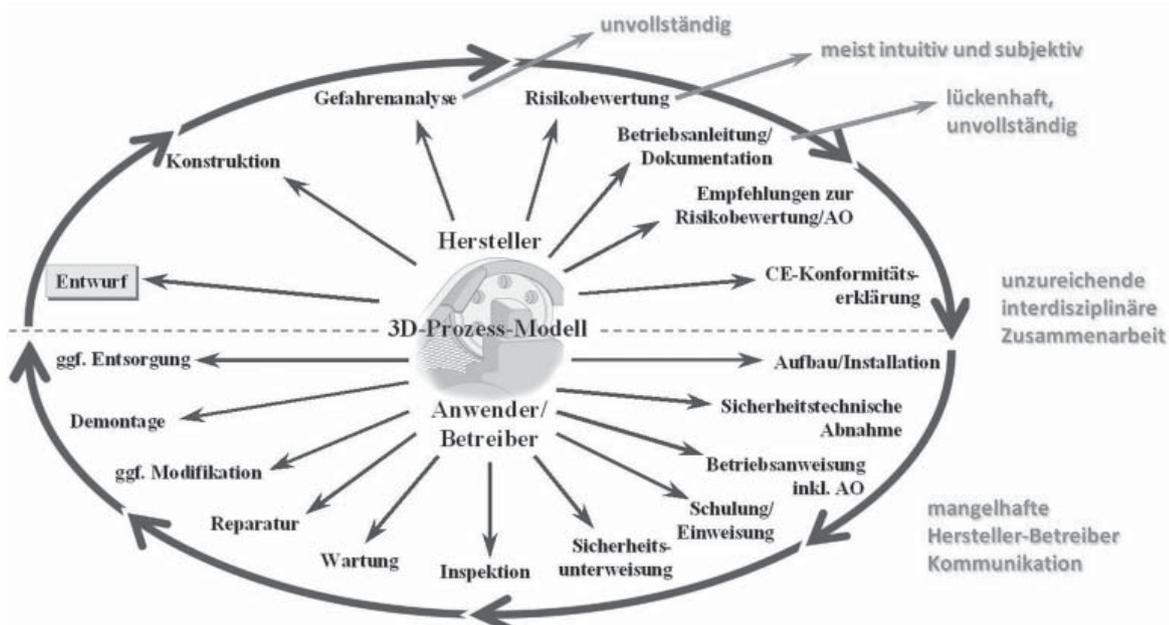


Abb. 1: Lebenszyklus der Maschine/Anlage aus Sicht des Arbeitsschutzes (LANGE/SZYMANSKI 2006)

nung aufgezeigt. Viele Unternehmen wissen nicht, wie die Anforderungen der MaschRL in den betrieblichen Alltag integriert werden können – und manche wissen nicht einmal, dass sie integriert werden müssen.

Gefahrenanalysen und Risikobeurteilungen werden zwar von der Mehrzahl der Unternehmen durchgeführt, ihre Qualität jedoch entspricht sehr häufig nicht den Anforderungen der MaschRL. Im Gesamtprozess sind Lücken insbesondere dahingehend festzustellen, dass nicht alle Lebensphasen und Betriebszustände der Maschine berücksichtigt werden, was erhebliche Sicherheitsmängel zur Folge haben kann. Häufig fehlen die Lebensphasen Bau, Montage und Transport. Nur selten werden Demontage und Entsorgung berücksichtigt. Oft werden verkürzte Gefahrenanalysen durchgeführt, was zur Folge hat, dass nicht alle auftretenden Gefahren systematisch ermittelt werden. Hinzu kommt, dass viele Unternehmen Gefahrenanalysen und Risikobeurteilungen erst nach der Konstruktion durchführen, wodurch die eigensichere Konstruktion nicht mehr gewährleistet werden kann und funktional unzulängliche technische Schutzmaßnahmen und Benutzerhinweise als Alternativen genutzt werden.

Nach LANGE und SZYMANSKI (2005) ist in den einzelnen Fachabteilungen der Unternehmen unterschiedlich ausgeprägtes Fachwissen, insbesondere zur Risikobeurteilung, festzustellen. Wissenslücken und damit gleichzeitig Unkenntnis über mögliche Vorgehensweisen im Rahmen der Risikobeurteilung bestehen auch im Bereich Elektrik, Pneumatik und Hydraulik. Insgesamt kann festgestellt werden, dass Gefahrenanalysen unvollständig und Risikobeurteilungen meistens auch „aus dem Bauch heraus“ durchgeführt werden. Im Zusammenhang mit der Risikobeurteilung sind auch die Defizite bei der Bestimmung der

Restrisiken zu betrachten, die einen wichtigen Hinweis für den Umgang der Betreiber mit der Maschine bilden sollen: Nur wenige Hersteller leiten die Restrisiken aus der Risikobeurteilung ab.

Pflichtenhefte, die Aspekte von Sicherheit und Gesundheit enthalten, werden nur von wenigen Unternehmen als Kommunikationsbasis genutzt. Sicherheitstechnische Aspekte werden nicht im Vorfeld mit dem Betreiber diskutiert. Die Folge sind Unstimmigkeiten zwischen Hersteller und Betreiber über das Sicherheitskonzept, was häufig zu Nachbesserungen und damit zu nachträglichen Kosten und Aufwendungen führt, die im Vorfeld nicht mit einkalkuliert worden sind.

In vielen Unternehmen fehlt aber auch die Integration der Anforderungen der Maschine in die betrieblichen Abläufe. Die Konstrukteure arbeiten als Einzelkämpfer nebeneinander und kaum in systematischer Teamarbeit. Die Folge ist ein sequentielles und damit zeitaufwändiges Vorgehen im CE-Prozess.

Hierbei ist lediglich die korrekte Einhaltung von Verfahrensweisen im Sinne eines Qualitätsmanagements in den Unternehmen von Bedeutung. Die Arbeitsergebnisse werden in den Prozessen an die nachgelagerte Stelle weitergereicht. Infolgedessen fehlen häufig kooperative Entscheidungsprozesse (s. Abb. 2).

Zeitliche Verzögerungen bei der Erstellung der Betriebsanleitung sind ein Mangel, der ebenfalls zu beobachten ist. Auch hier liegt die Ursache in der sequentiellen Vorgehensweise. Die Maschine wird gebaut; erst anschließend erfolgt die Dokumentation der Betriebsanleitung. Eignet sich während der Inbetriebnahme und vor der (vollständigen) Erstellung der Betriebsanleitung ein Unfall, kann dies für den

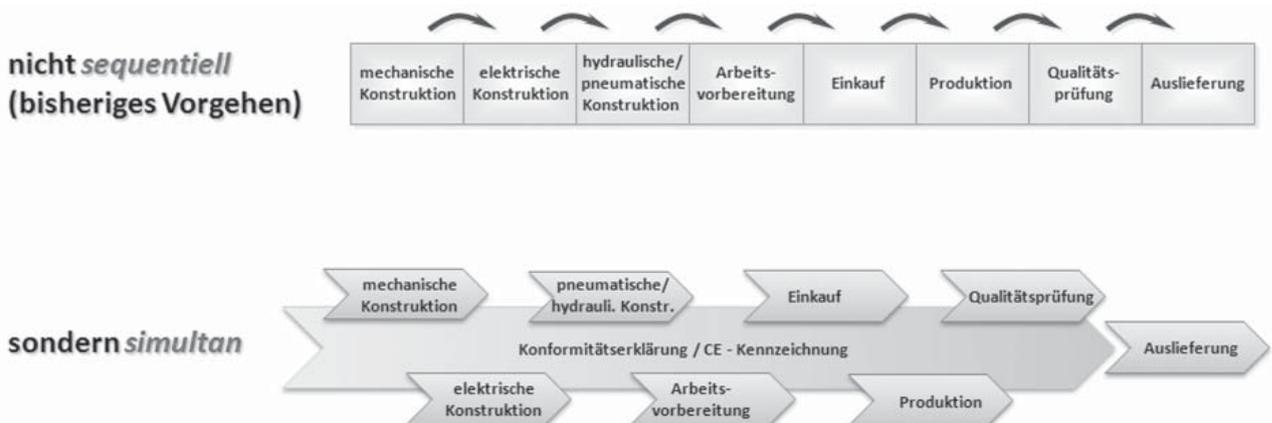


Abb. 2: Interdisziplinäre Zusammenarbeit im Maschinenbauprozess (LANGE/SZYMANSKI 2006, S. 33)

Hersteller und auch den Betreiber haftungsrechtliche Konsequenzen haben.

Ein weiterer Aspekt betrifft die Umsetzung ergonomischer Erkenntnisse. Hier fehlen den Konstrukteuren häufig Basiskenntnisse zur menschengerechten Maschinengestaltung. In der Praxis führt dies dazu, dass die Maschine/Anlage mit Mängeln geliefert wird, die die Bediener physisch und psychisch überfordern können.

Der Druck des Marktes, Maschinen möglichst kurzfristig zu liefern, wirkt ebenso der Teamarbeit entgegen. Die Zeitspanne vom Auftragseingang bis zur Auslieferung der Maschine ist oft so kurz, dass sich die beteiligten Disziplinen weder die Zeit nehmen, sich mit dem Thema „CE-Konformität“ auseinanderzusetzen (Kenntnisdefizite) noch mit anderen Disziplinen im Unternehmen zusammenzuarbeiten. Im Gegensatz dazu wurden in den Unternehmen, in denen die Integration des Konformitätsverfahrens als Schlüsselqualifikation erkannt wurde, Beteiligte und Verantwortliche im Prozess festgelegt, und es zeigt sich, dass dann häufig eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erfolgt. Diese Zusammenarbeit hat im Ergebnis i. d. R. zur Steigerung der Produktivität geführt, auch wenn zunächst ein erhöhter Aufwand geleistet werden musste.

Neben der fehlenden Kommunikation innerhalb des Entwicklungs- und Konstruktionsbereiches ist auch die mangelnde Einbeziehung vor- und nachgelagerter Prozesse (z. B. des Vertriebes oder der Arbeitsvorbereitung) ein Grund für einen „unsauberen“ CE-Prozess.

Fehlende Standards beim Pflichten- und Lastenheft, mangelnde Kenntnis über Aufwand und Kosten von Sicherheitsanforderungen, Kommunikationsdefizite zwischen Kunden/Betreiber und Konstruktion/Vertrieb sowie sicherheitstechnische Gestaltungsoptionen bei der Umsetzung von Sicherheitsanforderungen sind somit nur einige wenige Beispiele, die jedoch ein erhebliches Optimierungspotenzial aufzeigen. Insgesamt birgt das sequenzielle Vorgehen ein hohes Risiko an Informationsverlust, langwierige Entwicklungs- und Produktionszeiten und damit eine geringere Wettbewerbsfähigkeit. Besonders in diesem Bereich kann über Prozessinnovationen im Unternehmen aus einem Wettbewerbsdefizit ein Vorteil aufgebaut werden.

## ÄNDERUNGEN DURCH DIE EINFÜHRUNG DER NEUEN MASCHINENRICHTLINIE

Alle Unternehmen, die Maschinen bauen oder umbauen, verkaufen oder kaufen und benutzen, müssen seit dem 29. Dezember 2009 die neue europäische Maschinenrichtlinie (MASCHRL 2006) anwenden. Welche Änderungen ergaben sich durch die neue Maschinenrichtlinie?

- In der alten Maschinenrichtlinie waren unterschiedliche Verfahren zum Nachweis der Sicherheit für Maschinen, auswechselbare Ausrüstungen, Sicherheitsbauteile, Ketten/Seile/Gurte für Hebezwecke, Gelenkwellen und Lastaufnahmemittel vorgeschrieben. Künftig gelten für diese Produkte die gleichen Regelungen wie für Maschinen. Sie müssen z. B. mit CE-Zeichen, Konformitätserklärung und den erforderlichen Benutzerinformationen in den Verkehr gebracht werden.
- Baustellenaufzüge unterliegen der Maschinenrichtlinie.
- Geschwindigkeitsbezogene Abgrenzung zwischen Maschinenrichtlinie und Aufzugsrichtlinie: Für Fahrgeschwindigkeiten des Lastträgers  $> 0,15$  m/s gilt die Aufzugsrichtlinie, sonst oder wenn eine der Ausnahmeregelungen der Aufzugsrichtlinie zutrifft, gilt die Maschinenrichtlinie.
- Maschinen, die speziell für Forschungszwecke konstruiert und gebaut wurden und zur vorübergehenden Verwendung in Laboratorien bestimmt sind, unterliegen nicht der Maschinenrichtlinie.
- Die Abgrenzung zur Niederspannungsrichtlinie ist nicht mehr risikobezogen, sondern produktbezogen geregelt.
- Die Konformitätsverfahren für Maschinen wurden verändert. Zum Beispiel kann für solche Maschinen, die nach harmonisierten Normen hergestellt wurden, die Konformität durch interne Fertigungskontrolle bestätigt werden. Dies ist auch dann möglich, wenn keine harmonisierte Norm vorliegt, der Betrieb aber ein umfassendes Qualitätssicherungssystem unterhält.
- Die neue MaschRL fordert vom Hersteller eine Risikobeurteilung statt einer Gefahrenanalyse. Inhaltlich bedeutet dies, dass neben der Ermittlung der Gefahren auch die Bewertung des Risikos als Maß aus Höhe des Schadens, Eintrittswahrscheinlich-

»Marktdruck ein Grund für „unsauberen“ CE-Prozess«

keit und Möglichkeit zur Vermeidung des Schadens vorgenommen werden muss. Die Bezeichnung „Risikobeurteilung“ wurde dabei redaktionell an die Ausführungen der DIN EN ISO 14121 und DIN EN ISO 12100 angepasst.

## KONSEQUENZEN FÜR DAS BERUFLICHE LEHREN UND LERNEN

Die europäische Maschinenrichtlinie zeigt lediglich allgemeine Rahmenbedingungen auf, um den Betriebs Handlungsmöglichkeiten zu eröffnen, die zu innovativen, funktionalen und den Anforderungen der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes genügenden Produkten führen. Die daraus erwachsenen Anforderungen müssen durch Hersteller und Anwender von Maschinen in Eigenverantwortung umgesetzt werden. Was bedeutet das für die berufliche Aus- und Weiterbildung der betrieblichen Fachkräfte?

Die Vermeidung bzw. Minimierung von Risiken und Gefährdungen im Rahmen des Konstruktions- und Herstellungsprozesses ist nur eine Seite der erforderlichen Maßnahmen. Gerade in den industriellen Elektro- und Metallberufen sind viele Fachkräfte in der Bedienung und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen tätig. Fragen der Arbeitssicherheit und des Umgangs mit Risiken und Gefährdungen im Arbeitsprozess sind daher verbindlicher Bestandteil aller Ausbildungsordnungen und Rahmenlehrpläne.

Für die berufliche Bildung ergeben sich insbesondere zwei Herausforderungen. Zum einen gilt es, aktuelle Fachinhalte – hierzu gehört die Kenntnis der mit der Europäischen Maschinenrichtlinie vorgeschlagenen Maßnahmen und Verfahren – im Unterricht herauszuarbeiten. Beispielsweise stellt die Unterscheidung von Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung zwar keine grundlegende Änderung der Anforderungen an die Betriebe dar, ist aber der Feststellung geschuldet, dass bislang in der betrieblichen Praxis mit dem Begriff der Gefahrenanalyse lediglich die Feststellung der Gefahren verstanden wurde. Die begriffliche Präzisierung als Risikobeurteilung stellt klar, dass über die Feststellung und Analyse hinaus auch eine Bewertung des Risikos hinsichtlich Schadenshöhe, Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensvermeidung vorzunehmen ist. Das Grundverständnis für diese Fragen hat auch für die betriebliche Facharbeit eine große Bedeutung.

Zum anderen sind geeignete didaktische Settings zur Förderung der interdisziplinären und hierarchieübergreifenden Zusammenarbeit erforderlich. Die

künftigen Fachkräfte sind gefordert, im Austausch mit Entwicklern, Konstrukteuren und Kunden an kooperativen Planungs- und Entscheidungsprozessen mitzuwirken. Verfahren zur Beteiligung der Fachkräfte etwa im Rahmen von kontinuierlichen Verbesserungsprozessen sind im Rahmen des Qualitätsmanagements in vielen Unternehmen eingeführt. Über fachliches Zusammenhangwissen hinaus müssen die Fachkräfte zunehmend auch über die Fähigkeit verfügen, sich in Teams selbstbewusst und kooperativ zu integrieren. Hier bietet sich z. B. an, Fragen der Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung in Rollenspielen unter Einsatz von Moderations- und Präsentationstechniken zur Förderung der Sozial- und Methodenkompetenz aufzugreifen. Gerade hier liegt eine besondere Chance für die Bildungsarbeit der berufsbildenden Schulen.

## Literatur

- LANG, A./SZYMANSKI, H. (2005): Analyse von Konformitätsnachweisen für Maschinen: Inhalte, Formen, Vorgehensweise bei der Erarbeitung. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden
- LANG, A./SZYMANSKI, H. (2006): Leitfaden zur Umsetzung des CE-Kennzeichnungsverfahrens für Maschinen. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden
- MASCHRL (2006): Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung), EU-Amtsblatt (L 157)

# Virtuelle Modelle zur Simulation von Maschinen und Anlagen

## in der Risiko- und Gefährdungsbeurteilung und in der Qualifizierung des Bedienungs- und Instandhaltungspersonals<sup>1</sup>



ANDREA LANGE



ALEXANDER KROYS



KLAUS JENEWEIN

Mit der Europäischen Maschinenrichtlinie werden wichtige Standards für die Maschinen- und Anlagensicherheit eingeführt, die weitgreifende Konsequenzen für die Betriebsorganisation und für die Aus- und Weiterbildung von Konstrukteuren und betrieblichen Fachkräften haben. Im Beitrag wird folgenden Fragen nachgegangen: Mit welchen konkreten Maßnahmen können typische Risiken in der Auslegung und im Betrieb von Maschinen und Anlagen erfasst werden – und wie kann diesen präventiv begegnet werden? Wie können betriebliche Fachkräfte, die in Konstruktion, Herstellung und Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen tätig sind, auf die Anforderungen der Maschinenrichtlinie vorbereitet werden? Haben diese Entwicklungen auch eine Bedeutung für die Berufsausbildung in den Elektro- und Metallberufen?

### ÜBERLEGUNGEN ZUR ABSICHERUNG DES CE-KENNZEICHNUNGSVERFAHRENS<sup>2</sup>

Im Rahmen der Einführung der Europäischen Maschinenrichtlinie (RICHTLINIE 2006) stehen die Unternehmen des Maschinenbaus vor konkreten Problemen und Fragen: Wie kann eine Gefahren- und Risikobeurteilung auf der Grundlage der Anforderungen der Europäischen Maschinenrichtlinie bereits bei der Konstruktion und Auslegung von Maschinen und Anlagen erfolgen? Wie kann gesichert werden, dass die vor allem in den Bereichen Fertigung/Montage, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung entstehenden Risiken und Gefährdungen erkannt und durch präventive Maßnahmen bereits bei der Konstruktion ausgeschlossen werden?

Es wird zu diesen Fragen ein Handlungsansatz vorgestellt, mit dem für Akteure im CE-Kennzeichnungsprozess eine gesetzeskonforme Vorgehensweise sichergestellt werden kann. Der Handlungsansatz basiert auf der Grundüberlegung, eine Risiko- und Gefährdungsbeurteilung zunächst an virtuellen Systemen durchzuführen. Die Absicht: Maschinen und Anlagen werden bereits im Konstruktionsprozess

prototypisch visualisiert, um auf Grundlage dieser technischen Basis eine simultane Gefährdungsbeurteilung bereits im Konstruktionsprozess durchführen zu können.

### VISUALISIERUNG VON MASCHINEN UND ANLAGEN

Virtual Reality (VR) bietet vielseitige Möglichkeiten zur Visualisierung von Maschinen und Anlagen sowie zur Simulation technischer Vorgänge und Prozesse (SCHENK 2003).<sup>3</sup>

Der Begriff „Virtual Reality“ bzw. „virtuelle Realität“ beschreibt eine vom Computer geschaffene dreidimensionale Umwelt, die vom System in Echtzeit dargestellt wird. Die Besonderheiten sind Möglichkeiten zur Interaktion und der Immersion. Die Interaktion definiert sich durch den Einfluss des Anwenders auf die virtuelle Welt in Echtzeit. Der Anwender kann sich in der virtuellen Welt frei bewegen, navigieren und Gegenstände im Raum manipulieren. Jede Aktion des Anwenders löst eine Reaktion des Systems aus. Immersion beschreibt das „Eintauchen“ des Anwenders in diese Welt und damit die Tiefe des Empfindens eines Anwenders, in der virtuellen Welt

so agieren zu können wie in einer realen Umgebung. Die Art des Abbilds der realen in der virtuellen Welt, die Reaktion des Systems auf die Aktionen des Anwenders und die Ein- und Ausgabegeräte zum Umgang mit der virtuellen Realität bestimmen den Grad der Interaktion und der Immersion.

Komplexe Zusammenhänge sind mit Hilfe von VR aktiv erlebbar und können damit leichter verständlich dargestellt werden. Durch Integration von speziellem Fachwissen können virtuelle Modelle von Maschinen und Anlagen als Wissensspeicher genutzt und mit digitalen Medien gekoppelt werden. Sie ermöglichen als Lernmedium gefahrlose Lernhandlungen, ohne im Vergleich zur Realität die technische und personelle Verfügbarkeit berücksichtigen zu müssen. Qualitativ hochwertig können ideale (best practice) oder auch fehlerhafte Lösungswege in einen simulierten Handlungsablauf integriert und dargestellt werden.

Insbesondere die Interaktion und die im Vergleich zu konventionellen Medien (z. B.: Bücher, Videos) höhere Immersion (dies gilt auch im Vergleich zu Visualisierungen von CAD-Programmen) können zu einer verbesserten Analyse und Reflektion der in VR dargestellten Maschinen und deren Bewegungsabläufe führen. In gleicher Weise kann VR die Dokumentation, Montage und die Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen beim Kunden unterstützen. Insbesondere zur Darstellung von Gefahren sind vollständige, bewegte Modelle und die Möglichkeit, sich um die Maschine oder innerhalb der Anlage in einfacher Weise frei zu bewegen, unverzichtbar. VR bietet somit die Möglichkeit, in verschiedenen Prozessschritten des CE-Verfahrens zum Einsatz zu kommen und als gemeinsame Kommunikationsbasis eine Optimierung vorhandener Strukturen zu unterstützen.

## **VIRTUELLE SYSTEME IN DER GEFAHREN- UND RISIKOBEURTEILUNG**

Besondere Potenziale von VR für den Prozess der Gefahren- und Risikobeurteilung sind auf drei Handlungsebenen zu sehen.

– In der Entwicklung: Gefahrenmomente erkennen und ausschließen

Komplexe Maschinen und Anlagen können bislang während der Entwicklung nur schwer hinsichtlich präventiver Gestaltungsfaktoren zum Arbeits- und Gesundheitsschutz geprüft oder bewertet werden. Zum einen unterstützen dies nur wenige CAD-Anwendungen in der konstruktiven Entwicklung, zum anderen ist Erfahrungswissen über den gesamten

Produktlebenszyklus in mehreren Köpfen eines Unternehmens verteilt. Es lässt sich daher nur schwer proaktiv zusammenbringen und darstellen. Entscheidend ist hierbei, dass alle Personen ein einheitliches und klares Bild von dem Entwicklungsstand, den Funktionalitäten und potenziellen Gefahren haben. Ein gemeinsames Kommunikationsmedium kann hierfür überaus hilfreich sein.

– Vor und während des Betriebes: Gefahrenmomente vermeiden

Bei der Inbetriebnahme und vor der Betriebsphase die Sicherheit zu gewährleisten und Gefahrenpotenziale auszuschließen, ist bislang im Vorfeld für alle am Prozess beteiligten Personen nur schwer möglich.

Es besteht zudem kein gesicherter Mechanismus, mit dem das Erfahrungswissen, das einen sicheren Betrieb der Maschine unterstützt, den Bedienern der Maschine zur Verfügung gestellt werden kann. Informationen zur Maschine (technische Dokumentation und Betriebsanleitungen) sind häufig nur rudimentär und unvollständig ausgearbeitet. Zusätzlich besteht die Gefahr der fehlerhaften Interpretation oder des Überlesens wichtiger Abschnitte. Vorhersehbare Fehlanwendungen und Restrisiken werden überhaupt nicht oder unvollständig beschrieben (LANGE/SZYMANSKI 2005). Mit interaktiven VR-Modulen Zur Qualifizierung von Bedienungs- und Instandhaltungsprozeduren können Verhaltensweisen zur Vermeidung von Gefahrensituationen während und nach der Inbetriebnahme am virtuellen Maschinenmodell erlernt werden.

Maschinenhersteller sind zudem im internationalen Wettbewerb gezwungen, ihre Handbücher und Betriebsanleitungen in mehrere Sprachen übersetzen zu lassen. Wesentliche Hindernisse sind dabei in multikulturellen Belegschaften Unterschiede in der Wahrnehmung von Sprache. Hier können virtuelle Technologien Funktionen und Prozesse eindeutig simulieren und über interaktive Handlungsmöglichkeiten zum Teil die Textbeschreibung ersetzen. Authentische Handlungsabläufe werden so darstellbar, kulturell bedingte (Fehl-)Interpretationsmöglichkeiten werden weitgehend abgebaut.

– In der Instandhaltung und Reparatur: Expertenwissen reproduzierbar machen

Rund 70 Prozent aller Betreiber fordern nach der Inbetriebnahme Informationen zu Erfahrungen bei der Instandhaltung und Reparatur vom Hersteller an, 53 Prozent zu Erfahrungen des Bedienpersonals

(LANGE/SZYMANSKI 2005). Ausschlaggebend dafür ist, dass Kenntnisse zum Betrieb und zur Wartung nicht oder nur unzureichend in den jeweiligen Betriebsanleitungen vermittelt werden können. Was schon im normalen Betriebszustand das Personal vor Probleme stellt, kann in Gefahrensituationen schnell zur Havarie und zur Gefahr für Bediener, aber auch für das Instandhaltungspersonal führen. Eine Lösungsmöglichkeit besteht in der eindeutigen Darstellung des Maschinenverhaltens im Betrieb und in der Visualisierung der Bedienungs- und Handlungsabläufe.

### KOORDINierter CE-PROZESS

Das zentrale Instrument zur Gestaltung sicherer Maschinen ist die Risikobeurteilung. Zur inhaltlichen und methodischen Unterstützung der Unternehmen wurden aufeinander aufbauende Methoden für einen durchgängigen CE-Prozess entwickelt und deren Anwendungsmöglichkeit in verschiedenen Unternehmen erprobt (LANGE/SZYMANSKI 2006; vgl. Abb. 1).

Für die Implementation eines solchen Prozesses in die Unternehmensorganisation sind i. d. R. zwei zentrale Entwicklungsschritte erforderlich:

- CE-Teams als neue Formen der Arbeitsorganisation
- Das „CE-Team“ bildet ein gemeinsames Arbeitsgremium. Mitglieder des Teams sind die zuständigen Konstrukteure aus den Bereichen Mechanik, Elektrik,

Hydraulik, Pneumatik, Fachleute aus dem Bereich der Inbetriebnahme und, wenn Betreiber zum Hersteller werden, Vertreter der Fertigung. Angestrebt wird die Verbesserung der Ergebnisqualität – vor allem in gemeinschaftlicher Problemdiskussion z. B. bei der Durchführung der Risikobeurteilung und den sich daraus ergebenden Maßnahmen. So entstehen vielfach einfache, den Gesamtprozess berücksichtigende Lösungen zur Sicherheit und zur Funktionalität des Produktes.

Gleichzeitig führt die Diskussion über einzusetzende Sicherheitsmaßnahmen und -systeme zu deren Vereinheitlichung. Diese „hausinterne Normierung“ reduziert die Vielfalt benötigter Teile, womit letztendlich kostengünstiger produziert und eine bessere Wettbewerbsfähigkeit erreicht werden kann. Für besondere Unterstützungsarbeiten hat es sich als sinnvoll erwiesen, prozessbegleitend, z. B. bei der Risikobeurteilung und Maßnahmenableitung, überbetriebliche Arbeitsschutzexperten und auch die Kunden einzubeziehen.

- Einführung eines CE-Koordinators

Die Lenkung eines solchen „CE-Teams“ sollte in den Händen eines mit der Maschine vertrauten Mitarbeiters liegen. Hierzu bedarf es insbesondere der Integration in die entsprechend angepassten relevanten Geschäftsprozesse. Eine erfolgversprechende Lösung liegt in der Etablierung der Rolle eines

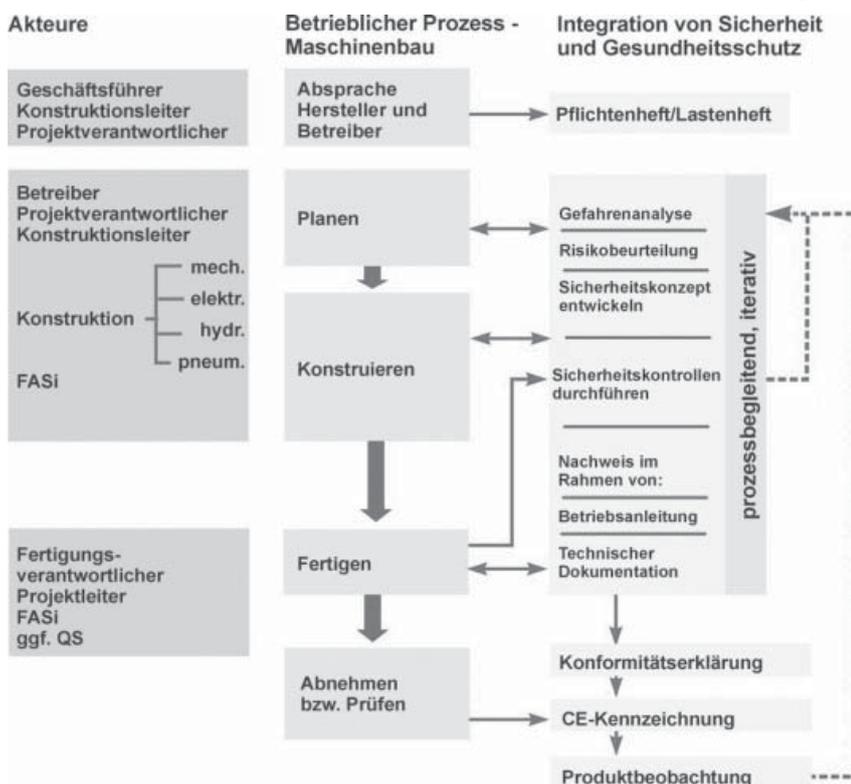


Abb. 1: Integration von Sicherheit in den betrieblichen Maschinenbau (LANGE/SZYMANSKI 2006, S. 21)

zentralen, aus dem Arbeitsbereich stammenden „CE-Koordinators“, in der wesentliche Teilaufgaben des Verfahrens gebündelt werden.

Seine Hauptaufgabe besteht in der Koordination von Aufgaben innerhalb des CE-Prozesses und in der Kommunikation mit allen am Prozess beteiligten Fachbereichen bzw. Akteuren. Hinzu kommt die Rolle des Moderators im Rahmen der interdisziplinären Risikobeurteilung.

Um seiner Aufgabe gerecht zu werden, benötigt der CE-Koordinator unterschiedliche fachliche, soziale, methodische und informationstechnische Kenntnisse und Kompetenzen. Der Ablauf zur Integration des CE-Koordinators in die betriebliche Organisation ist darstellbar (Abb. 2).



Abb. 2: Ablauf im koordinierten CE-Prozess

Der koordinierte CE-Prozess bietet somit viele Vorteile für den Maschinenhersteller. Mit der Integration des CE-Prozesses in die betrieblichen Kernprozesse wird der Zeitaufwand für die Konstruktion und den Bau der Maschine erheblich reduziert. Gleichzeitig können „Nachbesserungen“ an der fertig gestellten Maschine minimiert werden, weil Optimierungspotenziale bereits während des Konstruktionsprozesses erkannt und umgesetzt werden können. Durch die Etablierung einer in diesem Sinne verstandenen Rolle des „CE-Koordinators“ entsteht ein koordinierter, haftungssicherer CE-Prozess.

### KONSTRUKTIONSBEGLEITENDE RISIKOBEURTEILUNG MIT HILFE INTERAKTIVER 3-D-MASCHINENMODELLE

Eine neue Kommunikationsplattform ermöglicht die Durchführung einer Risikobeurteilung mittels Unterstützung durch interaktive VR-Maschinenmodelle. Mit diesen Hilfsmitteln wird allen Beteiligten ermöglicht, die Erfordernisse eines präventiven Arbeits- und Gesundheitsschutzes in der Entwicklung und Nutzung von Maschinen und Anlagen umzusetzen. Darüber hinaus eignet sich das Modell für die Darstellung simulierter Vorgehensweisen, sogenannter Prozeduren, und es kann auch zu Qualifizierungseinheiten weiterentwickelt werden.

Durch die Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten wurde hier mit beteiligten Unternehmen des Projektes jeweils ein exemplarisches Szenario ausgewählt und entwickelt. Fokussiert wurden die Durchführung eines koordinierten CE-Prozesses und die Unterstützung technischer Fachkräfte durch die Unterweisung und Qualifizierung zur Bedienung und der Instandhaltung der Maschinen und Anlagen.

Ein virtuelles Modell soll hier beispielhaft vorgestellt werden: die automatisierte Montage- und Lackieranlage eines großen Herstellers von Schreib- und Zeichenstiften.

Für die neu entwickelte Bedruckungsmaschine eines industriellen Schreibwarenherstellers wurden erstmalig Werkzeugträger entwickelt, die eine voll automatisierte Bedruckung unterschiedlichster Stiftformen ermöglichen. Der Werkzeugträgerwechsel und die hierfür notwendigen Referenzfahrten stellen neue Anforderungen an die Konzeption der Sicherheitstechnik und ergeben neue Vorgehensweisen in den unterschiedlichen Betriebsphasen.

Es wurden Aufgaben zur Schulung des Personals definiert, um z. B. die Maschine für eine neue Fertigungsserie einzurichten. Eine weitere Aufgabe besteht darin, die Maschine nach einem Ausfall der Spannungsversorgung wieder in Betrieb zu nehmen. Hierfür ist es erforderlich, die Referenzpunkte der einzelnen Transportbänder einzustellen.

Durch die Nutzung der VR-Technologie konnte der CE-Prozess zu einem sehr frühen Zeitpunkt in die Entwicklung der Maschine integriert werden. Schon durch die Visualisierung einzelner Baugruppen und deren Funktionsweisen konnte der interdisziplinäre Austausch zwischen den Fachkräften des Maschinenbaus, der Steuerungstechnik oder der Hydraulik sehr wirksam unterstützt werden.

Die Visualisierung von Bedienungs- und Instandhaltungsprozeduren hat dem Betreiber der Maschine eine frühzeitige Instruktion seiner Fachkräfte und damit eine Verkürzung der Inbetriebnahmephase ermöglicht. Über die virtuelle Simulation lassen sich zudem nicht nur verschiedene Tätigkeiten bereits im Vorfeld der Anlagenherstellung und -inbetriebnahme analysieren und die damit verbundenen Gefahrenquellen identifizieren. Eine mit dem virtuellen Modell durchgeführte systematische Risikoanalyse im Rahmen des CE-Prozesses bietet nicht nur Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung des Sicherheitskonzepts für die betreffende Anlage, sondern dient gleichzeitig als Medium zur Verbesserung der Anlagensicherheit und zur Prävention von Risiken über

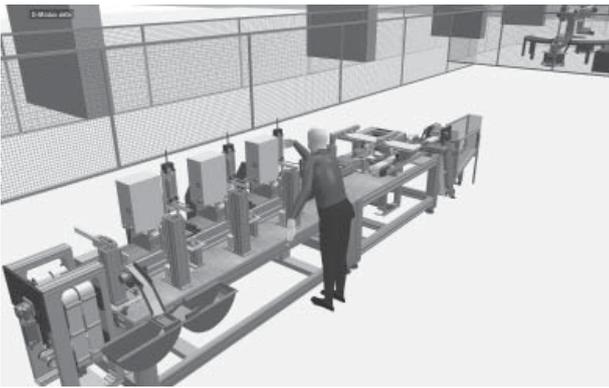


Abb. 3: Beispiel für ein Anwendungsszenario: Ansicht des interaktiven 3-D-Modells mit ausgeblendeter Einhausung

die frühzeitige Qualifizierung des künftigen Bedienungs- und Instandhaltungspersonals (Abb. 3).

### NUTZUNG INTERAKTIVER 3-D-MASCHINENMODELLE FÜR BERUFLICHES LEHREN UND LERNEN

Die bislang aufgezeigte Integration innerhalb der Entwicklungsprozesse kann als eine Facette des Innovationspotenzials von virtuell interaktiven 3-D-Maschinenmodellen im koordinierten CE-Prozess angesehen werden. Ein weiterer Nutzen bietet sich in den flankierenden Anwendungsbereichen z. B. für den Kunden als Betreiber der Maschinen.

Für die berufliche Aus- und Weiterbildung ist ein Aspekt von besonderem Interesse: Für die Fachkräfte in der Produktion, der Instandhaltung oder im Service können die interaktiven 3-D-Maschinenmodelle gleichzeitig als Lernmedien dienen, in denen sowohl optimierte Arbeitsprozeduren als auch die verbleibenden Restrisiken dargestellt werden. Vorhersehbare Fehlanwendung von Maschinen können hiermit aussagekräftig demonstriert werden. Zur Verkürzung der Einarbeitungszeit können die Unterweisungen und Schulungen bereits unmittelbar vor der Inbe-

triebnahme der realen Maschine an dessen interaktivem 3-D-Modell durchgeführt werden.

Für eine entsprechende Umsetzung müssen virtuell interaktive 3-D-Modelle im Hinblick auf die Zielgruppen und den Einsatzzweck weiterentwickelt werden. Der Einsatz in der beruflichen Weiterbildung erfolgt im Rahmen von didaktisch aufbereiteten Lernsituationen. In einer Qualifizierungseinheit zum Thema „Arbeitsschutz“ wird z. B. ein Demonstrationsmodus in das System integriert, der für Bediener und Wartungspersonal die mit dem System bestehenden Restrisiken erfahrbar macht.

Die Umsetzung erfolgt in virtuellen Lernszenarien, in denen deklarative und prozedurale Wissens-elemente abbildbar und im Rahmen von demonstrativen oder interaktiven Lernsituationen erarbeitet werden können (s. Abb. 4; zum Begriff des deklarativen und prozeduralen Wissens vgl. ANDERSON 1996). In den Lerneinheiten steht der Erwerb von Handlungskompetenz im Mittelpunkt der konzeptionellen und didaktischen Überlegungen. Dieses erfordert die Bewältigung realer Aufgabenstellungen aus der beruflichen Praxis.

Häufig stellt sich das Problem der Verfügbarkeit von geeigneten Betriebsmitteln, Maschinen oder Anlagen. Hier bestehen erhebliche Lernpotenziale darin, die Bearbeitung realer Arbeitsaufgaben an virtuell-interaktiven Modellen von Maschinen und Anlagen zu ermöglichen (vgl. JENEWEIN/SCHULZ 2007). Mit den Technologien der Virtuellen Realität können bereits für das CE-Verfahren eingesetzte virtuelle, als Computermodell vorliegende dreidimensionale Objekte genutzt werden. Nach der Erstellung der Objektgeometrie wird das Verhalten der Maschine bzw. Anlage implementiert, sodass mit der Darstellung der Bewegungen von Bauteilen und -gruppen auch

die Funktionalitäten erkennbar werden. Die Visualisierung der Umgebung schafft zusätzlich einen realitätsnahen Bezug zur tatsächlichen Arbeitsumgebung. In der didaktischen Aufgabenstellung werden dann Arbeitsaufgaben und -lösungen beschrieben, die das Feedback für den Lernenden und die Auswertung des Lernerfolgs ermöglichen. Die Lernenden können sich Schritt für Schritt die Details, konstruktiven Zusammenhänge und Funktionalitäten

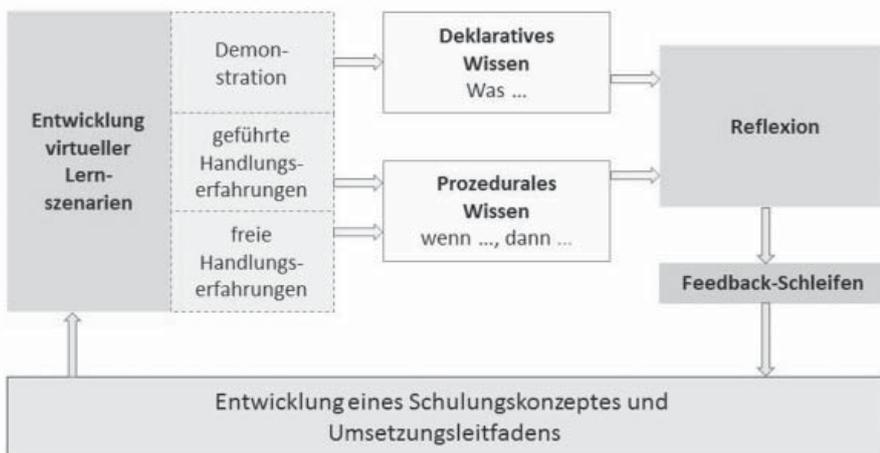


Abb. 4: Allgemeine Zielvorstellung zur didaktisch-methodischen Aufbereitung interaktiver VR-Modelle

der Bauteile und Baugruppen erschließen. Einzelne Arbeitsschritte – beispielsweise zur Durchführung einer Wartungsaufgabe – werden bereits im Konstruktionsprozess einer Anlage analysiert, als Lernaufgabe didaktisch aufbereitet und den Lernenden zur Bearbeitung in der virtuellen Szene vorgelegt.

Oftmals konnten derartige Aufgaben in der Vergangenheit nur sehr abstrakt vermittelt und nur durch Texte und technische Zeichnungen beschrieben werden. Neben der Möglichkeit, auch an einem technischen System zu üben, das normalerweise in einem Seminar, einer Ausbildungseinheit oder Unterrichtsstunde nicht eingesetzt werden kann, ergeben sich durch die Nutzung virtueller Lernszenarien weitere Vorteile:

- Die Ausbildung kann mit einer flexiblen Anzahl von Lernenden weitgehend zeit- und ortsunabhängig erfolgen.
- Sowohl der zeitliche Ablauf der Übungen als auch der Fokus auf einzelne Arbeitsschritte können beliebig variiert werden.
- Sämtliche Arbeitsschritte sind zu jedem Zeitpunkt für alle Lernenden transparent und sowohl durch Anschauung als auch durch eigene Lernhandlungen erschließbar.
- Eine fehlerhafte Durchführung von Arbeiten im virtuellen Szenario hat keine Beschädigung oder sogar Zerstörung von realen Maschinen und Anlagen zur Folge.
- Zudem hat sich im Informationszeitalter die Anwendung moderner Technologien als zusätzlicher Motivationsfaktor für die Lernenden bewährt.

## AUSBLICK

Mit den vorliegenden Ausführungen und Beispielen kann gut aufgezeigt werden, dass der Europäischen Maschinenrichtlinie nicht nur in der Konstruktion eine erhebliche Bedeutung zukommt. Auch für die in Herstellung, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung einbezogenen Fachkräfte haben Risikoanalyse und -prävention eine große Relevanz für eine sichere und ergonomische Maschinengestaltung. Darüber hinaus wird deutlich, dass eine einheitliche Vorstellung zur Funktion der Anlage und über bestehende Risiken gerade aus der Perspektive dieser Fachkräfte eine wesentliche Erleichterung für die rechtskonforme Umsetzung der Maschinenrichtlinie ist.

Virtuelle Systeme in Form von interaktiven 3-D-Modellen wie die hier exemplarisch aufgezeigte auto-

matisierte Montage- und Lackieranlage bieten ein hervorragendes Potenzial für die Entwicklung anwendungsorientierter Lernsituationen – und damit auch neue und innovative Möglichkeiten für die Verbesserung der beruflichen Aus- und Weiterbildung und speziell des Unterrichts in beruflichen Lerngruppen.

## Anmerkungen

- 1) Der hier vorgestellte Handlungsansatz ist unter Beteiligung des Fraunhofer IFF Magdeburg, des BIT-Instituts Bochum und des Instituts für Berufs- und Betriebspädagogik der Universität Magdeburg entwickelt worden.
- 2) CE = „Conformité Européenne“
- 3) Über die Potenziale virtueller Realität für berufliche Lernprozesse wurde bereits in Heft 97 dieser Zeitschrift berichtet (vgl. BLÜMEL u. a. 2010). Deshalb soll auf die technischen Zusammenhänge hier nur kurz eingegangen werden.

## Literatur

- ANDERSON, J. R. (1996): *The Architecture of Cognition*. Mahwah N. J.
- BLÜMEL, E./JENEWEIN, K./SCHENK, M. (2010): Virtuelle Realitäten als Lernräume – Zum Einsatz von VR-Technologien im beruflichen Lernen. In: *lernen & lehren*, 25. Jg., Heft 97, S. 6–13
- JENEWEIN, K./SCHULZ, T. (2007): Didaktische Potenziale des Lernens mit interaktiven VR-Systemen, dargestellt am Training des Instandhaltungspersonals mit dem virtuellen System „Airbus A 320“. In: *Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen*, 53. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Dortmund, S. 323–326
- LANG, A./SZYMANSKI, H. (2005): *Analyse von Konformitätsnachweisen für Maschinen: Inhalte, Formen, Vorgehensweise bei der Erarbeitung*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden
- LANG, A./SZYMANSKI, H. (2006): *Leitfaden zur Umsetzung des CE-Kennzeichnungsverfahrens für Maschinen*. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden
- RICHTLINIE (2006): Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung), EU-Amtsblatt (L 157)
- SCHENK, M. (2003): „Virtual Reality und Simulation – Perspektiven für Entwicklung, Test und Training in der Industrie“. *Frontiers in Simulation: Simulationstechnik*, 17. Symposium in Magdeburg 2003, S. 1–10

# Sicherheit – ein Erfolgsfaktor

## Lern-Szenario für die Metall-/Mechatronik-Berufe am Beispiel eines pneumatischen Systems



PETER HÄFNER

### ZUR BEDEUTUNG DER SICHERHEIT VON MASCHINEN

Die Sicherheit ist, wie die Wirtschaftlichkeit und die Funktion, der entscheidende Erfolgsfaktor für Maschinen und Anlagen. Neue Richtlinien und Gesetze erfordern intelligente Lösungen und erhöhen den Qualifizierungsbedarf. Produkt-, Informations- und Qualifikationsangebote von Sicherheitstechnik-Herstellern beziehen sich meist nur auf die Steuerungsebene. Die Gefährdung geht aber vom Leistungsteil aus.

Alle Personen, die sich mit Maschinenbau auseinandersetzen, haben auch mit Sicherheitsfragen und folglich auch mit Normen zu tun. Es muss beachtet werden, dass effiziente Sicherheitslösungen kein Hindernis für eine wirtschaftliche Produktion dar-

stellen, sondern im Gegenteil dazu beitragen, die Produktion wirtschaftlicher und stabiler zu gestalten.

Neue Richtlinien und Gesetze erfordern intelligente Lösungen und erhöhen den Qualifizierungsbedarf des Fachpersonals. Viele Produkt-, Informations- und Qualifikationsangebote zu diesem Thema umfassen jedoch nur den Steuerungsteil. Die Gefährdung geht aber vom Leistungsteil aus. Die Lernfelder beinhalten Themen wie „Anlagensicherheit“ oder „Sicherheitseinrichtungen“.

Die EU erstellt allgemeine Sicherheitszielsetzungen anhand von Richtlinien. In der EU-Maschinenrichtlinie werden die Maßnahmen zur Realisierung der Sicherheit erläutert. Diese Richtlinie schreibt eine Risikoanalyse und eine Risikobeurteilung für Maschinen vor. Es ist klar, dass es hierfür kein technisches Standardkonzept gibt. Die Risikoanalyse und Risikobeurteilung muss für jede Maschine und jede Betriebsart individuell durchgeführt werden (Abb. 1).

Das Thema „Sicherheit“ ist komplex. Deshalb ist es wichtig, den Lernenden bei den Grundlagen der Steuerungs- und Fluidtechnik abzuholen und Schrittweise in das Thema einzuführen.

### DAS SZENARIO – EINFACH EINFACH!

Das Thema „Sicherheit“ ist komplex. Deshalb ist es wichtig, den Lernenden bei den Grundlagen der Steuerungs- und Fluidtechnik abzuholen und Schrittweise in das Thema einzuführen.

Beim folgenden Szenario steht die Risikominderung eines elektropneumatischen Systems im Mittelpunkt. Die Erkenntnisse werden durch Fragestellungen, durch Ableiten und dem praktischen Umsetzen von Lösungen schrittweise gewonnen. Durch diese direkte Verschmelzung von Theorie und Praxis ist ein schneller und nachhaltiger Lernfortschritt zu erwarten. Dabei ist die Fragestellung meist grundsätzlicher Natur und damit übertragbar auf andere Anwendungsfälle.

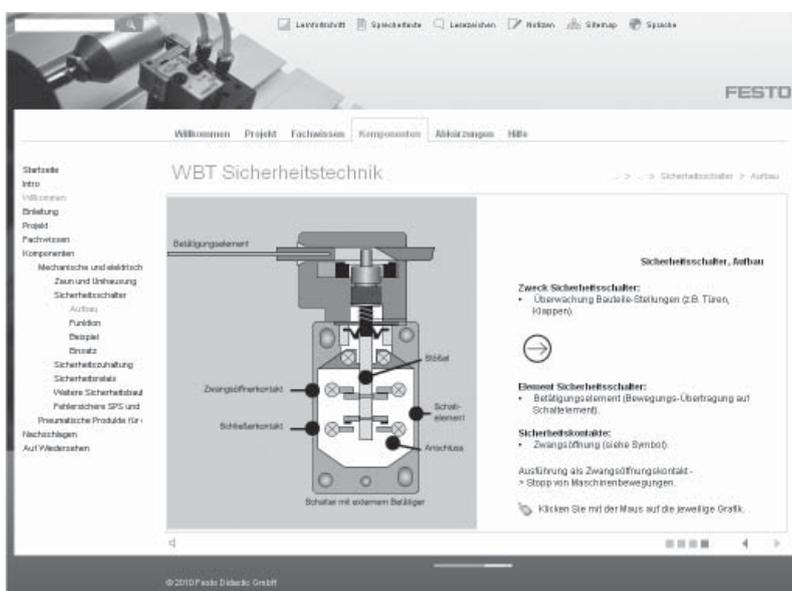


Abb. 1: WBT Sicherheitstechnik – Ein multimediales und interaktives Lernprogramm erleichtert den Einstieg in die Materie

## DURCHFÜHREN EINER RISIKOANALYSE FÜR DIE HEBEVORRICHTUNG

Zunächst wird die Hebevorrichtung (Abb. 2) unter sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten betrachtet. Es werden die Stellen mit dem höchsten Gefahrenpotenzial identifiziert.

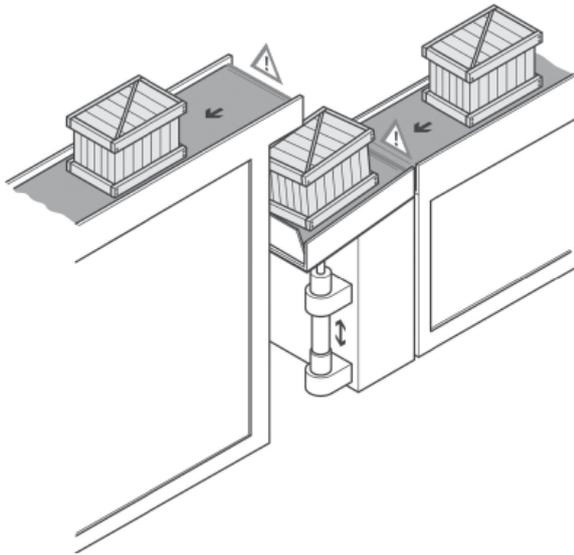


Abb. 2: Hebevorrichtung, ein einfaches Szenario

Beim Erproben der Applikation mit einem 5/2-Wegeventil fallen noch weitere Risiken auf.

Der Zylinder fährt schnell und mit voller Kraft aus und ein und fährt mit voller Energie in die Endlagen. Die dabei entstehenden Kräfte sind sehr hoch und können zu Schäden oder Verletzungen führen. Dies gilt insbesondere an den beiden Scherkanten der Transportbänder. Zudem kann durch das ruckartige Anfahren und Stoppen das Transportgut von der Hebeplattform geworfen werden.

### Reduzieren der Kraft

Pneumatik wird nicht mit 5 oder 6 bar betrieben, sondern mit dem geringst möglichen Druck.

Also kann zunächst damit begonnen werden, die Kraft des Antriebs zu reduzieren. Der benötigte Druck kann errechnet und unter Berücksichtigung von Reibung, Sicherheitsfaktor für einen zuverlässigen Betrieb sowie Mindestdruck für die Ventilvorsteuerung als Systemdruck eingestellt werden. Der Leerrückhub wird separat ermittelt und der Kolbenstangenseite über ein Druckregelventil zur Verfügung gestellt. Mit dieser Maßnahme wird die auf Personen oder Transportgut im Notfall wirkende Kraft deutlich reduziert.

Vergleicht man nun die eingesetzten Druckluftvolumen vor und nach der Umsetzung, wird auch ein erhebliches Energiesparpotenzial deutlich.

### Reduzieren der Geschwindigkeit

Reduzierte Geschwindigkeit bewirkt eine Verringerung der kinetischen Energie, und es besteht eine größere Chance, die Gefahrenzone rechtzeitig zu verlassen, wirkt somit also risikomindernd. Außerdem können zu hohe Beschleunigungswerte das Transportgut beschädigen. Es kann durch abruptes Beschleunigen oder Anhalten beschädigt werden. Dem entgegen steht eine Verlängerung der Zykluszeit, wodurch eine Anlage oder ein Anlagenteil unwirtschaftlich langsam werden kann.

Pneumatische Antriebe werden nicht grundsätzlich abluftgedrosselt. Das Allheilmittel zur Vermeidung des sogenannten Stick-Slip-Effekts hält sich hartnäckig in vielen Lehrbüchern, gehört aber aufgrund reduzierter Reibung und verbesserter Gleiteigenschaften weitgehend der Vergangenheit an.

Die Wahl der richtigen Drosselung zur Reduzierung der Antriebsgeschwindigkeit ist abhängig vom jeweiligen Lastfall.

Im Fall der Hebevorrichtung wird eine Reduzierung der Geschwindigkeit durch Zu- und Abluftdrosselung auf der Kolbenseite realisiert. Würde eine Abluftdrosselung auf der Kolbenstangenseite des Zylinders vorgenommen, müsste die Druckluft auf der Kolbenseite zusätzlich gegen den von der Drossel auf der Kolbenstangenseite verursachten Staudruck arbeiten. Damit wird die Verzögerung beim Ausfahren der Kolbenstange reduziert, da die zum Ausfahren benötigte Druckdifferenz zwischen Stangen- und Kolbenseite schneller erreicht werden kann.

### Not-Halt-Funktion

Grundsätzlich sind beim Entwurf einer Steuerung Überlegungen anzustellen, wie sich ein Antrieb im Fehler- oder Notfall verhalten soll.

Betrachtet man die Situation an der Hebevorrichtung, kann abgeleitet werden, dass eine Verfahrbewegung in eine der beiden Endlagen die Gefahrensituation verschärfen könnte, da in den Endlagen die Scherstellen zwischen der Hebeplattform und den Transportbändern liegen. Ein Entlüften des Antriebs führt aufgrund des Lastfalls zu einem Absinken des Antriebs und somit auch zu einer möglichen Gefährdung.

Nur das Stoppen des Antriebs führt zu einem zufriedenstellenden Ergebnis. Rechtzeitiges Anhalten kann Verletzungen oder Beschädigungen zuverlässig verhindern.

Zur Auslösung des Not-Halts kann ein Schlagtaster eingesetzt werden. Für den sicheren Halt sorgen z. B. entspernbare Rückschlagventile am Antrieb oder mechanische Bremsen. Nun stellt sich die Frage nach einer sicheren Wiederinbetriebnahme. Dafür muss der Schlagtaster entriegelt werden. Durch eine Reset- oder Quittierfunktion sollte die Hebevorrichtung wieder in den Normalbetrieb gebracht werden, ohne dabei bereits die Verfahrbewegung auszulösen. Aus der Not-Halt-Position heraus sollte die Hebevorrichtung nun sowohl nach oben oder nach unten verfahren werden können. Diese Funktionalität bietet beispielsweise ein 5/3-Wegeventil mit Sperrmittelstellung.

Eine solche Not-Halt-Funktion kann auch redundant aufgebaut werden, sollte die Risikoanalyse eine Umsetzung mit einem solchen Performance-Level notwendig erscheinen lassen. Wichtig ist dabei, dass die Redundanz durchgängig sowohl für den elektrischen als auch für den pneumatischen Teil erreicht wird.

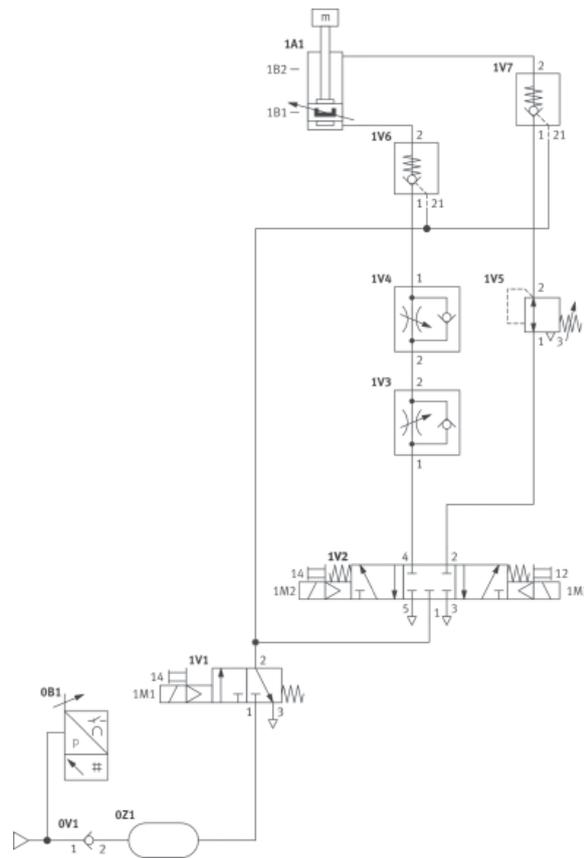


Abb. 3: Pneumatischer Schaltplan nach Umsetzung der Maßnahmen

### Ausfall und Wiederkehr der Druckluftversorgung

Bei einer ganzheitlichen Betrachtung gehört auch dieses Szenario mit zur Risikoanalyse, und es muss steuerungsseitig berücksichtigt werden. Weder der Ausfall noch die Wiederkehr der Druckluftversorgung dürfen eine Verfahrbewegung zur Folge haben. Detektieren lässt sich ein Druckluftausfall z. B. mit einem Druckschalter.

Nun sollte die Hebevorrichtung sich wie im Fehlerfall verhalten und mit dem vorher definierten „sicheren Zustand“, also Not-Halt, reagieren. Nach Wiederkehr der Druckluftversorgung sollte wieder die Reihenfolge, d. h. Reset- oder Quittierfunktion und erst dann der bewegungsauslösende Normalbetrieb, einsetzen.

### Ausfall und Wiederkehr der elektrischen Energieversorgung

Für die elektrische Energie gilt im Grunde dasselbe wie für die Druckluft. Auf der Steuerungsseite ist darauf zu achten, dass der stromlose Zustand auch gleichzeitig der „sichere“ Zustand, also der Not-Halt auslösende Zustand, ist. Auch hier sollten nach Wiederkehr der elektrischen Energieversorgung zunächst die Reset- oder Quittierfunktion und erst

dann wieder der bewegungsauslösende Normalbetrieb einsetzen (Abb. 3).

### Schutztüre und Türwächter

Beim Beispiel der Hebevorrichtung stellt sich die Frage, ob der Not-Halt-Schlagtaster die richtige Wahl zum Auslösen des Not-Halts ist. Oft sind die Verfahrswege kurz oder die Antriebsgeschwindigkeiten hoch. Es bleibt also wenig Zeit, im Notfall den Schlagtaster auszulösen. In diesem Falle kommen weitere Schutzmaßnahmen zum Tragen. Ein Beispiel hierfür kann eine trennende Schutzvorrichtung sein, wie z. B. eine Schutztüre. Diese wird mit Türschaltern abgefragt, und die Signale werden mit Sicherheitsschaltgeräten verarbeitet. Im Falle der Hebevorrichtung löst das Öffnen der Schutztüre den Not-Halt aus. Sollte der Antrieb nachlaufen, ist eine Schutztüre mit Zuhaltung einzusetzen, die sich erst nach dem Stillstand des Antriebs öffnen wird. Ein Sicherheitsschaltgerät, als Türwächter eingesetzt, gewährleistet einen sicheren Not-Halt auch bei defektem Türschalter oder einfacher Manipulation.

Nachdem die Schutztüre wieder ordnungsgemäß geschlossen ist, sorgt abermals die Reset- oder Quittierfunktion für den Übergang in den Normalbetrieb (Abb. 4).

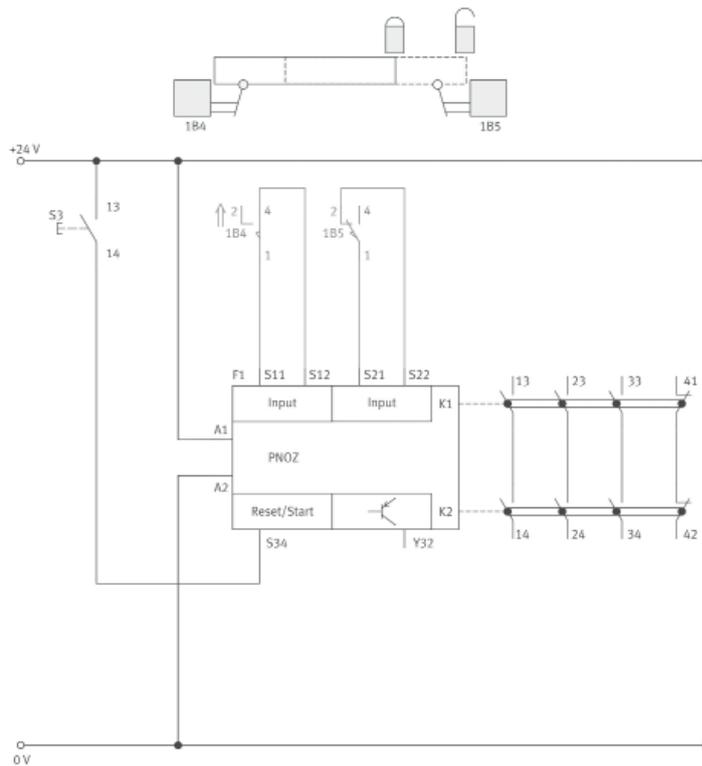


Abb. 4: Verwendung einer Schutztür und eines Türwächters als Schutzzeineinrichtung

#### 4 ZIEL ERREICHT – SICHER SICHER!

Wer ist eigentlich für die Sicherheit verantwortlich? Es ist der Hersteller bis zur Übergabe an den Betreiber und während des Betriebs der Betreiber. Was ist aber, wenn die vorhandene Maschine oder Anlage umgebaut, umprogrammiert, gewartet oder eingerichtet wird?

Bei welcher Berufsgruppe ist das Thema „Sicherheit“ dann angesiedelt? Beim Industriemechaniker, beim Mechatroniker oder beim Elektriker?

Wie das Beispiel der Hebevorrichtung zeigt, wird der einfache Prozess schnell zu einer komplexen Gesamtsituation mit einem gewissen Anspruch, sowohl an die pneumatischen, aber auch an die elektrischen bzw. steuerungstechnischen Fachkenntnisse. Diese lassen sich kaum getrennt vom jeweiligen Fachmann bearbeiten, da sie integriert sind und Abhängigkeiten bestehen. Der Facharbeiter ist zu qualifizieren, mindestens zu sensibilisieren – besser heute als morgen.

#### HILFEN FÜR AUSBILDER UND LEHRKRÄFTE

Als Informationsmaterial zum Thema dieses Beitrags sind zu empfehlen:

- WBT „Sicherheitstechnik“: Dieses Lernprogramm bietet einen Einstieg in das komplexe Thema der

Sicherheitstechnik in industriellen Maschinen und Anlagen.

- MPS-Ausbildungsunterlage „Die sichere Anlage“
- Gerätesatz TP 250 „Sicherheit in pneumatischen Systemen“ (Abb. 5)
- Lehrgangsunterlagen „Sicherheit in pneumatischen Systemen“ zu TP 250 (WEBER/ORENDI 2011)

Darüber hinaus führt Festo Didactic<sup>1</sup> regelmäßig Lehrerbildungen zum Thema „Sicherheit in pneumatischen Anlagen“ durch. Termine werden von den jeweiligen Bezirksregierungen auf den Bildungsservern und über [www.festo-didactic.de](http://www.festo-didactic.de) veröffentlicht.

#### Anmerkung

- 1) Quelle aller Abbildungen sowie der Literaturhinweis ist die Festo Didactic GmbH & Co. KG. Diese entwickelt mit der Erfahrung einer über 35-jährigen Unternehmensgeschichte Lösungen, die den Lernerfolg im gesamten Spektrum der Fertigungs- und Prozessautomatisierung steigern. Dabei fließt das gesamte Knowhow von Festo als eines der führenden Unternehmen in der Automatisierungstechnik ein. Als Qualifizierungsanbieter umfasst das Angebot neben Bildungsausrüstungen auch Training und Beratung für produzierende Industrieunternehmen.

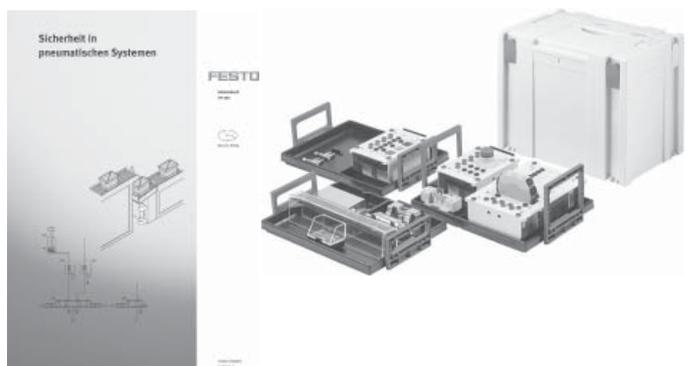


Abb. 5: Gerätesatz und Arbeitsbuch TP 250 – „Sicherheit in pneumatischen Systemen“, der komplette Kurs zum hier vorgestellten Szenario

#### Literatur

- WEBER, R.-C./ORENDI, E. (2011): Sicherheit in pneumatischen Systemen. Denkendorf

# Maschinensicherheit muss Schule machen

## – Unterrichtsfragmente zur Einfachfehlersicherheit in NOT-HALT-Kreisen



REINHARD GEFFERT

Wenn es um Maschinensicherheit geht, steht der Begriff „NOT-AUS“ immer ganz oben. Jeder Auszubildende antwortet dazu auf entsprechende Fragen: „Die NOT-AUS-Funktion soll aufkommende oder bestehende Gefahren für Personen abwenden, und dazu brauche ich einen NOT-AUS-Taster mit Öffner-Kontakt.“ Doch reicht das wirklich? Die hier vorgestellten Unterrichtsfragmente für die Ausbildung von Mechatronikerinnen und Mechatronikern zur „Einfachfehlersicherheit in NOT-HALT-Kreisen“ machen deutlich, wie schnell die erwartete Abschaltsicherheit auf der Strecke bleiben kann. An einem Einführungsbeispiel wird für „redundante Schütze mit Selbstüberwachung“ der prinzipielle Weg zur Safety-Technologie gezeichnet.

### TOP-ZIEL: RISIKOMINDERUNG

Am Anfang steht das Überblickswissen: Die Europäische Maschinenrichtlinie dient dem Schutz von Mensch – Umwelt – Maschine durch möglichst optimale Risikominderung. Der Risikominderungsprozess umfasst das schrittweise Vorgehen zur Risikoreduzierung und fordert<sup>1</sup>:

- Spezifiziere die Grenzen und die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine!
- Identifiziere mögliche Gefährdungen und gefährliche Situationen!
- Schätze das Risiko einer jeden identifizierten Gefährdung und jeder gefährlichen Situation ein, und betrachte dabei auch vorhersehbares Fehlverhalten oder Fehlbedienung von Bedienpersonen!
- Beurteile jedes einzelne Risiko bezüglich
  - geringe bis schwere Gefährdung,
  - seltene bis dauernde Gefährdungshäufigkeit und
  - mögliche bis kaum mögliche Gefährdungsvermeidung!
  - Entscheide ob eine Risikoreduzierung erforderlich ist oder nicht!
- Führe die notwendige Risikominderung mit Hilfe der „3-Schritt-Methode der Maschinenrichtlinie“ aus:
  1. Versuche das Risiko durch konstruktive Maßnahmen zu beseitigen oder zu reduzieren! Wenn dies nicht gelingt, dann:

2. Reduziere das Risiko durch den Einsatz von Schutzeinrichtungen (trennende Schutzeinrichtungen, wie z. B. Schutzzäune oder Verdeckungen oder berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen, wie z. B. Sicherheits-Lichtvorhängen)!

3. Informiere und warne den Maschinenbediener bezüglich des verbleibenden Restrisikos der Maschine durch Warnhinweise an der Maschine und in der Betriebsanleitung!

Erst dann, wenn trotz Umsetzung der „3-Schritt-Methode“ durch das letztlich nicht vermeidbare Fehlverhalten von Menschen oder durch unvorhersehbares Versagen technischer Einrichtungen, einschließlich Schutzeinrichtungen, unvorhersehbare Risiken entstehen können, folgt die NOT-AUS-Funktion – nicht als Substitut für Risikominderung, sondern als, fußballerisch gesprochen, letzter Mann hinter einer stabilen Deckung.

Jetzt erst, nach erfolgter Risikominderung, ist der Auszubildende gefragt mit seiner Standard-Antwort: „Die NOT-AUS-Funktion soll aufkommende oder bestehende Gefahren für Personen abwenden, und dazu brauche ich einen NOT-AUS-Taster mit Öffner-Kontakt.“

### NOT-AUS VERSUS NOT-HALT

Doch heißt NOT-AUS nicht „Abwendungen von Gefährdung durch elektrische Energie“? Stimmt! Ausschalten im Notfall (NOT-AUS) ist eine Handlung, die dazu bestimmt ist, die Versorgung der elektrischen Energie zur ganzen oder zu einem Teil einer elektri-

schen Installation abzuschalten, falls ein Risiko für einen elektrischen Schlag oder ein anderes Risiko elektrischen Ursprungs besteht.

Doch ist das wirklich gemeint beim Entwicklungsgespräch über Maschinensicherheit? Nein, Stillsetzen im Notfall ist eine Handlung, die dazu bestimmt ist, einen Prozess oder eine Bewegung anzuhalten, die gefährbringend ist. Und diese Funktion heißt NOT-HALT. Als Experten-Wissen sei ergänzt, dass bei NOT-HALT nicht gefordert ist, dass die gesamte Maschine spannungsfrei wird und dass es drei Stopp-Kategorien der NOT-HALT-Funktion gibt:

- Stoppkategorie 0 – sofortiges ungesteuertes Stillsetzen: Die Energiezufuhr zu den Antriebselementen wird endgültig getrennt. Achtung: Dies ist nur möglich, wenn das plötzliche Abschalten der Energie keine Gefährdung durch Nachlauf etc. verursacht.
- Stoppkategorie 1 – geregeltes Stillsetzen: Die Maschine wird in einen sicheren Zustand versetzt, dann erst wird die Energie zu den Antriebselementen endgültig getrennt. Dies ist nötig, wenn ein Energieabbau z. B. durch Bremsen notwendig ist.
- Stoppkategorie 2 – Stillsetzen, wenn technisch keine Möglichkeit besteht, gefahrlos die Energie zu trennen: Die Maschine wird in einen sicheren Zustand versetzt, die Aktor-Energie aber nicht getrennt, weil z. B. bei einem Lasthebemagnet das Abschalten der Spannung am Magnet zum Abstürzen der Last führen würde.

Der Auszubildende sollte also seine Standard-Antwort für die Stoppkategorie 0 neu formulieren: „Die NOT-HALT-Funktion soll die trotz vorhandener Schutzeinrichtungen aufkommenden oder bestehenden Gefahren durch gefährbringende Bewegungen für Personen abwenden, und dazu brauche ich einen NOT-HALT-Taster mit Öffner-Kontakt.“

Gemeint ist dann damit die traditionelle Schützschialtung mit Selbsthaltung der Ausführung „vorrangig aus“ (siehe Abb. 1).

Doch welche Bedingungen gelten hier für den NOT-HALT-Taster S1? Der NOT-HALT-Taster

- ist ein Öffner als Sicherheit gegen Drahtbruchfehler;
- besitzt ein rotes Betätigungselement auf gelbem Grund;
- ist häufig ein Pilztaster;

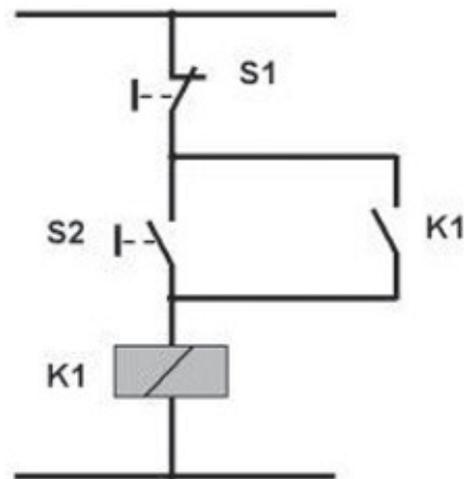


Abb. 1: NOT-HALT-Funktion über Taster S1 mit Öffner-Kontakt

- muss sich nach Betätigung verriegeln und muss manuell entriegelt werden. Dabei darf das Rücksetzen keinen automatischen Wiederanlauf einleiten;
- hat zwangsöffnende Kontakte nach Norm EN 60947-5-1. Dieses ist Herstellersache, das Kennzeichen ist ein Pfeil im Kreis (Abb. 2).

Diese NOT-HALT-Schaltung mit NOT-HALT-Taster kann für Maschinen mit geringem Verletzungsrisiko eingesetzt werden. Sie erfordert aber zeitabhängige Wiederholungsprüfungen z. B. durch den eingewiesenen Maschinenführer durch Handbetätigung und Funktionskontrolle und den Einsatz von „sicherheitstechnisch bewährten“ Bauteilen.

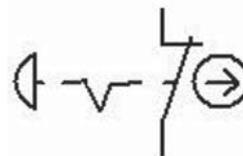


Abb. 2: NOT-HALT-Taster

Ist das nun die geforderte Sicherheit? Im Prinzip ja – aber was passiert, wenn das Schütz mechanisch klemmt und bei Betätigung des NOT-HALT-Tasters nicht abschaltet?

### REDUNDANTE ÜBERWACHUNG

Maschinen mit erhöhtem Verletzungsrisiko erfordern eine Überwachung durch redundante Leistungsschütze (Abb. 3) nach dem Prinzip der Einfachfehlersicherheit: Zwei Funktionsfehler treten bei bewährten Geräten nicht gleichzeitig auf. Dabei sind allerdings „Commen-Cause“-Fehler, also Fehler gemeinsamer Ursache (CCF), sicher zu vermeiden. Deshalb müssen im Hauptstromkreis gegebenenfalls zusätzliche Sicherungen so bemessen sein, dass im Falle eines Überstroms kein Verschweißen der Schützkontakte auftreten kann.

Das bedeutet also: Wenn ein Schütz klemmt, öffnet immer noch das andere, und der NOT-HALT funktioniert. Ist das nun aber wirklich ganz sicher? Nein, es ist nicht völlig sicher, denn nach „weiteren Schaltfunktionen“ kann auch das zweite Schütz versagen.

Daraus folgt das „Schaltungsprinzip mit Rückführkreis“: Jeder Drahtbruch sowie das Versagen von

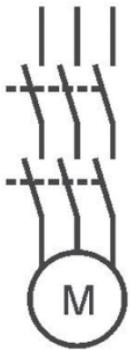


Abb. 3: Redundante Überwachung

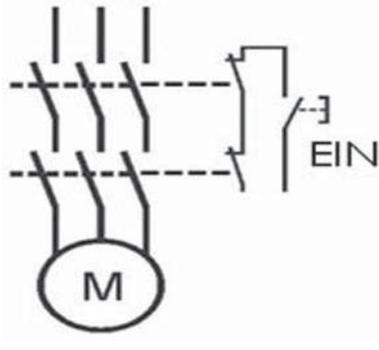


Abb. 4: Schaltungsprinzip mit Rückführkreis

Betriebsmitteln innerhalb und außerhalb der Steuerung werden spätestens vor Ausführung der nächsten Funktion erkannt und zum sicheren Betriebszustand geführt (Abb. 4).

Das „Prinzip mit Rückführkreis“ wird nun in der Mechatroniker-Lernsituation 11 eingeführt. Die Auszubildenden erhalten einen Schaltplan (Abb. 5), analysieren die Schaltfunktion, optimieren den Schaltplan bezüglich der Kontakt Nummerierungen, bauen die „Drei-Schütz-Schaltung“ im Labor mit Mo-

torsimulation durch eine 24-V-Lampe in einem Pfad des Hauptstromkreises auf (Abb. 6) und erleben „sicherere Sicherheit“ beim mechanischen Blockieren jeweils eines Schützes (Abb. 7, S. 153).

Nun soll nochmals die bekannte Frage zum Prinzip mit Rückführkreis für Maschinen mit erhöhtem Verletzungsrisiko gestellt werden: Ist diese Lösung nun endlich ganz sicher?

### SICHERHEITSRELAIS

Auch der Rückführkreis schafft noch keine vollkommene Sicherheit, denn Brückenbildungen z. B. in der Zuleitung zum NOT-HALT-Taster werden nicht erkannt. Hier gilt also ergänzend, dass u. a. die NOT-HALT-Leitungen geschützt verlegt sein müssen, da-

Fortsetzung auf Seite 153

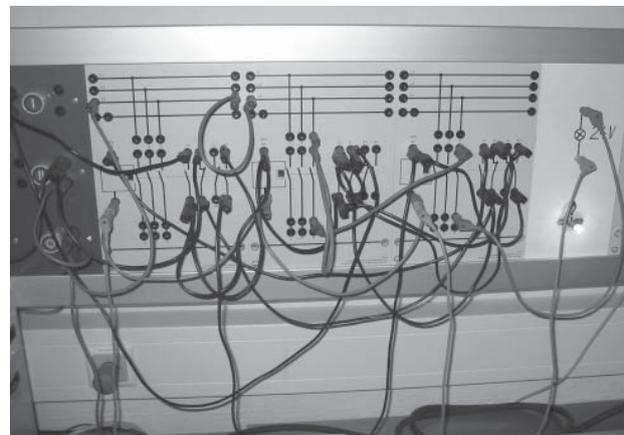


Abb. 6: Gesamtschaltungsaufbau im geschalteten Zustand

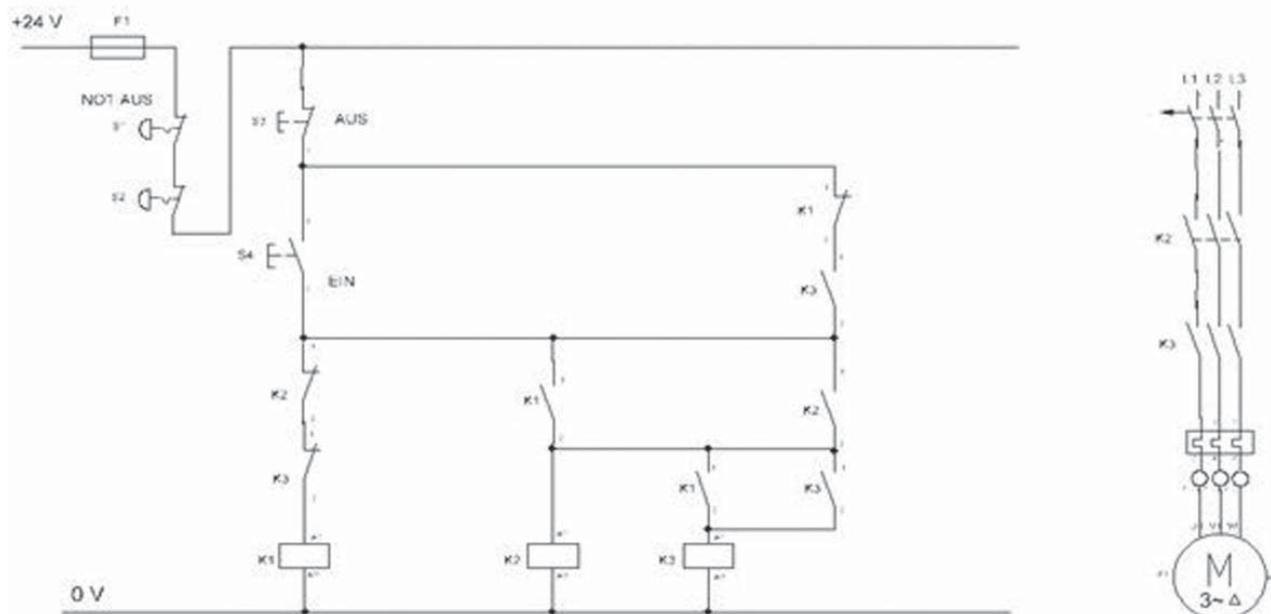


Abb. 5: Schaltplan

Änderungen		Datum	Name	Schützkombination mit Hilfsschütz zur Selbstüberwachung (Redundanz)	Zeichn. Nr.:
Datum	Name	gez.: 4.2.2012			
		gepr.:			Blattzahl:
				Leo-Symphor-Berufskolleg	Klasse:

## KURZ NOTIERT

**Open Educational Resources (OER) für Schulen in Deutschland**

Im Auftrag der Ohu Digitale Integration und Medienkompetenz des Internet & Gesellschaft Collaboratory wurde von Mirjam Bretschneider, Jöran Muuß-Merholz und Felix Schaumburg ein sog. Whitepaper entwickelt. Das Whitepaper gibt im Grundlagenteil einen prima Überblick über den aktuellen Stand der Diskussion zum Thema „OER“ an Schulen. <http://www.edushift.de/wp-content/uploads/2012/04/OER-f%C3%BCr-Schulen-in-Dland.pdf>

**Zehn nützliche Tipps, um mit OER zu starten**

Das Webportal „#PB 21 – Web 2.0 in der politischen Bildung“ stellt in einem übersichtlichen Online-Bertrag zehn praktische Tipps vor, wie Materialien OER-tauglich gemacht und anderen zur Verfügung gestellt werden können. <http://pb21.de/2012/10/10-nutzliche-tipps-um-mit-oer-zu-starten/>

## INTRO

Auch und gerade vor dem Hintergrund der müßigen Urheberrechtsdebatte in der deutschen Bildungslandschaft ist der Begriff bzw. die Idee von Open Educational Resources (OER) in aller Munde. Mit OER werden i. d. R. „offene“ oder „freie“ Lehr- und Lernmaterialien umschrieben, die a) kostenlos zur Verfügung gestellt werden, b) unter einer Lizenz veröffentlicht werden, die eine Weiterbearbeitung und Weitergabe ermöglicht, oder c) einen freien Zugang zu den bei Erstellung, Vertrieb, Weiterbearbeitung und Nutzung zum Einsatz gebrachten Software, Dateiformate, Standards ermöglichen. Bildungsexperten gehen davon aus, dass es in den kommenden Jahren einen sprunghaften Anstieg von OER – sowohl bei der Erstellung als auch bei der Nutzung – geben wird. Exemplarisch sei an dieser Stelle die Social-Bookmarking-Plattform für Lehrkräfte „edutags“ ([www.edutags.de](http://www.edutags.de)) genannt, die jetzt eine spezielle Sammlung von offenen Bildungsinhalten anbietet, die unter Creative Commons-Lizenz stehen und damit rechtlich unbedenklich verwendet werden können. Dies sollte „Berufs“-Schule machen!

Michael Sander

**Die Zukunft von Lern- und Lehrmaterialien: Entwicklungen, Initiativen, Vorhersagen**

Wie verändern sich zukünftig Lern- und Lehrmaterialien? Wie verändern sich dadurch der Unterricht, Produktionsprozesse, Vertriebsprozesse oder auch Geschäftsmodelle? In einer Gesprächsreihe sowie in einer Fachveranstaltung zur Zukunft von Lern- und Lehrmaterialien wurden dazu Aussagen von Experten gesammelt und bewertet. Eine Auswahl dieser Aussagen und Vorhersagen finden sich in diesem Open-Access-Buch „Die Zukunft von Lern- und Lehrmaterialien: Entwicklungen, Initiativen, Vorhersagen“ unter <http://l3t.eu/oer/>

## WAS UND WANN?

DIDACTA – die Bildungsmesse

<http://www.didacta-koeln.de/de/didacta/home/index.php>

19. bis 23. Februar 2013 in Köln

17. Hochschultage berufliche Bildung, Universität Duisburg-Essen

<http://www.uni-due.de/hochschultage-2013/>

13. bis 15. März 2013 in Essen

23. BAG-Fachtagung „Smart Technologies – berufsfeldbezogene Lösungen“ im Rahmen der 17. Hochschultage Berufliche Bildung

<http://www.bag-elektrometall.de>

13. bis 14. März 2013 in Essen

Swiss Professional Learning 2013, Fachmesse für Personal- und Führungskräfteentwicklung, Training und E-Learning

[http://www.professional-learning.ch/content/index\\_ger.html](http://www.professional-learning.ch/content/index_ger.html)

9. bis 10. April 2013 in Zürich/Schweiz

## FÜR SIE GELESEN

Mit dem Jahrbuch Elektrotechnik bietet der Hüthig & Pflaum Verlag seit mehr als 30 Jahren ein Taschenbuch an, das für alle in der Elektropraxis tätigen Fachleute ein unverzichtbares Arbeitsmittel geworden ist. In mehr als 50 Fachbeiträgen finden sich ausführliche Beschreibungen zu allen neuen Techniken und Technologien. Besondere Schwerpunkte der Ausgabe 2013 sind:

- Stromversorgung von Elektrofahrzeugen nach DIN VDE 0100-722,
- Errichtung von Niederspannungsanlagen – nach DIN VDE 0100-530,
- Bauarten von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) und Geräte zur Differenzstromüberwachung,
- Becken von Schwimmbädern, begehbare Wasserbecken und Springbrunnen nach DIN VDE 0100-702,
- Prüfen von Drehstromgeräten,
- Kabel- und Leitungsanlagen – die neue DIN VDE 0100-520 sowie
- Hubarbeitsbühnen sicher einsetzen.

Ergänzt wird der über 60%ige Anteil an neuen Inhalten durch wichtiges Basis- und Nachschlagewissen.

**de-Jahrbuch Elektrotechnik für Handwerk und Industrie 2013.** Herausgegeben von Hans-Günter Boy. 2012. 440 Seiten. Taschenbuchformat. € 22,80. ISBN 978-3-8101-0321-5. Hüthig & Pflaum Verlag, München/Heidelberg. [www.elektro.net](http://www.elektro.net)



Die Neuauflage des de-Jahrbuchs Gebäudetechnik 2013 konzentriert sich gezielt auf energieeffiziente Gebäudetechnik in Verbindung mit energieeinsparender Gebäudeautomation. Neue Normen sowie Veränderungen in den Gesetzen werden kurz und prägnant erklärt, was das Jahrbuch Gebäudetechnik zu einem praktischen Nachschlagewerk macht und dem Leser hilft, stets auf dem aktuellen Stand der Technik zu sein. Die Schwerpunkte der Ausgabe 2013 liegen auf:

- objektbezogene Nahwärmenetze – eine Chance für Umwelt und Gebäudetechnik,

- Bedarfsermittlung für zeitgemäße Wohngebäude – Assistenzfunktionen zum Wohnen,
- Klarheit im Begriffsdschungel – Smart Home, Smart Appliance, Ambient Assisted Living, Connected Living und Co.,
- Effizienzsteigerung durch Integration von busfähigen HLK-Komponenten sowie
- Mängelrüge, Reklamation, Gewährleistung – Reklamation als Chance.

Ein besonderer Service: Wichtige Tabellen und Bilder stehen im Downloadbereich der Verlags-Homepage zum Herunterladen bereit.

**de-Jahrbuch Gebäudetechnik 2013.** Herausgegeben von Jörg Veit und Peer Schmidt. 408 Seiten. Taschenbuchformat. € 22,80. ISBN 978-3-8101-0322-2. Hüthig & Pflaum Verlag, München/Heidelberg. [www.elektro.net](http://www.elektro.net)



## AUS DEN REGIONEN

### Bayern

Gemäß dem Motto „Wissen ist der einzige Rohstoff, der sich beim Teilen vermehrt!“ setzt die Fritz-Hopf-Technikerschule Nördlingen bereits im dritten Jahr das Projekt U+ um. Es gibt eine Übersicht über Projekt-, Seminararbeiten und Wettbewerbsbeiträge von Technikerschulen und Technikakademien, die auch vom Bundesarbeitskreis Fachschulen für Technik unterstützt wird. Das Projekt macht deutlich, dass in Zusammenarbeit mit der Industrie die Studierenden an den Technikerschulen und -akademien in hervorragender Weise bereits im Studium ihren beruflichen Problem- und Aufgabenstellungen begegnen und diese bewältigen. Die eingereichten Arbeiten brauchen im Umfang und Niveau keinen Vergleich mit Bachelorarbeiten zu scheuen. Der Bundesarbeitskreis Fachschulen für Technik ermöglicht es allen Interessierten auch außerhalb Bayerns, sich an diesem Projekt zu beteiligen.

Kontakt: Raimond Eberle, [info@technikerschule-noerdingen.de](mailto:info@technikerschule-noerdingen.de) oder [www.bak-fst.de](http://www.bak-fst.de)

### Hamburg

Schulsenator Rabe gab den Startschuss für die neue Schulentwicklungsplanung der 45 staatlichen berufsbildenden Schulen in Hamburg: „Unser gemeinsames Ziel ist es, das Hamburger berufsbildende System noch leistungsfähiger zu machen, um junge Menschen besser in den Beruf und in die Gesellschaft zu integrieren. Hand in Hand mit den auszubildenden Betrieben gilt

es, die Fachkräfte für morgen zu sichern und junge Menschen auf einen internationalen Markt vorzubereiten“ (Pressestelle des Hamburger Senats). Dazu werden 15 Schulgebäude in einer Öffentlich-Privaten Partnerschaft, inklusive energetischer Maßnahmen, grundsaniert. Die Arbeiten an der G10 haben bereits begonnen. Dort werden neue Lehrer eingestellt, auch „Seiteneinsteiger“, die aufgrund ihrer Praxiskompetenz das Lehrerkollegium bereichern. Einher geht dies zum einen mit der Erstellung neuer Curricula und Lernfelder, z. B. zum Thema „Smart Grid“ – Intelligente Stromnetze: Neue Techniken werden künftig das Stromnetz besser für die Anforderungen der Zukunft rüsten. Ein flexibles Netzmanagement soll den steigenden Anteil erneuerbarer Energien mit konventionellen Kraftwerkstrukturen kompatibel machen. Die Vielfalt und Vielzahl dieser dezentralen Kraftwerke erfordern eine neue Betriebsführung des Stromnetzes – das intelligente Netz – „Smart Grid“. Zum anderen werden neue Fachräume mit neuester Technologie eingerichtet.

Kontakt: Matthias Pieper, [pieper@g10.de](mailto:pieper@g10.de)

### Sachsen

Am 24. April 2012 hat die Sächsische Staatsregierung einen Beschluss zur Deckung des Lehrerberarfs an den Berufsschulen und Mittelschulen gefasst, der die Streichung von Ausbildungsbereichen in den Berufsfachschulen vorsieht. So plant das Sächsische Kultusministerium die Streichung von schulischen Ausbildungs-

gängen an den Beruflichen Schulzentren (BSZ). Betroffen sind davon zunächst die Berufsfachschulen, vollzeitschulische Ausbildungen für Handwerker und die Assistentenausbildungen (Berufsfachschulen für Technik, Informations- und Kommunikationstechnik, Gesundheit und Pflege sowie Wirtschaft). Der Beschluss gilt nicht für Bildungsgänge, die landesrechtlich geregelt und der einzige Weg sind, um einen entsprechenden Beruf zu erlangen (Sozialwesen und Pflegehilfe) sowie zur Deckung des Fachkräftebedarfs gebraucht werden. Zur Streichung vorgesehen waren zunächst rund 40 landesrechtlich geregelte Berufe mit etwa 12.000 Auszubildenden, u. a. Ausbildungsgänge zum/zur chemisch-technischen Assistenten/Assistentin, Touristikassistenten/-assistentin, im Bereich der Elektrotechnik oder der Fahrzeugtechnik. Nach einer Teilrücknahme der Maßnahme sollen etwa 50 Lehrer/-innen vor allem privater Schulen von den Einsparungen betroffen sein.

Ziel ist es nach Aussage der Ministerin Kurth, die duale Berufsausbildung zu stärken. Im vergangenen Ausbildungsjahr blieben laut Kurth 1.170 Ausbildungsplätze in Sachsen unbesetzt. Es gehe, nach Aussage der Ministerin, also in erster Linie nicht um Einsparungen.

Dem widerspricht die Opposition: Die SPD-Vize-Vorsitzende und ehemalige Ministerin Stange rechnet mit immer noch ca 10.000 betroffenen Berufsfachschüler/-innen, und die bildungspolitische Sprecherin der Grünen-Fraktion, Giegegack, warf der Regierung vor, dass ein Plan fehle, wie

die 12.000 Auszubildenden tatsächlich eine gleichwertige duale Ausbildungsmöglichkeit in Sachsen fänden. Dass zunächst ebenfalls die Bildungsgänge an den Fachschulen (Technikerausbildung) eingestellt werden sollten, spreche für eine finanzpolitische Maßnahme.

Eine Entscheidung über die Fachschulen hat das sächsische Kultusministerium nach starken Protesten erst einmal aufgeschoben. Als Kriterien zur Prüfung auch der Fachschul-Bildungsgänge wurden unter anderem aufgeführt: Nachfrage/Bedarf, regionale Besonderheit/Verankerung, traditionelle/historische Bedeutung,

Einzigartigkeit, überregionale Bedeutung, geringer Entsprechungsgrad zu Industrie und Handwerksmeisterqualifikationen, länderübergreifende Anerkennung der Abschlüsse. Am 12.10.2012 fand im Ausschuss für Schule und Sport des Sächsischen Landtags eine Öffentliche Anhörung zum Thema statt. *Martin Hartmann, Dresden*

## GTW-HERBSTKONFERENZ

### 17. gtw-Herbstkonferenz in Flensburg – Kompetenzorientierung und Strukturen gewerblich-technischer Berufsbildung

Die Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (gtw) hat sich im Rahmen der Herbstkonferenz am 9. und 10. Oktober 2012 mit den Auswirkungen der Kompetenzorientierung und veränderter Berufsstrukturen auf Berufsbildungsbiografien, auf den Fachkräftemangel und auf die Lehrerbildung beschäftigt. In fünf Sessions diskutierten die Teilnehmer/-innen aktuelle Entwicklungen der beruflichen Strukturen und der Berufsbildung. Im Eröffnungsvortrag von Werner Dostal, der die Berufsforschung des IAB (Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung) lange Zeit geprägt hat, wurde deutlich, dass sich die Berufsbildung intensiv mit Berufen auseinandersetzen muss, weil diese keineswegs ein „Auslaufmodell“ darstellen, sondern der wichtigste „Identifikationsanker“ für den Arbeitsmarkt wie für die Individuen ist. Eine der Sessions galt der Zukunft der Lehrerbildung in den gewerblich-technischen Fachrichtungen. Dort dominierte die Diskussion um die Maßstäbe, die an ein Lehrerbildungsstudium anzulegen sind und wie mit Hilfe dieser dem Lehrermangel begegnet werden kann. Eine Kurzdokumentation und Fotos von der Konferenz wie von der Verleihung des gtw-Wissenschaftspreis 2012 finden sich unter [www.gtw-konferenz.de](http://www.gtw-konferenz.de).

#### gtw vergibt Wissenschaftspreis 2012 „Gewerblich-technische Wissenschaften“

Die Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (gtw) in der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) zeichnet alle zwei Jahre wissenschaftliche Arbeiten aus, die wichtige Beiträge zur Entwicklung des Erkenntnisstandes in den gewerblich-technischen Wissenschaften und ihren Didaktiken leisten. Im Rahmen ihrer Herbstkonferenz 2012 in Flensburg wurde der von FESTO gesponserte Wissenschaftspreis „Gewerblich-technische Wissenschaften“ an drei Preisträger verliehen. Ausgewählt wurden Studienabschlussarbeiten, die einen thematischen Schwerpunkt im Bereich der Arbeits-, Bildungs- und Technikwissenschaften haben. Insgesamt wurden über zehn Arbeiten mit durchweg sehr gutem Ergebnis aus unterschiedlichen Hochschulen in die engere Wahl genommen.

Nach Beratung und Beschlussfassung einer von der gtw gebildeten Auswahlkommission (Prof. Dr. Matthias Becker, Uni Flensburg (GTW-Sprecher); Prof. Dr. Martin Hartmann, TU Dresden; Prof. Dr. Jörg-Peter Pahl, TU Dresden; Prof. Dr. Joseph Pangalos, TU Hamburg-Harburg; Prof. Dr. Georg Spöttl, Uni Bremen (GTW-Sprecher)) wurden die folgenden Arbeiten ausgezeichnet:

#### Preisträger 2012:

- ELLA ERLENBUSCH: „Entwicklung von Kriterien zur Farbordnung – Bedarf des Natural Color System einer Modifizierung?“

Examensarbeit an der Bergischen Universität Wuppertal in der beruflichen Fachrichtung Farbtechnik, Raumgestaltung und Oberflächentechnik (Betreuer: Prof. Busmann, Bergische Universität Wuppertal)

- BJÖRN BUCHWEITZ: „Instandhaltung als zentrales Handlungsfeld von Industriemechanikerinnen/Industriemechanikern: Zur Umsetzung der Instandhaltungsspezifischen Lernfelder für den Berufsschulunterricht“

Masterarbeit an der Universität Flensburg in der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik (Betreuer: Prof. Schlausch, Universität Flensburg)

- SEBASTIAN MAYER: „Kennzeichnung des Ausbildungs- und Unterrichtsverfahrens „Berufsbezogene Projekte“ unter Berücksichtigung betrieblicher Arbeits- und beruflicher Lernprozesse – demonstriert an ausgesuchten Beispielen“

Examensarbeit an der Technischen Universität Dresden in der beruflichen Fachrichtung

Elektrotechnik (Betreuer: Prof. Hartmann, TU Dresden)

Neben der Exzellenz der Arbeiten war Entscheidungskriterium u. a. auch der Aspekt, dass durch die ausgewählten Arbeiten charakteristische Arbeits- und Forschungsschwerpunkte der gewerblich-technischen Wissenschaften und ihrer Didaktiken repräsentiert werden. Das als „Einschlägigkeit“ benannte Kriterium ist nach Auffassung der gtw insbesondere in Hinblick auf die Bildungsbedeutsamkeit von Analysen betrieblicher Arbeitsprozesse und gewerblicher Technikfelder zu gewichten. Die ausgezeichneten Arbeiten befassen sich in diesem Sinne mit dem gesamten Spektrum aus stärker technikwissenschaftlichen, berufswissenschaftlichen und berufsdiagnostischen Themenstellungen.

Besonderer Dank der gtw geht an die Firma FESTO, mit der sich ein namhafter Technologie- und Lehrmittelhersteller bereitgefunden hat, die Preisverleihung finanziell zu unterstützen. Der gtw-Wissenschaftspreis wird regelmäßig im Rahmen der alle zwei Jahre stattfindenden Herbstkonferenzen vergeben. Die gtw ruft alle Absolvierende eines gewerblich-technischen oder berufspädagogischen Studiums sowie Promovierende deutschsprachiger Universitätsstandorte auf, sich in Zukunft noch zahlreicher mit Vorschlägen exzellenter und innovativer Studienabschlussarbeiten (Staatsexamens-, Diplom- und Masterarbeiten) und Dissertationen an dem Auswahlverfahren zu beteiligen. Gutachter und Betreuer von geeigneten Arbeiten ab Mitte 2012 werden jetzt schon gebeten, auf den gtw-Wissenschaftspreis 2014 hinzuweisen.



Vergabe des gtw-Wissenschaftspreis 2012 in Mäder's Restauration anlässlich der gtw-Herbstkonferenz an der Universität Flensburg (von links: gtw-Sprecher Prof. Dr. Matthias Becker, gtw-Preisträgerin Ella Erlenbusch, gtw-Preisträger Björn Buchweitz, gtw-Preisträger Sebastian Mayer, FESTO-Vertreter Dr. Axel Dumrath, gtw-Sprecher Prof. Dr. Georg Spöttl)

## BAG IN KÜRZE

Plattform zu sein für den Dialog zwischen allen, die in Betrieb, berufsbildender Schule und Hochschule an der Berufsbildung beteiligt sind – diese Aufgabe haben sich die Bundesarbeitsgemeinschaften gestellt. Ziel ist es, die berufliche Bildung in den jeweiligen Fachrichtungen Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik auf allen Ebenen weiterzuentwickeln.

Die Zeitschrift „lernen & lehren“ – als wichtigstes Organ der BAG – ermöglicht den Diskurs in einer breiten Fachöffentlichkeit und stellt für die Mitglieder der BAG regelmäßig wichtige Informationen bereit, die sich auf aktuelle Entwicklungen in den Fachrichtungen beziehen. Sie bietet auch Materialien für Unterricht und Ausbildung und berücksichtigt abwechselnd Schwerpunktthemen aus der Elektrotechnik und Informationstechnik sowie der Metalltechnik und Fahrzeugtechnik. Berufsübergreifende Schwerpunkte finden sich immer dann, wenn es wichtige didaktische Entwicklungen in der Berufsbildung gibt, von denen spürbare Auswirkungen auf die betriebliche und schulische Umsetzung zu erwarten sind.

Eine mittlerweile traditionelle Aufgabe der Bundesarbeitsgemeinschaften ist es, im zweijährlichen Turnus die Fachtagungen Elektrotechnik und Metalltechnik im Rahmen der HOCHSCHULTAGE BERUFLICHE BILDUNG zu gestalten und so einer

breiten Fachöffentlichkeit den Blick auf Entwicklungstendenzen, Forschungsansätze und Praxisbeispiele in den Feldern der elektrotechnischen sowie metalltechnischen Berufsbildung zu öffnen. Damit geben sie häufig auch Anstöße, Bewährtes zu überprüfen und Neues zu wagen.

Die Bundesarbeitsgemeinschaften möchten all diejenigen ansprechen, die in der Berufsbildung in einer der Fachrichtungen Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik tätig sind wie z. B. Ausbilder/-innen, (Hochschul)Lehrer/-innen, Referendare und Studierende, wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen sowie Vertreter/-innen von öffentlichen und privaten Institutionen der Berufsbildung. Sie sind herzlich eingeladen, Mitglied zu werden und die Zukunft mit zu gestalten.

## BAG IN IHRER NÄHE

Baden-Württemberg	Ulrich Schwenger	schwenger@bag-elektrometall.de
Bayern	Peter Hoffmann	p.hoffmann@alp.dillingen.de
Berlin	Bernd Mahrin	bernd.mahrin@alumni.tu-berlin.de
Brandenburg	z. Z.	schwenger@bag-elektrometall.de
Bremen	Lars Windelband	lwindelband@uni-bremen.de
Hamburg	Werner Heuer	werner.heuer@t-online.de
Hessen	Wolfgang Kirchhoff	w.kirchhoff@uni-kassel.de
Mecklenburg-Vorpommern	Christine Richter	ch.richter.hro@gmx.de
Niedersachsen	Andreas Weiner	weiner@zdt.uni-hannover.de
Nordrhein-Westfalen	Reinhard Geffert	r.geffert@t-online.de
Rheinland-Pfalz	z. Z.	schwenger@bag-elektrometall.de
Saarland	z. Z.	schwenger@bag-elektrometall.de
Sachsen	Martin Hartmann	martin.hartmann@tu-dresden.de
Sachsen-Anhalt	Klaus Jenewein	jenewein@ovgu.de
Schleswig-Holstein	Reiner Schlausch	reiner.schlausch@biat.uni-flensburg.de
Thüringen	Matthias Grywatsch	m.grywatsch@t-online.de

### Wichtiger Hinweis für Elektro- und Informationstechnik!

Seit dem 01.01.2012 hat sich die Kontoverbindung geändert.

Bitte ab sofort nur noch auf das Konto Nr. 10 04 52 01 bei der Sparkasse Verden, BLZ 291 526 70, überweisen!

## BAG-MITGLIED WERDEN

[www.bag-elektrometall.de/pages/BAG\\_Beitritt.html](http://www.bag-elektrometall.de/pages/BAG_Beitritt.html)

[www.bag-elektrometall.de](http://www.bag-elektrometall.de) | Tel.: 04 21/2 18-66 301 | Konto-Nr. 10045201  
[kontakt@bag-elektrometall.de](mailto:kontakt@bag-elektrometall.de) | Fax: 04 21/2 18-98 66 301 | Kreissparkasse Verden (BLZ 291 526 70)

## IMPRESSUM

Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen  
Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.  
c/o ITB – Institut Technik und Bildung  
Am Fallturm 1  
28359 Bremen  
04 21/2 18-66 301  
[kontakt@bag-elektrometall.de](mailto:kontakt@bag-elektrometall.de)

Redaktion | Layout | Gestaltung  
Michael Sander | Brigitte Schweckendieck | Winnie Mahrin

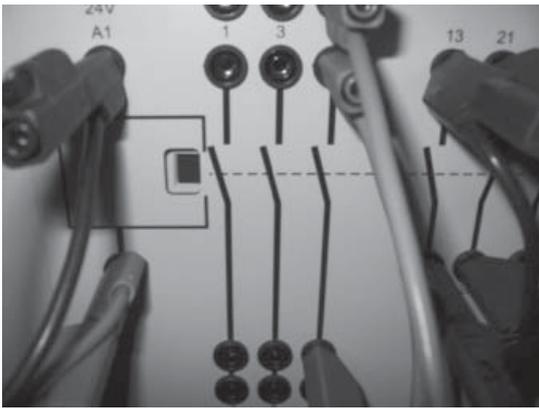


Abb. 7: Eindrücken der mechanischen Schütz-Betätigung simuliert „mechanisches Blockieren“

mit es nicht zu einer Beschädigung mit einem Querschluss kommen kann, der dann die Öffner-Funktion des NOT-HALT-Tasters außer Kraft setzt.

Mindestens für Maschinen mit hohem Verletzungsrisiko wird deshalb der Einsatz eines Sicherheitsrelais (siehe Abb. 8) empfohlen

- für zweikanaligen NOT-HALT-Taster mit Querschlusserkennung,
- mit selbstüberprüfender Funktion und zwangsgewährten Kontakten sowie
- mit Flankenabfrage des EIN-Tasters als Schlüssel-taster im Rückführkreis.

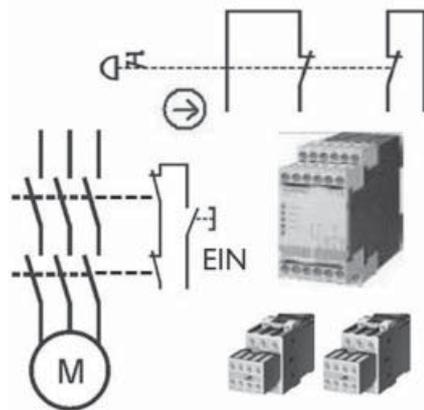


Abb. 8: Subsystem Sicherheitsrelais

Die speziellen Risiko-Analysen und die realen Systemaufbauten sollten dabei dem Erfahrungspotenzial von Technikerinnen und Technikern sowie Entwicklungsingenieurinnen und -ingenieuren überlassen werden.

### EIN KURZES RESÜMEE

Mit diesem Lernweg und fachsystematischen Ergänzungen zur Zweihand-Bedienung und Türzuhaltung sowie zu Benutzerinformationen, einschließlich über Warnsignale (siehe Abb. 9), wird das Thema „Maschinensicherheit“, inklusive seiner vielfältigen Konsequenzen für angehende Sicherheitsfachkräfte, bewusst gemacht. So können z. B. Mechatroniker/-in-

## Fachsystematische Ergänzungen

### Zweihand-Bedienung

- Die Zweihandbedienung ist ein Sicherheitskonzept für das Arbeiten an Maschinen, bei denen eine Quetsch- oder Abschergefahr für die Hände möglich ist. Die sogenannte „Ortsbindung“ der Hände ist durch „bewährte Technologien“ sicherzustellen. Zweihand-Sicherheit bedeutet dann, dass beide Hände während des Einleitens gefährlicher Maschinenbewegungen komplett durch Tastendruck ortsgebunden sind. Die Taster sind immer so anzuordnen, dass unbeabsichtigtes oder bewusstes einhändiges Einschalten nicht möglich ist.
- Die Norm erfordert zudem, dass die beiden Schalter innerhalb von 0,5 Sekunden betätigt werden. Software-Lösungen sind dazu mit Standard-SPS-en nicht zugelassen, weil nach EN ISO 13849-1 Standard-SPS-en nicht als bewährt gelten.

### Türzuhaltung

Schutz-Aktoren (z. B. Schutztür-Zuhaltung) arbeiten nach dem Ruhestromprinzip, d. h., zum Aufheben der Schutzfunktion ist eine aktive Spannung notwendig. Beim Einsatz von Sicherheitsrelais kann eine zwangsweise Wiederholungsprüfung eingesetzt werden, d. h., die Tür muss nach jeder Freigabe tatsächlich geöffnet und geschlossen werden, bevor eine erneute Maschinen-Freigabe erfolgen kann.

### Benutzerinformationen, inklusive Warnsignale

- Das Abfassen von Benutzerinformationen ist ein integraler Bestandteil der Konstruktion der Maschine: in/auf der Maschine durch Kennzeichnungen, Zeichen (Piktogramme), schriftliche Warnhinweise.
- Signale/Warneinrichtungen sind ebenfalls Benutzerinformationen:
  - Signale müssen vor Eintritt der Gefährdung abgegeben werden.
  - Sie müssen eindeutig zuordenbar sein.

Abb. 9: Fachsystematische Ergänzungen

nen zu einer qualifizierten Planung ihres betrieblichen Auftrags geführt werden.

### **NOTWENDIGER AUSBAU VON HANDLUNGSSTRATEGIEN**

Doch was steht im Mechatroniker-Lehrplan?

- Lernfeld 11: Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung
- Schul-/Ausbildungsjahr: 3.
- angestrebte Kompetenzen: Gesamtfunktion und Teilfunktionen eines mechatronischen Systems, einschließlich seiner Schutzeinrichtungen, auch anhand technischer Unterlagen darstellen
- Fächer und Inhaltsbereiche: System- und Betriebstechnik, elektrische und mechanische Schutzmaßnahmen, Schutzvorschriften

Reichen diese knappen Hinweise für das komplexe Feld der Maschinensicherheit und Gefährdungssicherheit? Sie genügen eher nicht.

Der Ausbau von Handlungsstrategien und Handlungsperspektiven zur „Gefährdungssicherheit als Gegenstand von Ausbildung und Unterricht in den Elektro- und Metallberufen“ zu beispielhaften Lernsituationen wäre stattdessen eine aktuelle Aufgabenstellung, denn: „Maschinensicherheit muss Schule machen“.

### **Anmerkung**

- 1) Vergleiche auch: Strategie zur Risikoreduzierung, [http://www.arbeitssicherheit.leuze.de/b/b\\_03.html](http://www.arbeitssicherheit.leuze.de/b/b_03.html) (20.06.2012).

## **Sicherheitsrisiko Mensch: Manipulation an Schutzeinrichtungen**



FRANK SCHMIDT

Das Thema „Manipulation an Schutzeinrichtungen“ wird derzeit viel diskutiert. Aktuelle Studien in Deutschland, Österreich und der Schweiz haben zeigen, dass diese Sicherheitseinrichtungen – die den Menschen vor Gefahren, die durch eine Maschine entstehen können, schützen sollen – sehr oft manipuliert werden. In diesem Beitrag wird zunächst erläutert, was mit Manipulation gemeint ist und wo an Maschinen (häufig) manipuliert wird. Es wird zeigt, warum manipuliert wird und wer manipuliert. Daraus abgeleitet, wird die Fragestellung erörtert, wer im Bereich der Ausbildung für dieses Thema sensibilisiert werden sollte.

### **RISIKO DURCH MANIPULATION AN SCHUTZEINRICHTUNGEN**

Manipulationen an Schutzeinrichtungen sind keine vernachlässigbare Größe. Vielmehr bilden sie einen Schwerpunkt im Unfall- und Beinahe-Unfallgeschehen beim Betrieb von Maschinen. Einen guten Überblick gibt der Report des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) – vormals Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BGIA) – der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) „Manipulation von Schutzeinrichtungen“ (DGUV 2006), der nach wie vor aktuell ist.

### **Was sagen die Normen?**

Die Normensetzer haben die Relevanz des Themas erkannt und die Gefahr der Manipulation stärker in der „zuständigen“ Normung berücksichtigt. Zunächst gab es hier nach den Erkenntnissen des oben genannten BGIA-Reports ein Amendment (AMD 1) zum Thema „Gestaltung zur Minimierung von Umgebungsmöglichkeiten“ in der B-Norm DIN EN 1088.

Zwischenzeitlich wurde dieses AMD 1 in die aktuelle Normausgabe eingearbeitet (zurzeit DIN EN 1088 von 2008: „Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl“). Auch in der Nach-

folgenorm EN ISO 14119 (derzeit noch im Entwurf, daher prEN ISO 14119) wird es entsprechend aufmerksam behandelt.

### Worin liegt das Risiko bei Manipulationen?

Was ist überhaupt eine Manipulation? Man täuscht durch das Umgehen z. B. einer Verriegelungseinrichtung – d. h. durch einen bewussten zweckwidrigen Eingriff in die Sicherheitstechnik – der Maschinensteuerung vor, dass eine Schutzeinrichtung voll wirksam, sprich: ordnungsgemäß geschlossen und verriegelt, sei. Tatsächlich kann aber bei einer geöffneten Schutztür im z. B. vollen Automatikbetrieb gearbeitet oder beobachtet werden. Es besteht weder ein Schutz vor dem Risiko gefährlicher Maschinenbewegungen oder wegfliegender Teile noch vor dem Risiko eines unerwarteten Maschinenanlaufs.

Am Rande eines strafbaren Tatbestands liegt darüber hinaus, wenn eine Maschine mit einer manipulierten Schutzeinrichtung jemandem überlassen wird, der davon nichts weiß und im Vertrauen auf die Wirkung der Schutzeinrichtung agiert, die in Wirklichkeit nicht mehr vorhanden ist (Abb. 1).

### EIN WICHTIGES THEMA FÜR MASCHINENBETREIBER UND -KONSTRUKTEURE

Aber selbst eine konkrete Strafandrohung (Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder Geldstrafe für den Arbeitgeber), wie es sie in der Schweiz gibt, ändert an der Unsitte, Schutzeinrichtungen zu manipulieren, wenig bis nichts. Auch dort gibt es in mehr als einem Drittel aller Produktionsbetriebe Anlagen mit unwirksam gemachten, d. h. manipulierten Schutzeinrichtungen. Das zeigt die Untersuchung, die von der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt Suva (o. J./a) durchgeführt wurde.

In Deutschland dürften etwa 25 Prozent aller Arbeitsunfälle an Maschinen auf manipulierte Schutzeinrichtungen zurückzuführen sein. In erster Linie

betrifft dies eher die Maschinenbetreiber als die Maschinenhersteller, aber die Konstrukteure sind ebenfalls in der Pflicht. Im Falle der Harmonisierung der Norm prEN ISO 14119 sind die Maschinenkonstrukteure aufgefordert, während der Konstruktion einer Maschine auch die „vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendungen“, d. h. mögliche Manipulationen, zu berücksichtigen. Allerdings geht es bei der Normänderung nur um Verriegelungseinrichtungen, während die Manipulation alle Arten von Schutzeinrichtungen betrifft, zum Beispiel auch optoelektronische Geräte, Zustimmungsschalter u. Ä.

Bezogen auf Deutschland bedeutet eine Umrechnung der BG-lichen Untersuchungsergebnisse, dass wir pro Jahr etwa 15 bis 20 Tote und ca. 20.000 mehr oder minder schwere Unfälle durch manipulierte Schutzeinrichtungen zu beklagen haben. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass etwa 37 Prozent aller Schutzeinrichtungen (zu 14 Prozent ständig und zu 23 Prozent vorübergehend) manipuliert sind und ca. in 34 Prozent aller Betriebe manipulierte Schutzeinrichtungen toleriert werden. Es soll sogar Betriebe geben, in denen die Manipulation von Schutzeinrichtungen von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern erwartet wird.

Zwar wurden die genannten Zahlen in Betrieben erhoben, die überwiegend der Metallindustrie zuzurechnen sind. Man ist sich aber einig, dass diese Größenordnung auch auf die anderen Branchen des produzierenden Gewerbes übertragen werden können (Abb. 2).

### Was ändert sich für den Maschinenkonstrukteur?

Gegenstand der eingangs erwähnten Änderung in DIN EN 1088 (2008) ist, dass künftig aus einer Auswahl von Vorschlägen über mögliche zusätzliche Maßnahmen gegen die Manipulation von Verriegelungseinrichtungen mindestens eine Maßnahme realisiert werden muss, um die Konformitätsvermutung von DIN EN 1088 in Anspruch nehmen zu können

(ausgenommen: es sind Maßnahmen anderer Art, die ein vergleichbares Maß an Sicherheit mit sich bringen, realisiert worden).

Die Vorschläge zusätzlicher Maßnahmen beziehen sich dabei auf die verschiedenen Arten von Verriegelungseinrichtungen und sind entsprechend differenziert. prEN ISO 14119 schreibt diesen Ansatz



Abb. 1: Manipulierte Schutzeinrichtung mit demontiertem Betätiger  
(Quelle: K. A. SCHMERSAL GMBH)

fort, unterscheidet aber zwischen Basismaßnahmen (BM), die zwingend durchgeführt werden müssen, und Zusatzaßnahmen (ZM), die abhängig von der Bewertung (Bewertungsschema Manipulationsanreiz) der Manipulationsmöglichkeit durchgeführt werden müssen (Abb. 3).

**Welche Maßnahmen zur Verringerung des Manipulationsrisikos gibt es?**

Für Verriegelungseinrichtungen mit getrennten Betätigern (siehe Abb. 4, S. 158), die sehr häufig bei der Absicherung beweglicher trennender Schutzeinrichtungen Verwendung finden, sind es beispielsweise die Maßnahmen:

*1. Unlösbare Betätigerbefestigung (BM)*

Eine praktisch unlösbare Befestigung von getrennten Betätigern kann einfach und effektiv mit Einwegschrauben realisiert werden, alternativ mittels Verschweißen, Vernieten o. Ä. Dies verhindert, dass Betätiger einfach abgeschraubt und in die Geräte hinein gesteckt werden können (siehe Abb. 1). Weil diese Maßnahme aber nur begrenzt wirkt (Was ist mit „vagabundierenden“ Betätigern?), ist es empfehlenswert, nicht ausschließlich auf diese Maßnahme zu setzen, um das AMD 1 zu erfüllen, sondern darüber hinaus noch eine weitere der zur Auswahl stehenden Maßnahmen zusätzlich zu realisieren.

*2. Individuell codierte Betätiger (ZM)*

Ähnlich wie bei Schlüssel und Schloss passt ein Betätiger im Rahmen von zigtausend Möglichkeiten hier funktionell nur in ein Gerät. Dieses ist eine wirksame Maßnahme, die aber etwas höheren Aufwand bei der Ersatzteillogistik erfordert.

*3. Verdeckter Geräteeinbau (ZM)*

Verriegelungseinrichtungen werden so in eine Maschinenkonstruktion eingebaut, dass kein frei zugänglicher Zugriff auf die Einführöffnung der Geräte besteht. D. h., selbst derjenige, der über einen vagabundierenden Betätiger verfügt, kann ihn nicht ohne weiteres in die Einführöffnung hineinstecken.

*4. Zusätzlicher Überwachungsschalter (ZM)*

Der Einbau eines zweiten Schalters ist insbesondere dann eine gute Möglich-

keit, Manipulationen vorzubeugen, wenn die Schaltsignale zusätzlich noch auf Plausibilität überwacht werden, z. B. dass sie innerhalb eines bestimmten Zeitfensters oder in einer bestimmten Reihenfolge schließen.

*5. Steuerungstechnische Maßnahmen*

Wenngleich man es oft erst feststellt, wenn es schon passiert ist, lässt sich auch über steuerungstechnische Maßnahmen Manipulationen recht effektiv begegnen. Dies kann zum Beispiel in Form einer Anlauf- testung zu Schichtbeginn erfolgen (abgefragt wird durch Öffnen und Schließen einer Schutzeinrichtung ein ordnungsgemäßer Signalwechsel der Verriegelungseinrichtung) oder durch fortlaufende Plausibilitätskontrollen, z. B. dass eine betriebsmäßig zu erwartende Anzahl von Signalwechseln überprüft wird oder bestimmte Operationen, die nur im geöffneten Zustand einer Schutzeinrichtung durchgeführt werden, blockiert werden, wenn der entsprechende Signalzustand nicht gegeben ist.

*6. Alternativen: andere Geräteausführungen prüfen*

Der Markt bietet eine Vielzahl neuer Möglichkeiten, bewegliche trennende Schutzeinrichtungen angemessen zu überwachen und gegebenenfalls zuzuhalten. Beispielsweise gibt es Scharnier-Überwachungsschalter oder berührungslos wirkende

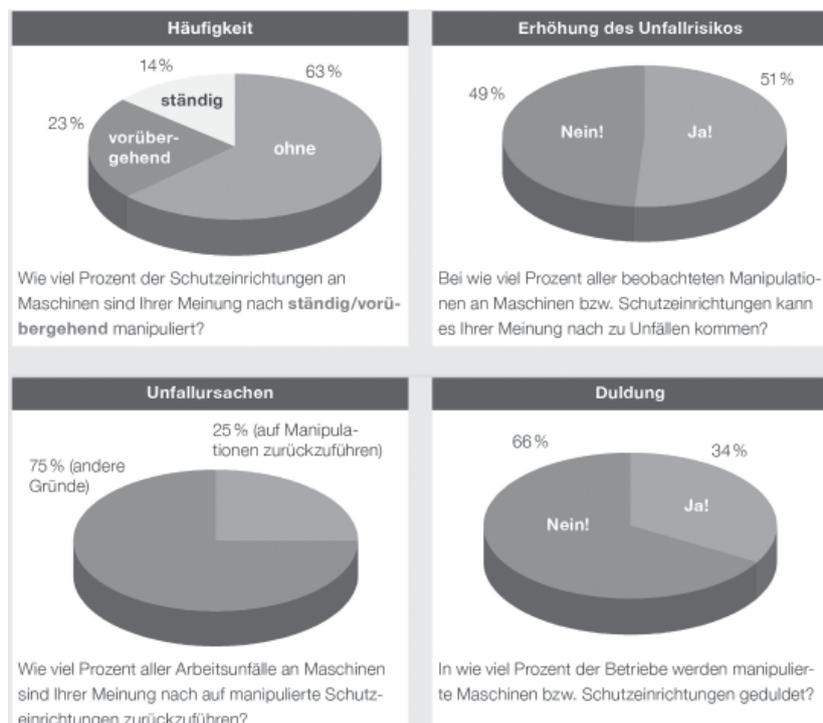


Abb. 2: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung über Manipulation von Schutzeinrichtungen (Quelle: BG Report, Zusammenfassung SCHMERSAL)

Verriegelungseinrichtungen. Verbunden mit dem Einsatz neuer elektronisch wirkender Geräte sind zugleich andere Vorteile, wie z. B. in Bezug auf Visualisierungs- und Diagnosemöglichkeiten oder Verfügbarkeit bei ungünstigen Anwendungsbedingungen, realisierbar.

**Warum wird manipuliert?**

Man darf annehmen, dass die Berücksichtigung der neuen Anforderungen zwar einen Beitrag zur Verhinderung bzw. Vorbeugung gegen Manipulationen von Verriegelungseinrichtungen leisten wird. Aber man muss kein Prophet sein, um mit einiger Sicherheit vorherzusagen, dass es auch weiterhin – dann mit anderen Mitteln und Tricks – zu Manipulationen von Schutzeinrichtungen kommen wird. Deshalb stellt

sich die Frage: Warum werden Schutzeinrichtungen/ Verriegelungseinrichtungen überhaupt manipuliert?

Hier steht sicherlich die Tatsache im Vordergrund, dass Schutzeinrichtungen hinderlich sein können und z. B. den Arbeitsfluss stören oder die Zielerreichung des Leistungslohns erschweren. Dies geschieht meist dann, wenn Sicherheitstechnik an Maschinen im Nachhinein nur lieblos „angeflanscht“ wird und nicht integraler Bestandteil des gesamten Prozesses der Maschinenkonstruktion ist. Hier gilt der Grundsatz: Die beste Schutzeinrichtung ist die, die man nicht bemerkt. Wenn er nicht beachtet wird, bestehen Manipulationsanreize.

In der Praxis ist zu beobachten, dass es den Bedienern und dem Wartungspersonal an Ausbildung und somit an Risikobewusstsein beim Manipulieren von

Vorteile ohne Schutzeinrichtung: 0 keine + leichte ++ deutliche										 Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung										
bessere Nutzbarkeit, z. B. für größere Werkstücke										Kurzanleitung 1. Betriebsarten ggf. ergänzen 2. Zutreffende Tätigkeiten bestimmen 3. Zeilenweise blaue Zellen ausfüllen										
Tätigkeit ohne Manipulation schneller, gesteigerte Produktion										vermeidet Unterbrechungen										
Tätigkeit in diesen Betriebsarten zulässig?										besserer Bewegungsfluss										
Betriebsarten										mehrfacher Bewegungsweg										
Einrichten										kürzere Wege										
Manuell										geringerer Kraftaufwand										
Automatik										besseres Hören										
Tätigkeiten:										genauere Sicht										
Hilfe										Hilfe										
Erstinbetriebnahme der Maschine										ja	ja	0	0	0	0	0	0	0	0	gering
Programmtest/ Testlauf										ja	ja	+	0	0	0	+	0	0	0	vorhanden
Einrichten/Einstellen										ja	ja	0	0	0	0	0	0	0	0	gering
Umbauen/Rüsten/ Fertigung	x									ja	ja	0	0	0	0	0	0	0	0	gering
Materialzufuhr/-abfuhr																				
Werkstückwechsel																				
Störungsbeseitigung Fertigung																				
Kontrollieren/Stichprobenentnahme																				
Nachregeln/Justieren																				
Werkzeugwechsel										ja	nein									hoch
Wartung/ Instandhaltung																				
Störungsbeseitigung Maschine										ja	ja	++	0	0	0	0	+	0	0	vorhanden
Reinigung, z. B. Späne entfernen																				
...																				
...																				
Schutzeinrichtung:										0										
Wie kann die Schutzeinrichtung manipuliert werden:										0										
Manipulationsanreiz der Schutzeinrichtung:										hoch										

Abb. 3: Bewertungsschema für Manipulationsanreize (Quelle: IFA)

Schutzeinrichtungen fehlt, weil alles planmäßig läuft, die Maschine und deren Abläufe bekannt und vertraut sind etc. Mit anderen Worten: Man wähnt sich unter Berücksichtigung der eigenen Fähigkeiten im Gefühl einer subjektiven Sicherheit und Zuverlässigkeit der Maschine und denkt nicht an den Schutz im – zugegebenermaßen unwahrscheinlichen – Fehler- oder Störfall, aber auch nicht an den Fall des eigenen unüberlegten, gegebenenfalls stressbedingten Verhaltens.

Hier sind insbesondere die Maschinenbetreiber in ihrer Eigenschaft als Arbeitgeber mit gesetzlichen Verpflichtungen (BETRISCHV o. J.) gefordert (und verpflichtet), gegen Manipulationen vorzugehen sowie ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entsprechend zu informieren, zu instruieren, zu sensibilisieren, aber sie schlussendlich auch zu beaufsichtigen sowie ein Fehlverhalten gegebenenfalls mit Sanktionen zu belegen. Dazu gehört auch, selbst mit gutem Beispiel voranzugehen.

Eine Option ist gegebenenfalls, technische Änderungen vorzunehmen:

- wenn die verwendete Maschine in ihrer Ausprägung nicht zu gebrauchen ist, z. B. bei störendem oder fehlendem Equipment,
- bei Störungen an Verriegelungseinrichtungen, insbesondere dann, wenn es im Zusammenspiel von beweglichem und feststehendem Teil einer Schutzeinrichtung zu Toleranzen oder zu Versatz kommt, d. h. beispielsweise der getrennte Betätiger beim Schließen der Schutztür nicht mehr von sich aus seine Einführöffnung findet und „nachgeholfen“ werden muss.

Eine Manipulation ist dann in beiden Fällen oft eine reine Frage der Zeit.

### Was ist eine „vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung“?

Das im Zusammenhang mit der Manipulation von Schutzeinrichtungen manchmal anzutreffende Argument der vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung, die die Verantwortung zurück an den Maschinenkonstrukteur zu delegieren versucht, dürfte im Regelfall nicht greifen. Primär ist der Maschinenbetreiber in seiner Eigenschaft als Arbeitgeber in der Pflicht.

Empfehlenswert zu lesen ist hierzu ein Interview der Fachzeitschrift „Die BG“ (Ausgabe 01.09) mit dem bekannten Experten für technisches Recht, THOMAS



Abb. 4: Sicherheitsschaltgeräte der Bauart 2, wie sie oft an trennenden beweglichen Schutzeinrichtungen zur Stellungsüberwachung verwendet werden (Quelle: K. A. SCHMERSAL GMBH)

KLINDT<sup>1</sup>. Schwerpunktmäßig geht es um Fragen der Arbeitsschutzorganisation in den Betrieben. Aber auch die Arbeitnehmer, die Schutzeinrichtungen manipulieren, werden in die Pflicht genommen. Zitiert seien ein paar markante Auszüge aus den Antworten von KLINDT:

- „Insbesondere unter dem arg konturenlosen und nimmermüde benutzbaren Vorwurf der sogenannten ‚vorhersehbaren Fehlanwendung‘ wird gerne versucht, ein noch so abwegiges und unachtsames, eigengefährdendes Verhalten von Arbeitnehmern irgendwie auf den Hersteller abzuwälzen.“
- „Nirgendwo steht, dass es nicht ausreichend ist, über Manuals, Bedienungshinweise und Piktogramme vor dem nicht erwünschten, gefährdenden Fehlverhalten deutlich zu warnen. Was kann der Hersteller dafür, wenn der Arbeitnehmer auch noch diese Warnungen in den Wind schlägt?“
- „Jeder Arbeitnehmer, der – trotz entsprechender Unterweisung nach § 12 Abs. 1 Arbeitsschutzgesetz – technisches Equipment fehlerhaft benutzt, verletzt selbst arbeitsschutzrechtliche Vorschriften.“ (KLINDT 2009)

### Welche neuen Möglichkeiten bestehen für den Maschinenkonstrukteur?

Vorsicht: Selbst wenn Arbeitnehmer arbeitsschutzrechtliche Vorschriften verletzen, sofern sie trotz entsprechender Unterweisung technisches Equipment fehlerhaft nutzen, so ist dies kein Freifahrtschein des Maschinenbauers, konstruktive Möglichkeiten außer Acht zu lassen, und so lautet auch keinesfalls die Quintessenz von KLINDT. Es gibt in der Tat Fälle, in denen eine bestimmungsgemäße Maschinenbedienung nicht möglich ist oder wesentlich erschwert wird und deshalb eine hohe (dringende) Motivation zu manipulieren gegeben ist.

So beklagen sich Bediener beispielsweise häufig darüber, dass an „ihren“ Maschinen die Sicht auf den Prozess zu stark eingeschränkt sei oder dass es an geeigneten Sonderbetriebsarten mangelt. Ein Beispiel: In der schon erwähnten BG-Studie wurde gefragt: „Bitte benennen Sie drei Betriebsarten, die bevorzugt manipuliert werden!“ (s. Abb. 2) Man sieht aus den Antworten, dass es gerade notwendige Arbeitsverrichtungen außerhalb des Automatikbetriebs sind, die die Bediener objektiv oder subjektiv dazu verleiten, Schutzrichtungen zu manipulieren, um ihre Arbeit zu tun.

Hier bestehen Möglichkeiten für den Maschinenbauer, Sonderbetriebsarten – bis hin zur Ausnahmebetriebsart „Prozessbeobachtung“ – vorzusehen, die nun über die neue Maschinenrichtlinie ihre endgültige Legalisierung erfahren hat. Generell gesehen erlaubt die neue MRL 2006/42/EG (RICHTLINIE 2006) künftig mehr Spielraum für Sonderbetriebsarten, indem die bisherige starre UND-Verknüpfung der vier Eingangsbedingungen aufgelockert wird, wenn es dafür zwingende betriebliche Notwendigkeiten gibt und die Personensicherheit dennoch nicht zu kurz kommt. Aber es ist auch BG-seitig nicht bei der mehrfach erwähnten empirischen Untersuchung zum Thema „Manipulation von Schutzrichtungen“ geblieben, die einer ersten Bestandsaufnahme diente. Es gibt zwischenzeitlich weiterführende Überlegungen, die insbesondere eine Verminderung von Manipulationsanreizen betreffen und mittlerweile vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung in ein Bewertungsschema überführt wurden (DGUV o. J.).

Etwas pragmatischer geht die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt an das Thema heran. Sie hat eine Checkliste entwickelt (SUVA o. J./b), die von Einkäufern und Technik bei der Maschinenbeschaffung berücksichtigt werden sollte, die aber auch sinngemäß (siehe auszugsweiser Fragenkatalog, Abb. 5) ein Maschinenhersteller zugrunde legen kann, um zu überprüfen, ob er seine Obliegenheiten erfüllt hat.

## MANIPULATION AN SCHUTZEINRICHTUNGEN – EIN THEMA FÜR DIE AUSBILDUNG

Auch wenn im bisher beschriebenen Teil dieses Beitrages der Eindruck entstanden sein sollte, dass im Maschinenbau und im Betrieb Fehler gemacht werden, weil technische Mängel vorhanden sind, die

Manipulationen zur Folge haben, so ist dies nur die halbe Wahrheit.

Manipulation und die damit verbundenen Unfälle können leicht reduziert werden, wenn sich Maschinenbauer und Maschinenbetreiber die möglichen Manipulationen und die damit verbundenen Gefahren vergegenwärtigen. Dazu gehört auch eine umfassende Ausbildung, die das Thema „Maschinenrichtlinie“ vertieft.

Insbesondere sind – aus Sicht eines Komponentenherstellers, der bei Maschinenbauern als auch bei Maschinenbetreibern Safety Consulting, also Unterstützung bei der Gestaltung sicherheitsgerichteter Maschinen anbietet – es zunächst die Hochschulen, die Maschinenbaukonstrukteure entsprechend ausbilden. Aber auch in den weiterführenden berufsbildenden Schulen, die Maschinenbauer, Instandhalter und Betriebsingenieure ausbilden, muss das Thema „Maschinensicherheit“ unterrichtet und verinnerlicht werden. Außerdem muss auf weiteren „Ebenen“ das Verständnis zum Thema „Manipulation“ geweckt und vertieft werden:

»Das Thema „Maschinensicherheit“ muss unterrichtet werden«

a) Normung:

- Verbesserung der Lesbarkeit, Verständlichkeit der Normen
- Berücksichtigung von Manipulation in der Normung, für spezielle Aspekte und Schutzrichtungen (C-Normung), durchgängiges Sicherheits- und Bedienkonzept

Hier ist aber ein Muss, dass bei der Erstellung der Normen die Industrie aktiv mitarbeitet, was derzeit nicht immer der Fall ist.

b) Maschinenbau:

- Hochschulen bilden Maschinenkonstrukteurinnen und -konstrukteure zum Thema „Maschinenrichtlinie und sicherheitsgerichtetes Konstruieren“ so gut wie nicht aus. Oft, so die Erfahrung des Autors, lernen junge Konstrukteure erst im Unternehmen die Grundlagen der Maschinensicherheit kennen.
- Wenn fertige Maschinen „sicherheitstechnisch“ nachgerüstet werden, ist dies oft sehr teuer und nicht immer optimal. Die Folge: Maschinen werden öfter manipuliert.
- Maschinensicherheit kann und darf nicht das Thema einer einzelnen Person sein. Sie muss vielmehr im ganzen Unternehmen gelebt werden.

- Kommunikation mit dem Kunden ist ein Muss, um bedarfsgerechte Maschinen anbieten zu können (siehe Abb. 2).
- Sinnvoll ist die iterative Entwicklung von Maschinen unter dem Aspekt der funktionalen Maschinensicherheit (siehe hierzu DGUV o. J.).

c) Marktaufsicht:

- Ausbildung der „Aufsichtspersonen“ der Marktaufsichtsbehörden
- Durchsetzung der bestehenden Anforderungen gemäß MRL in der Praxis

Fragenkatalog (Auszug)	
<b>Normalbetrieb</b>	
Sind die Schutzeinrichtungen so konstruiert und angebracht, dass bei laufender Maschine nicht in die Gefahrenstelle eingegriffen werden kann?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
- Verdeckung lückenlos, auch bei Schnittstellen - Ein-/Auslauftunnel bei Materialübergabestellen - Sicherheitslichtschranken Sicherheitsabstände gemäß EN 294 beachten.	
Ist die Sicht auf den Arbeitsprozess nötigenfalls auch bei geschlossenen Schutzverdecken gewährleistet?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
Mögliche Lösungen: Zusätzliche Fenster oder Gitter anbringen, Kamera oder Spiegel einbauen, „blinde“ Fenster ersetzen, „Bullauge“.	
Ist gewährleistet, dass niemals manuell in den laufenden Produktionsprozess eingegriffen werden muss?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
Mögliche Lösungen: Einstellelemente von außen bedienbar machen, Greifhilfe für die Produktentnahme, Handlinggerät, Zentralschmierung von außen, Programmstopp vorsehen, Teileaustragung	
Ist sichergestellt, dass Schutzeinrichtungen nicht auf einfache Weise manipuliert werden können?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
Werden Probleme, die zu Produktionsstörungen führen, gemeldet, in einer Liste erfasst und in nützlicher Frist behoben?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
Oft werden Schutzeinrichtungen manipuliert, weil der Produktionsablauf nicht optimal ist oder immer die gleiche Störung auftritt (Programmierfehler, falsch eingestellte oder schlecht gewartete Werkzeuge usw.)	
Wird der Hersteller der Maschine oder Anlage zur Lösung von Problemen beigezogen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
<b>Sonderbetrieb, Instandhaltung</b>	
Kann die Maschine sicher eingerichtet werden?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
Wenn die Maschine zum Einrichten mit offenem Schutzverdeck betrieben werden muss, gilt:	
- Automatiksteuerung sperren und - Geschwindigkeit/Leistung reduzieren und - Zustimmungstaste oder Tippbetrieb oder elektronisches Handrad verwenden	
Ist – falls erforderlich – eine Feinjustierung bei laufendem Prozess möglich?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Wenn die Maschine bei Produktionsgeschwindigkeit justiert werden muss, gilt:	
- Einstellelemente von außen bedienbar oder - elektronische Feinjustierung oder - Zugriffstunnel zu Einstellelement oder - Tastkopf für Nullstellung (bei CNC-Maschinen)	
Können Reinigungsarbeiten bei stillgesetzter Maschine ausgeführt werden?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
Falls nicht, sind Schutzmaßnahmen vorzusehen (siehe 1. Frage).	
Werden die Schutzeinrichtungen regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft und wird die Instandhaltung gemäß den Angaben des Herstellers durchgeführt?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> teilweise <input type="checkbox"/> nein
<b>Wo eine dieser Fragen mit „nein“ oder „teilweise“ beantwortet wurde, ist eine zusätzliche Maßnahme zu treffen!</b>	

Abb. 5: Eine Checkliste der SUVA (Auszug) hilft, Manipulationsanreize herauszufinden (SUVA o. J./b)

## d) Maschinenbetreiber

- Wichtig ist der Einkauf sicherer Maschinen: Der Preis einer Maschine sollte alleine nicht ausschlaggebend sein.
- Sinnvoll ist ein Maschineneinkauf anhand von Checklisten (SUVA o. J./b) bzw. Lastenheften unter Einbeziehung von Maschinenbedienerinnen und -bedienern sowie Fachkräften für Arbeitssicherheit (FASi).
- Sicheres Arbeiten sollte „Kultur“ im Unternehmen sein. Man sollte offen über Manipulation reden und klare Verantwortungsstrukturen schaffen. Dazu gehören auch innerbetriebliche Schulungen sowie die Unterweisung der Maschinenbediener und des Wartungspersonals.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Aufgezeigt wurden die wesentlichen Aspekte, die es künftig – direkt und indirekt – im Zusammenhang mit dem Thema „Manipulation an Maschinen, insbesondere an Verriegelungseinrichtungen“ zu beachten gilt. Es handelt sich auf jeden Fall um ein mehrdimensionales Problem, dessen Lösung dem „Bohren dicker Bretter“ entspricht, wobei alle Beteiligten – sowohl die Hersteller von Maschinen, ebenso aber auch die Maschinenbetreiber – gefordert sind. Der Aufwand lohnt sich in jedem Fall. Wenn die Schutzeinrichtungen so in die Maschinen und die Arbeitsabläufe integriert sind, dass der Bediener sie nicht bemerkt, gibt es keinen Anreiz zur Manipulation mehr. Und wenn die Maschinenbediener sensibilisiert sind und das Unternehmen eine Kultur der Maschinensicherheit pflegt, wird es weniger Risiken beim Maschinenbetrieb geben.

**Anmerkung**

- 1) THOMAS KLINDT, Prof. Dr., ist Partner der Internationalen Sozietät NÖRR STIEFELHÖFER LUTZ und dort unter anderem für das Arbeitsschutzrecht, CE-Richtlinien und das Compliance Management zuständig. Darüber hinaus ist er Honorarprofessor für Produkt- und Technikrecht an der Universität Kassel.

**Literatur**

- BETRSICHV (o. J.): Betriebssicherheitsverordnung. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, <http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/betrsichv.html> (Zugriff: 20.06.2012)
- DGUV (2006): Report „Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen“. Deutsche Gesetzliche Unfallver-

sicherung (DGUV), <http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/rep05/manipulation/index.jsp> (Zugriff: 20.06.2012)

DGUV (o. J.): Bewertungsschema für den Anreiz zur Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), <http://www.dguv.de/ifa/de/pramanipulation/index.jsp> (Zugriff: 20.06.2012)

DIN EN 1088 (2008): Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen. Leitsätze für Gestaltung und Auswahl (2008-10), Berlin

KLINDT, T. (2009): Juristische Aspekte der Arbeitsschutzorganisation – ein Praktiker berichtet. Interview. In: Die BG, 121. Jg., Heft 01, S. 25 f.

RICHTLINIE (2006): Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) mit Berichtigung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG vom 09.06.2006, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2006/L157/L15720060609de00240086.pdf> (Zugriff: 20.06.2012)

SUVA (o. J./a): Manipulieren von Schutzeinrichtungen – kein Kavaliersdelikt. kostenloser download unter <http://www.suva.ch/startseite-suva/praevention-suva/arbeitsuva/branchen-und-themen-filter-suva/maschinen-anlagebau/ma-manipulieren/manipulieren-von-schutzeinrichtungen-kein-kavaliersdelikt-suva/filter-detail-suva.htm> (Zugriff: 20.06.2012)

SUVA (o. J./b): Checkliste Maschineneinkauf. Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit (IVSS), Sektion für Maschinen- und Systemsicherheit, [http://www.stop-defeating.org/wp-content/uploads/2011/04/PLK\\_Checkliste-Einkauf\\_für-IVSS.xls](http://www.stop-defeating.org/wp-content/uploads/2011/04/PLK_Checkliste-Einkauf_für-IVSS.xls) (Zugriff: 20.06.2012)

# Sicherer Umgang mit Elektrizität

## – Unfallvermeidung und Gefährdungsbeurteilung im Lichte problemlösenden Lernens



MICHAEL TÄRRE

In den vergangenen 35 Jahren wurden aufgrund der Erkenntnisse der Unfallforschung VDE-Bestimmungen novelliert. Der Einsatz hochempfindlicher Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist zur Regel geworden. Allgemein kann ein gewachsenes Sicherheitsbewusstsein konstatiert werden, wobei tödliche Stromunfälle und durch Elektrizität ausgelöste Brände keineswegs aus der Unfallstatistik verschwunden sind. Viele schon vor Jahrzehnten typische Unfallschwerpunkte, wie z. B. die Nichtbeachtung der „Fünf Sicherheitsregeln“, bilden auch heute noch die Hauptanteile bei den Stromunfällen. Neben der Weiterentwicklung von Sicherheitsvorschriften hat die Qualifikation der Fachkräfte eine zentrale Bedeutung für die Arbeitssicherheit. Im Beitrag werden Unterrichtsbeispiele im Sinne von Anregungen dargestellt, wie die Thematik „Risiken und Sicherheit im Umgang mit Elektrizität“ im Lichte problemlösenden Lernens gestaltet werden kann.

### PROBLEMLÖSENDES LERNEN

Für einen Auszubildenden bzw. Lernenden liegt ein technisches Problem vor, wenn er z. B. für einen Reparaturauftrag aufgrund seines Fachwissens und/oder seiner Kenntnisse zur Handhabung von Maschinen bzw. Durchführung von notwendigen Arbeitsschritten nicht unmittelbar eine Reparatur durchführen kann. Problemlösen bedeutet immer das Überwinden einer Barriere, der sich der Schüler gegenüber sieht.<sup>1</sup> Beim Fehlen einer Barriere spricht man im engeren Sinne von einer Aufgabe, zu deren Lösung lediglich bekannte Operationen und Verfahren angewendet bzw. zusammengefügt werden müssen. Aufgaben erfordern somit reproduktives Denken und Handeln. Konstitutiv für den Prozess des problemlösenden Lernens sind demgegenüber das Verstehen der Problemsituation (Problemanalyse) und deren schrittweise Veränderung, gestützt auf planendes schlussfolgerndes Denken und Handeln (Problemlösungsplanung, Problemlösung, Problembewertung). Wesentliche Merkmale von problemorientierten Unterrichtsverfahren (vgl. NASHAN/OTT 1995, S. 62 ff.) bestehen darin, dass der Lernende

- mit einem technischen Problem konfrontiert wird, das auf exemplarische Arbeitsprozesse bezogen ist bzw. sich aus dem Arbeitsumfeld der Schüler generiert (Problemstellung),

- das Problem wahrnimmt und die Problemstellung über eine Ziel-, Ist- und Konfliktdiagnose in Problemlösungsschritte umsetzt (Problemanalyse),
- Lösungsprinzipien formuliert, strukturiert und gegeneinander abwägt (Problemlösungsplanung),
- das Problem weitestgehend selbstständig löst und dabei benötigte Informationen und Hilfsmittel eigenständig beschafft sowie Lernschritte und Arbeitsweisen festlegt (Problemlösung),
- die Problemlösungsstrategie reflektiert und den Problemlösungsprozess sowie das Arbeitsergebnis (selbst-)kritisch bewertet (Problemlösungsbewertung) und
- für das durchgeführte Lern- und Arbeitsverhalten eine allgemeine, dekontextualisierte Problemlösungsstruktur entwickelt (Transfer).

Zu den Merkmalen ist anzumerken, dass diese als didaktisch-methodische Gestaltungshinweise zur Entwicklung problemorientierter Lernsituationen angesehen werden sollten. Der Anspruch, immer alle Merkmale vollständig erfüllen zu wollen, ist die beste Gewähr dafür, dass sich auf der Ebene der Bildungspraxis zwangsläufig ein Gefühl der Überforderung und Frustration einstellen muss. So gibt es beispielsweise für die Lösung eines technischen Problems nicht immer mehrere Lösungsprinzipien, die man gegeneinander abwägen kann, sondern manch-

mal führt lediglich eine Lösungsstrategie – eventuell in Gestalt eines Problemlösungsalgorithmus – zur Problemlösung. Diese einzige Lösungsstrategie ist unter Umständen darüber hinaus auch nicht auf andere bzw. ähnliche Probleme übertragbar, sodass Transfer nur eingeschränkt bzw. gar nicht möglich ist. Letztendlich ist aber auch die Erkenntnis, dass das durchgeführte Lern- und Arbeitsverhalten nicht vollständig bzw. nicht transferiert werden kann, ein bedeutsames Lern- und Arbeitsergebnis.

Entsprechend der Barrieren, die zur Problemlösung überwunden werden müssen, und der zu schließenden Wissenslücken lassen sich unter lernpsychologischen Gesichtspunkten grundsätzlich zwei Problemlernarten unterscheiden (vgl. DÖRNER/KAMINSKI 1987, S. 72):

(1) Analytisch-synthetische Probleme, bei denen der Lernende über die zur Problemlösung notwendigen fachspezifischen Kenntnisse verfügt und sie auf ein spezielles technisches Problem oder auf ein Fallbeispiel transferiert bzw. anwendet.

(2) Genetische Probleme, bei denen der Lernende ein Lösungsprinzip für ein spezielles technisches Problem noch nicht kennt und es weitestgehend selbstständig zu lösen hat.

Mit der Formulierung „weitestgehend selbstständig“ soll zum Ausdruck gebracht werden, dass die Aspekte „Kooperation und Kommunikation“ sowie „Instruktion und Lernbegleitung“ immanente Bestandteile des Lernprozesses sind.

– Das Lernen ist sozial und kooperativ, da es als interaktives Geschehen – insbesondere zwischen den Lernenden – initiiert wird.

– Lehrkräfte sind nicht überflüssig, sondern leiten in angepasstem Maße an und bieten gezielt instruktionale Unterstützung sowie abgestufte Lernhilfen („Hilfe zur Selbsthilfe“) an (vgl. HENSE/MANDL/GRÄSEL 2001, S. 7).

Die nachfolgend skizzierten Unterrichtsbeispiele sind als Anregungen zu verstehen. Es wird mit der Darstellung nicht der Anspruch erhoben, „fertige Unterrichtsentwürfe“ zu präsentieren. Eine konkretere Umsetzung ist letztendlich nur unter Berücksichtigung der spezifischen Lern- und Leistungsvoraussetzungen der Schüler sowie der institutionellen und organisatorischen Rahmenbedingungen möglich. Die Anregungen können aber dazu dienen, die Thematik „Risiken und Sicherheit im Umgang mit Elektrizität“ im Lichte problemlösenden Lernens zu gestalten.

Des Weiteren kann hier im Einzelnen nicht auf die didaktisch-methodischen Merkmale der jeweiligen Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren eingegangen werden (siehe dazu PAHL 2008).

### **FALLANALYSE: BERICHT EINES TÖDLICHEN STROMUNFALLS ANALYSIEREN UND ZUSTANDEKOMMEN DES UNFALLS ERKLÄREN** (ANALYTISCH-SYNTHE TISCHE PROBLEMSTELLUNG)

Bereits seit langem ist beobachtbar, dass für Ausbildung und Unterricht im technischen Bereich versucht wird, Situationen oder Fälle aus der Berufspraxis als Ausgangspunkt für Lernprozesse zu wählen. Neben motivationalen Gründen ist das primäre Wesensmerkmal der Fallstudie die Entscheidungsfindung. Dies wiederum setzt voraus, dass die Ausgangssituation mehr als eine Lösung zulässt (vgl. PAHL 2008, S. 356, 359). Für HEINZE (1967, S. 443) geht es bei diesem Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren darum, „erworbenes Wissen unter anderen Bedingungen, als sie in der Lernsituation gegeben waren“, anzuwenden. Diese Zielsetzung wird mit der Analyse eines tödlichen Stromunfalls auch hier schwerpunktmäßig verfolgt. Zugleich sollen der verantwortungsvolle Umgang und das daraus resultierende verantwortungsvolle Tun im Kontext von Sicherheitsvorschriften dazu führen, die Bedeutung umfassenderen Grundlagenwissens zu erkennen (vgl. PAHL 2008, S. 363). Die Bezeichnung „Fallanalyse“, in Abgrenzung zur Fallstudie oder auch Fallmethode, wurde gewählt, da die zur Lösung des Falles benötigten Informationen den Lernenden zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus folgen Fallstudien i. d. R. einem festgelegten Ablaufschema, das die Lernenden ebenfalls erlernen sollen und das mit zunehmender Bearbeitung von Fällen „automatisiert“ werden soll. Die Fallanalyse wird im vorliegenden Beispiel mit Leitfragen bzw. Arbeitsaufträgen gesteuert und umfasst lediglich die Phasen „Erfassen der Fallsituation“, „Ermitteln der Lösung“ und „Überprüfen der Lösung“.

Eine Auswahl von veröffentlichten Stromunfällen steht auf der Internetseite der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) zum Download bereit.<sup>2</sup> Die dort beschriebenen Unfälle entstanden allesamt in einer typischen alltäglichen Arbeitsplatzumgebung und stehen somit stellvertretend für eine Vielzahl weiterer Unfälle. Aus o. g. motivationspsychologischer Perspektive können folgende Gründe für den Einsatz im Unterricht angeführt werden: Einerseits handelt es sich um reale Arbeitsaufträge, die von Fachkräften auszuführen waren. Des Weiteren ist der Unfallhergang nicht

nur textlich beschrieben, sondern mit Bildmaterial hinterlegt (z. B. verbrannte Ausrüstung des Verunfallten). Eine Hineinversetzung in die Situation wird somit erleichtert. Andererseits begeben sich die Lernenden bei der Analyse des Stromunfalls in die Rolle eines „Gutachters“ und vollziehen somit einen Perspektivenwechsel, der Bewusstsein für Fehlverhalten schaffen und für Unfallvermeidung sensibilisieren soll (s. Abb. 1).

Zur Einführung sollten zunächst die „Fünf Sicherheitsregeln für Arbeiten im spannungsfreien Zustand nach DIN VDE 0105“ im Unterricht thematisiert werden:

Vor Beginn der Arbeiten: 1. Freischalten, 2. Gegen Wiedereinschalten sichern, 3. Spannungsfreiheit feststellen, 4. Erden und kurzschließen, 5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.

Des Weiteren sollte die BGV A3-Vorschrift (vorherige VBG 4, Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“) im Unterricht behandelt werden.

Da nur die Einhaltung der Regeln und Vorschriften Sicherheit garantieren kann, muss ihre Nichtbeachtung zwangsläufig bei der Analyse eingetretener Unfälle festgestellt werden. Die Relevanz der „Fünf Sicherheitsregeln“, auch für die intensive Behandlung im Berufsschulunterricht, wird sehr deutlich, wenn man sich folgende Unfallstatistik vor Augen führt: Bei rund 38 Prozent der Niederspannungsunfälle (bis 1.000 Volt, 11.680 ausgewertete Stromunfälle) von Elektrofachkräften wurde die Nichtbeachtung der „Fünf Sicherheitsregeln“ als unfallursächlich festgestellt. Bei rund 23 Prozent wurden allgemeine Verhaltensfehler ermittelt (z. B. Unachtsamkeit, Leichtsinn, eigenmächtig unbefugt vorgenommene Arbeiten). Bei 7 Prozent der Niederspannungsunfälle von Elektrofachkräften wurden Fehler organisatorischer Art genannt, z. B. die fehlende oder ungenügende Unterweisung sowie ungenügende spezielle Informationen, insbesondere identifiziert bei Unfällen von Auszubildenden und jüngeren Beschäftigten (vgl. ALTMANN u. a. 2006, S. 38). Im Zusammenhang mit Sicherheitsvorschriften und -bestimmungen ist es sinnvoll, derartige Unfallstatistiken mit Lernen-

### ERFAHRENER MONTEUR KOMMT IN MUFFENGRUBE ZU TODE

#### Arbeitsauftrag

In einem Ortsnetz sollte ein neuer Kabelring errichtet werden. Das neue Teilstück des Rings war schon verlegt und musste nur noch mit einer Verbindungsmuffe mit dem schon bestehenden Teilstück zu einem Ring verbunden werden. Dazu wurden zwei Monteure eines Netzbetreibers eingesetzt.

#### Unfallhergang

Der schaltberechtigte Monteur Michael Schmidt\* setzte zunächst die Kabel am gemeinsamen Verteilerschrank unter Spannung, um die Phasenlage an den Kabelenden bestimmen zu können. Sein Kollege Paul Meier\* sollte mit einem Spannungsprüfer in der 150 Meter entfernten Muffengrube die Phasenlage feststellen. Nach beendeter Phasenbestimmung signalisierte Paul Meier per Blickkontakt, dass wieder freigeschaltet werden konnte. Der schaltberechtigte Michael Schmidt entfernte die NH-Sicherungen an den Abgängen des alten und neuen Teilstücks und legte die Erdungs- und Kurzschlussvorrichtung ein. Danach ging er zur Muffengrube, um die Freigabe zur Arbeit zu erteilen. Dort traf er auf seinen bereits bewusstlosen Kollegen Paul Meier und begann sofort mit Wiederbelebungsmaßnahmen. Obwohl Michael Schmidt den Notarzt unverzüglich alarmiert hatte, konnte dieser nur noch den Tod des Unfallopfers feststellen. Nachdem der Verunglückte signalisiert hatte, dass die Kabel wieder freigeschaltet werden können, ist er offenbar unmittelbar danach in die Muffengrube gestiegen und hat dort die Kabelenden für die Muffenmontage vorbereitet. Beim Zusammendrücken der gespreizten Kabelenden erlitt er dann eine Körperdurchströmung von Hand zu Hand (vgl. <http://www.bgetem.de/arbeitsicherheit-gesundheitsschutz/aus-unfaellen-lernen/niederspannung>).

(\* Die Namen der Beteiligten wurden geändert.)

Arbeitsaufträge zur Analyse des Unfalls

- Entnehmen Sie dem Text zunächst Fachbegriffe, die Ihnen unbekannt sind! Holen Sie entsprechende Informationen zur Erklärung ein und halten Sie die Erklärungen schriftlich fest!
- Analysieren Sie den Unfallhergang! Gegen welche Sicherheitsregel(n)/Vorschrift(en) wurde verstoßen bzw. wie hätte der Unfall vermieden werden können?
- Berechnen Sie den Körperstrom  $I_K$ , indem Sie möglichst realistische Annahmen zu den relevanten physikalischen Größen treffen! Leiten Sie daraus den Wirkungsbereich nach DIN IEC/TS 60479-1 ab!

Abb. 1: Arbeitsblatt zur Analyse eines tödlichen Stromunfalls

den zu diskutieren. Die Schüler werden z. B. aufgefordert, darüber nachzudenken, warum die Gefahren von Elektrizität – insbesondere von elektrotechnischen Laien – unterschätzt werden oder warum auch immer noch elektrotechnisch qualifizierte Fachkräfte in beachtlicher Anzahl (tödlich) verunglücken. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die Lernenden von Gefahrensituationen berichten, die sie selbst in der Berufspraxis erlebt haben.

Kurz zusammengefasst sollten bei der Analyse folgende Ergebnisse erzielt werden: Der Verunglückte stellte weder die Spannungsfreiheit an der Arbeitsstelle fest noch wartete er auf die Freigabe zur Arbeit. Damit verstieß er gegen VDE 0105-100 (Abschnitt 4.4 Kommunikation) und § 6 (Arbeiten an aktiven Teilen) der BGV A3: „(2) Vor Beginn der Arbeiten an aktiven Teilen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel muss der spannungsfreie Zustand hergestellt und für die Dauer der Arbeiten sichergestellt werden.“ (BGFE 2005, S. 16)

Bei der Berechnung des Körperstroms kann davon ausgegangen werden, dass die Lernenden unterschiedliche Annahmen treffen, insbesondere bei den elektrischen Widerständen innerhalb der Fehler-schleife, und infolgedessen unterschiedliche Lösungen erzielen. Diese unterschiedlichen Lösungswege sollten im Klassenplenum diskutiert sowie auf Plausibilität geprüft werden.

### **FUNKTIONSANALYSE: FUNKTIONS- BZW. WIRKUNGSPRINZIP EINER RCD ANALYSIEREN SOWIE BESCHREIBEN (GENETISCHE PROBLEMSTELLUNG)**

Die hohe Unfallzahl in Baderäumen führte dazu, dass bereits 1984 die Bestimmung VDE 0100 Teil 701 (Räume mit Badewanne oder Dusche) in Kraft getreten ist, wonach in Neubauten Badezimmer durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) zwingend abgesichert werden müssen, wenn nicht andere, weitergehende Schutzmaßnahmen vorgesehen werden. Seit dem 1. Juni 2007 gelten nach VDE 0100 Teil 410 – die wichtigste Norm für den Personenschutz (Schutz gegen elektrischen Schlag/gefährliche Körperströme) – folgende Vorgaben: Steckdosenstromkreise bis 20 A, die zur Verwendung durch Laien, sowie Endstromkreise im Außenbereich, die für verwendbare tragbare Betriebsmittel bis 32 A bestimmt sind, müssen durch eine RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom  $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$  zusätzlich geschützt werden. Die neue Norm vom Juni 2007 erforderte einen Umdenkungsprozess bei Planern und Errichtern von elektrischen Anlagen und ist von

grundsätzlicher Bedeutung für jede Elektrofachkraft. Des Weiteren wird eine RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom 300 mA oft als Brandschutz für das gesamte Haus eingesetzt und von einigen Energieversorgungsunternehmen sogar vorgeschrieben, wenn die Hauseinspeisung nicht über Erdkabel, sondern über Dachfreileitungen erfolgt.

Mit der Funktionsanalyse einer RCD wird einerseits die Erarbeitung von technologisch-inhaltlichen Kenntnissen und Einsichten angestrebt, und andererseits werden auch die Fähigkeiten des Analysierens, Vergleichens, des Prüfens und die Entwicklung einer Handlungsstrategie zur Fehlersuche geschult. Bei der Analyse ist zu berücksichtigen, dass eine RCD ein Bauteil im Rahmen eines technischen Gesamtsystems ist, da Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in allen Netzsystemen (TN-, TT-, IT-System) eingebunden werden können. Auf diesen Gesamtzusammenhang muss hingewiesen werden, falls die Lernenden im Rahmen ihrer betrieblichen Ausbildung noch nicht mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen konfrontiert wurden. Es ist allerdings zu vermuten, dass die meisten Schüler das Bauteil „kennen“, ohne jedoch das Funktions- bzw. Wirkungsprinzip kompetent erklären zu können. Im Rahmen des Unterrichtseinstiegs lassen sich daher die unterschiedlichen Benennungen und intuitiven Vorklärungen gut, z. B. in Form eines Brainstormings, nutzen, um die Funktionsanalyse im engeren Sinne einzuleiten und Analysestrategien zu entwickeln. Zur Erarbeitung des Funktions- und Wirkungsprinzips einer RCD sollten die Lernenden entsprechende Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen erhalten, die geöffnet werden können. Der Summenstromwandler und weitere Bestandteile (z. B. Prüftaste) sowie entsprechende charakteristische Kennwerte (z. B. Bemessungsdifferenzstrom) sind somit zugänglich bzw. können von den Lernenden identifiziert werden. Es ist auch sinnvoll, herstellerbezogene Informationen (z. B. Prinzipdarstellungen, Anwendungsbeispiele) einzubeziehen, indem die Schüler diesbezügliche Recherchen selbstständig durchführen. Die Kleingruppen sollten unterschiedliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (s. Tab. 1) erhalten, sodass bei der Auswertung der Ergebnisse Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede deutlich werden.

Die Analyseergebnisse sollten von den Lernenden in schriftlicher Form festgehalten werden. Hierbei ist durch die Lehrkraft zu verdeutlichen, dass es nicht darum geht, entsprechende Erklärungen aus dem Fachbuch oder anderen Informationsquellen

Kurz-Bezeichnung, engl.	Erklärung
<b>RCD</b> , residual current device	Oberbegriff für alle Arten von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen
<b>RCCB, Typ A</b> , residual current operated circuit breaker	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ohne eingebaute Überstrom-Schutzeinrichtung für sinusförmige Wechsel- und pulsierende Gleichfehlerströme, z. B. in Hausinstallationen
<b>RCCB, Typ B</b>	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ohne eingebaute Überstrom-Schutzeinrichtung wie Typ A, aber auch für glatte Gleichfehlerströme, z. B. bei medizinischen Geräten, drehzahlgesteuerten Werkzeugmaschinen
<b>RCBO</b> , residual current operated circuit-breaker with overcurrent protector	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit eingebauter Überstrom-Schutzeinrichtung für den Überlast- und Kurzschlusschutz
<b>SRCD</b> , socket-outlet-residual current protective device	Ortsfeste Fehlerstrom-Schutzeinrichtung nach DIN VDE O662, in eine Steckdose eingebaut bzw. bilden mit einer Steckdose eine Baueinheit, geeignet für Modernisierungen bei Altinstallationen (insb. Badezimmer)
<b>PRCD</b> , portable-residual current protective device	Ortsveränderliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, z. B. in Stecker oder in Steckdosenleisten integriert
<b>PRCD-S</b> , portable-residual current protective device-safety	PRCD und mit zusätzlicher Schutzleiterstrom-Überwachung
<b>RCM</b> , residual current monitor	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung, Meldung oder Abschaltung im Fehlerfall, z. B. Schutz von frequenzgesteuerten Betriebsmitteln, USV-Anlagen, medizinischen Einrichtungen, EDV-Anlagen

Tab. 1: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, Auswahl

abzuschreiben, sondern die Erläuterungen mit eigenen Worten zu dokumentieren sind. Darüber hinaus ist eine Präsentation der Ergebnisse der einzelnen Gruppen sinnvoll, da durch Fragen der anderen Lernenden bzw. durch Kontrollfragen der Lehrkraft Verständnisprobleme aufgedeckt werden. Als weitere Lernerfolgskontrolle und zur Entwicklung einer Problemlösungsstruktur im Sinne des Transferanspruchs bietet sich die Erstellung eines Flussdiagramms zur Fehlersuche an, das zukünftig als Handlungsanleitung zur systematischen und schnellen Fehlersuche dienen kann (s. Abb. 2). Diese Aufgabe sollte von jedem Schüler weitestgehend alleine bearbeitet werden. Bezogen auf die Erstellung des Flussdiagramms sind folgende Hilfestellungen denkbar:

- Die Lernenden erhalten ein Beispiel-Flussdiagramm, womit Ihnen die Systematik anschaulich verdeutlicht wird (z. B. Handlungsanleitung zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung oder Handlungsanleitung zur Leitungsberechnung, siehe dazu BASTIAN u. a. 2009, S. 19, 308).
- Der Anfang des Flussdiagramms wird bis zur ersten Frage (erste Verzweigung) vorgegeben und die Lernenden vervollständigen das Flussdiagramm.
- Der Text der Kästen wird z. T. bzw. vollständig vorgegeben. Die Lernenden erarbeiten die Abfolge und ergänzen die Verzweigungsstellen. Diesbezüglich bietet es sich an, den Text von den Lernenden auf Metaplankarten übertragen zu lassen. Somit können die Schüler die Karten hin- und herbewegen

und Veränderungen bzw. Korrekturen vornehmen, sodass das Flussdiagramm sukzessive entwickelt wird. Hierbei sind weitere Abstufungen möglich (z. B. Anzahl der Verzweigungsstellen wird mit maximal vier vorgegeben).

### EXPERIMENTIERAUFGABE ZUM BRANDSCHUTZ

Nach einem Brandereignis hört man in den Medien häufig folgende Aussage: „Ursache des Feuers könnte ein Kurzschluss gewesen sein“ (z. B. Fernsehberichte und Pressemeldungen zum Zugunglück in Neu Delhi vom 30.07.2012, Brand im Schlafwagen eines Zuges). Diese Aussage ist zunächst einmal unverfänglich, da Elektrizität als Brandursache grundsätzlich nicht auszuschließen ist. Die Brandursachenstatistik (vgl. IFS 2011) für das Jahr 2011 aus mehr als 1.000 Schadenfällen zeigt, dass die größte Risikoquelle Elektrizität (35 Prozent) mit technischen Defekten an Elektroinstallationen und -anlagen ist. Insofern bietet es sich an, den elektrotechnischen Laien die Schnelldiagnose „Kurzschluss“ zu präsentieren. Elektrofachkräfte wissen aber, dass Kurzschluss – gemeint ist der „vollkommene“ Kurzschluss, d. h., im Fehlerstromkreis befindet sich kein Nutzwiderstand – häufig nicht als Ursache für einen Brand in Frage kommt. Die vorgeschalteten Überstromschutzorgane trennen in solchen Fällen i. d. R. die fehlerhafte Anlage rechtzeitig vom Netz. Brandgefährlich sind „unvollkommene“ (Nutzwiderstand im Fehlerstromkreis) Schlüsse, weil sie oft nicht sofort erkannt werden. Die durch Stromfluss entstehende unzulässige

Erwärmung kann in diesem Fall zu Bränden führen. Überstrom-Schutzeinrichtungen (Sicherungen, Leitungsschutzschalter) benötigen ein Vielfaches ihres Bemessungsstromes (Nennstromes) zur Auslösung. Bei schleichenden widerstandsbehafteten Erdschlüssen kann der Brandschutz mit Überstrom-Schutzeinrichtungen nicht gewährleistet werden. Um diese zu beherrschen, sind weitergehende Maßnahmen erforderlich. In Anlagen

- mit besonderem Brandrisiko (feuergefährdete Betriebsstätten),
- die vorwiegend aus brennbaren Baustoffen hergestellt sind,
- mit unersetzbaren Gütern von hohem Wert,

wird entsprechend DIN VDE 0100 Teil 482 (Auswahl von Schutzmaßnahmen – Brandschutz) in Verbindung mit DIN VDE 0100 Teil 530 (Schaltgeräte und Steuergeräte) der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit Bemessungsdifferenzströmen von maximal 300 mA gefordert. Ausnahmen sind nur bei Verwendung von mineralisolierten Leitungen und Stromschienensystemen erlaubt.

Mit einem Technischen Experiment werden Probleme aus der Berufspraxis für berufliches Lernen

aufgegriffen, wobei in der Facharbeitertätigkeit Experimente im Allgemeinen nicht Bestandteil der beruflichen Aufgaben sind. Dennoch haben Technische Experimente als Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren ihre Berechtigung und Vorteile. Einerseits ermöglichen sie die Erarbeitung technologischer Sachverhalte, andererseits machen sie Schüler mit einem wichtigen, unsere technisch-wissenschaftliche Welt bestimmenden und erschließenden Verfahren zur gezielten Informationsbeschaffung und Erkenntnisgewinnung vertraut (vgl. WILKENING 1980, S. 67). Darüber hinaus zielen Experimente auf die Herausbildung von Haltungen beim Experimentieren sowie auf die Bereitschaft, Ergebnisse der Experimente in den Bereich der Facharbeit zu übertragen und zu nutzen (vgl. PAHL 2008, S. 189). Diese Zielsetzungen werden auch mit der nachfolgend beschriebenen Brennprobe verfolgt, wobei folgende Einschränkungen zu berücksichtigen sind: Die Bezeichnung „Experimentieraufgabe“, in Abgrenzung zum Technischen Experiment, wurde gewählt, da Experimente i. d. R. einem festgelegten Artikulationsschema folgen (z. B. Problemerkennung, Hypothesenbildung, Versuchsplanung, -durchführung, -auswertung, ggf. Neukonstruktion/Präzisierung der Versuchsanordnung, ... , Transfer). Dieser Anspruch wird hier insofern nicht erfüllt, da

das Arbeitsblatt zur Brennprobe führen soll und Versuchsplanung, -durchführung und -auswertung strukturell vorgegeben werden. Die Brennprobe verfolgt allerdings nicht nur die Zielsetzung, die Lernenden im Sinne einer experimentellen Veranschaulichung für Gefahren zu sensibilisieren. Es geht insbesondere darum, dass Experimente ein wesentlicher Bestandteil der Unfallforschung sind. Das heißt, dass entsprechende Vorgaben in Sicherheitsbestimmungen auch Ergebnisse experimenteller Forschung sind. Hierbei geht es i. d. R. immer darum,

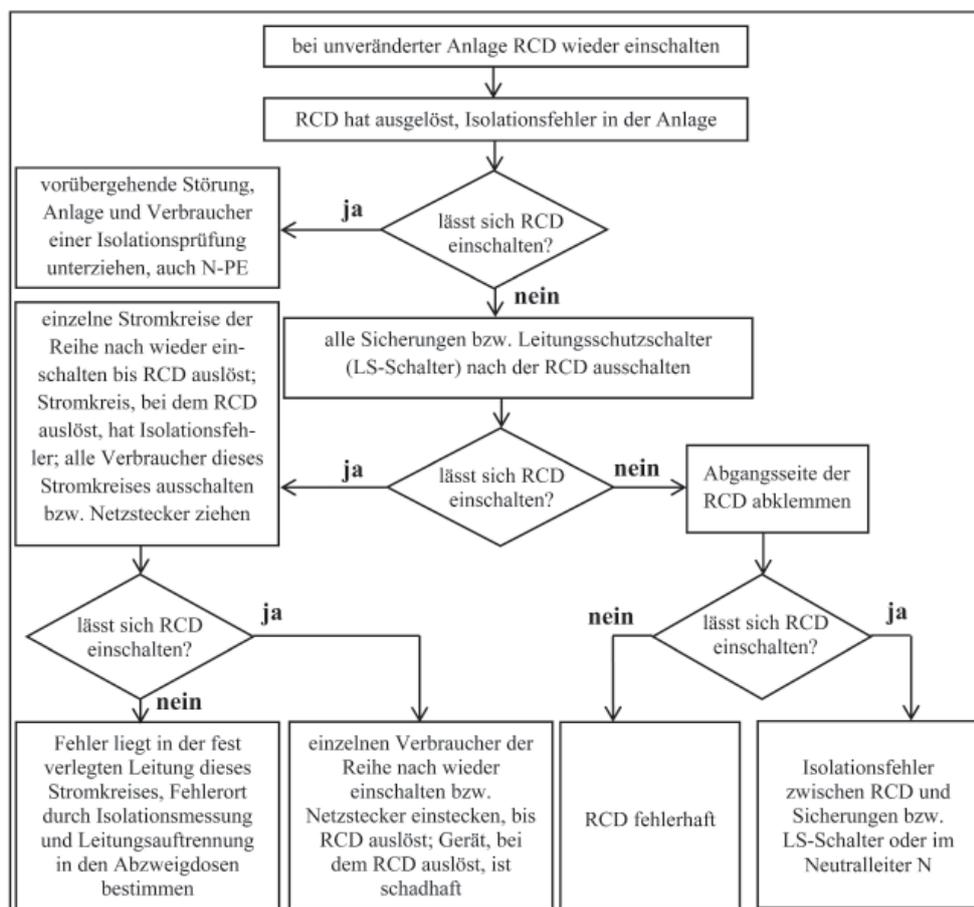


Abb. 2: Flussdiagramm zur Fehlersuche

inwieweit Modellvorstellungen bzw. Rahmenbedingungen mit der Realität übereinstimmen bzw. wie Simulationen gestaltet werden können. Lernende haben z. T. die naive Vorstellung, dass alles Technische exakt berechnet werden kann. Insofern ist der Blick auch auf andere Formen der Erkenntnisgewinnung zu richten.

Schon unseren Forscherahnen war es gelungen, bestimmte physikalische Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich der Vorgänge an einer Fehlerstelle zu entwickeln, die bis heute kaum etwas von ihrer Gültigkeit verloren haben. Beispielsweise werden Lötkolben mit einer Heizleistung von 100 bis 200 W zu Zündquellen, wenn sie über eine längere Zeit z. B. auf einer Holzfläche abgelegt werden. Eine 25 Watt-Lampe führt dagegen unter gleichen Versuchsbedingungen i. d. R. nicht zur Entzündung von Holz. In der Ver-

gangenheit wurden weitere, ähnlich einfache und weitergehende Versuche durchgeführt, um den Wert der Überlegungen für die praktische Anwendung zu untermauern. Das Ergebnis, damals wie heute, zeigt, dass die zulässige „Fehlerleistung“ zwischen 25 und 100 W, also etwa bei 60 W festzulegen ist. Sehr viel anders sind die o. g. Bedingungen bei Isolationsfehlern auch nicht, sodass Schadenerfahrungen mit elektrischen Wärmegeräten auf Fehlerstellen übertragen wurden (vgl. HOCHBAUM o. J., S. 3). Für Anlagen mit einer Spannung von 230 V bedeutet dies, dass bei einer „Fehlerleistung“ von 60 W ein Strom von etwa 0,26 A fließt. Unter Berücksichtigung der Auslösetoleranzen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen werden somit bereits „Fehlerleistungen“ von weniger als 35 W abgeschaltet. Diese Überlegungen bilden den Ausgangspunkt für das dargestellte Arbeitsblatt (s. Abb. 3).

**Brandschutz**

Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Brandschadenverhütungsarbeit zeigen, dass Isolationsfehler-Leistungen größer 60 W eine akute Brandgefahr darstellen. Zum Schutz von elektrischen Anlagen werden daher RCD eingesetzt, die bereits bei Fehlerströmen von weniger als 300 mA auslösen und infolgedessen die fehlerbehaftete Anlage automatisch abschalten.

**Arbeitsaufträge**

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der „Fehlerleistung“ von 60 W und dem Bemessungsdifferenzstrom  $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ ? (erwartete Lösung:  $P_{\text{max}} = U_n \cdot I_{\Delta n} \cdot \cos \varphi$ )
- Planen Sie Experimente, die die brandgefährliche Wärmeleistung experimentell bestimmen!

**Brandschutzklassen, Brennprobe**

Polyvinylchlorid (PVC) und Phenolharz (PF), bedeutende Isolierstoffe in der Elektrotechnik, sind „schwer entflammbar“.

**Arbeitsaufträge**

- Was heißt „schwer entflammbar“?
- Was versteht man unter Brandschutzklassen?
- Führen Sie eine Brennprobe durch!

**Brennprobe**

**Material:** kleine Kunststoffprobenstücke (2 verschiedene Proben pro Gruppe), Brille, Teelichter, Zange, brandfeste Unterlage.

**Vorgehensweise**

**(1) Schutzbrille aufsetzen!** (2) Teelicht in die Mitte der brandfesten Unterlage stellen. (3) Ein Probenstück mit Zange in äußeren Teil der Flamme halten. **Achtung! Vorsicht! Unter Umständen tropft Probe bzw. brennt rußend. Rußbildung nicht zu stark werden lassen, d. h., Probe aus der Flamme nehmen.** (4) Nach dem Anbrennen Probenstück aus der Flamme nehmen. **Achtung! Vorsicht! Unter Umständen brennt Probe auch außerhalb der Flamme.** Rauchschwaden vorsichtig an die Nase fächeln, falls die Probe außerhalb der Flamme nicht mehr brennt. (5) Flamme vorsichtig ausblasen, falls die Probe außerhalb der Flamme noch brennt. Rauchschwaden vorsichtig an die Nase fächeln.

**Versuchsergebnisse Brennprobe**

Beispiel, d. h., PS nicht für Brennprobe verwenden!			
<b>Polystyrol</b> Drucktasten, Gehäuse für Elektrogeräte, geschäumtes Polystyrol, z. B. für Dämmstoffe	<b>Polyvinylchlorid</b> Leitungs- und Kabelisolation, Isolierbänder, Installationsrohre	<b>Phenolharz</b> Basismaterial für gedruckte Schaltungen, Spulenkörper, Klemmbretter, Schalterteile	
↓ PS	↓ PVC	↓ PF	
Farbe der Flamme			
Verhalten in der Flamme			
Verhalten außerhalb der Flamme			
Geruch der Rauchschwaden			

Abb. 3: Arbeitsblatt zum Brandschutz

Holz wurde immer mehr aus elektrischen Anlagen verbannt und spielt dort als Werkstoff so gut wie keine Rolle mehr. Kunststoffe haben als Isolierstoffe eine große Bedeutung in der Elektrotechnik, sodass Kenntnisse über Eigenschaften und Einsatzgebiete für Elektrofachkräfte bedeutsam sind. Mit der Durchführung einer Brennprobe werden im Wesentlichen folgende Ziele bzw. Lerninhalte verfolgt: Erkennen und Unterscheiden von Kunststoffen, Brandverhalten von Kunststoffen, Brandschutzklassen, systematische Vorgehensweise bei der Versuchsdurchführung sowie -dokumentation, Einhalten von Sicherheitsvorgaben (z. B. Schutzbrille), Gefahrenpotenziale beurteilen. Polyvinylchlorid (PVC) und Phenolharz (PF) wurden ausgewählt, da somit die Einteilung der Kunststoffe in die beiden großen Klassen der

Thermoplaste (PVC) und der Duroplaste (PF) möglich ist.

Eine Kunststoffprobensammlung können Schulen kostenlos bei der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoffindustrie (AKI, <http://plasticseurope.de>) beziehen. Aufgrund der eigenen Durchführung wird empfohlen, die Originalprobenstücke (7 cm lang, 1 cm breit) für die Brennprobe zu verkleinern (ca. 1,5 cm lang, 1 cm breit), sodass die Flamm- sowie Rauchschwadenentwicklung und eine mögliche Rußbildung reduziert werden und infolgedessen eine Durchführung im normalen Klassenraum möglich ist. Darüber hinaus sollten brandfeste Unterlagen sowie Schutzbrillen zur Verfügung stehen.

## FAZIT

Der umfassende Einsatz elektrischer Energie erfordert ein hohes Maß an Sicherheitsvorkehrungen, um die von der Elektrizität ausgehenden Gefahren für Menschen, Tiere und Sachwerte möglichst klein zu halten. Fachkräfte der Elektroberufe arbeiten in einem Arbeitsumfeld, das eine Vielzahl von Unfallquellen beinhaltet. Das besondere Gefahrenpotenzial besteht darin, dass elektrophysikalische Größen und Phänomene nur in Grenzbereichen vom Menschen direkt mit seinen Sinnen wahrgenommen werden können. Die Gefahren sind somit häufig nicht direkt sichtbar. Nur durch Modellbildung und Messung können die Größen und deren Zusammenwirken veranschaulicht werden, wobei z. T. immer noch großes Abstraktionsvermögen vom Lernenden gefordert wird. Unfallanalysen, Funktionsanalysen und Experimentieraufgaben, die technische Zusammenhänge bzw. Fehlerfälle abbilden bzw. simulieren, können u. a. dazu dienen, dass Schüler für Gefahrenpotenziale sensibilisiert werden, Gefährdungen kompetent beurteilen und Verhaltensweisen einnehmen, die zum sicheren Umgang mit Elektrizität führen. Eine entsprechende Qualifikation der Fachkräfte ist letztendlich die wirksamste Möglichkeit zur Unfallvermeidung.

## Anmerkungen

- 1) Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird nur die männliche Form verwendet, womit die weibliche Form nicht ausgeschlossen sein soll.
- 2) <http://www.bgetem.de/arbeitsicherheit-gesundheitsschutz/aus-unfaellen-lernen/niederspannung> (letzter Zugriff: 31.07.2012). Ausführliche Unfalldokumentationen sowie damit verbundene Analysen zur Vermeidung von zukünftigen Un-

fällen finden Lehrkräfte und Ausbilder auch auf der Seite des Instituts für Schadenverhütung und Schadenvermeidung der öffentlichen Versicherer e. V. (<http://www.ifs-ev.org>, kostenlose Zeitschrift sowie IFS Report zum Download).

## Literatur

- ALTMANN, S./JÜHLING, J./KIEBACK, D./ZÜRNECK, H. (2006): Elektrounfälle in Deutschland. Unfälle durch Elektrizität am Arbeitsplatz und im privaten Bereich. 2., überarbeitete Auflage, Dortmund/Berlin/Dresden
- BASTIAN, P. u. a. (2009): Fachkunde Elektrotechnik. 27. Auflage, Haan-Gruiten
- BGFE (2005): Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (Hrsg.): Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel. Aktualisierte Nachdruckfassung 2005, <http://www.bauordnungen.de/BGV-A3.pdf> (letzter Zugriff: 17.08.2012)
- DÖRNER, D./KAMINSKI, G. (1987): Handeln – Problemlösen – Entscheiden. In: IMMELMANN, K. (Hrsg.): Funkkolleg Psychobiologie. Verhalten bei Mensch und Tier. Studienbegleitbrief 6, Weinheim/Basel, S. 69–128
- HEINZE, K. (1967): Anwendung der Fallmethode im beruflichen Unterricht. Berlin
- HENSE, J./MANDL, H./GRASEL, C. (2001): Problemorientiertes Lernen. Warum der Unterricht mit neuen Medien mehr sein muss als Unterricht mit neuen Medien. In: Computer + Unterricht, 11. Jg., Heft 44/4, S. 6–11
- HOCHBAUM, A. (o. J.): Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen als Brandschutz. <http://www.schadenprisma.de/sp/SpEntw.nsf/3aa4f805e74f3cd5c12569a0004f2eac/cc945a0938291730c1256bc900450c89?OpenDocument> (letzter Zugriff: 03.08.2012)
- IFS (2011): Institut für Schadenverhütung und Schadenvermeidung der öffentlichen Versicherer e. V. (Hrsg.): IFS Brandursachenstatistik 2011. [http://www.ifs-kiel.de/08\\_titel/2012/IFS%20Brandursachenstatistik%202011.pdf](http://www.ifs-kiel.de/08_titel/2012/IFS%20Brandursachenstatistik%202011.pdf) (letzter Zugriff: 03.08.2012)
- NASHAN, R./OTT, B. (1995): Unterrichtspraxis Metall- und Maschinentechnik. Bonn
- PAHL, J.-P. (2008): Bausteine beruflichen Lernens im Bereich „Arbeit und Technik“. Teil 2: Methodische Grundlagen und Konzeptionen. 3., erweiterte und aktualisierte Auflage, Bielefeld
- WILKENING, F. (1980): Unterrichtsverfahren im Lernbereich Arbeit und Technik. Ravensburg

# Konstruktion von beruflichen Curricula für die Windenergiebranche/Windkraftindustrie



MICHAEL GERMANN

Der Klimawandel verlangt einen Umbau der Energiewirtschaft und ist eine globale Herausforderung. Beachtenswert ist dabei, wie technologisch jung die industrielle Erzeugung von Strom ist. Vor etwa 100 Jahren war der Beruf des Elektrikers in Deutschland unbekannt. Gas und Rapsöl waren über Jahrhunderte die Lichtquellen in den Wohnstuben Deutschlands. Die Einführung der Elektrizität veränderte in Deutschland ab Mitte der 30er Jahre des 20. Jahrhunderts grundlegend den Arbeitsalltag und die Gewohnheiten der Menschen. Mit Zurückdrängung der Dampfkraft durch die Elektroenergie änderten sich für die Menschen binnen einer Generation grundlegend die beruflichen Tätigkeiten.

## WANDEL DER ENERGIEWIRTSCHAFT UND SEINE FOLGEN

Die Nutzung der Windenergie ist ein Eckpfeiler der Bewältigung der „Energiewende“ in Deutschland. Besonders der Ausbau durch Repowering und die Errichtung von Offshoreparks werden die Stromerzeugung durch Nutzung der Windenergie weiter deutlich steigern. Repowering ist der Ersatz älterer Windenergieanlagen (WEA) durch neue an etablierten Windstandorten. Weniger, ruhiger und leiser laufende Anlagen bedeuten eine Entlastung der Umwelt. Rund 3.000 Anlagen der ersten Generationen, vor allem an norddeutschen Küstenstandorten, kommen schon heute für das vom Gesetzgeber gewünschte Repowering infrage. Dabei profitieren die Betreiber vom rasanten technologischen Fortschritt. Eine ganze Reihe von Windenergieanlagenparks ist vor den Küsten Europas (offshore) in Planung. Diese Anlagenparks versprechen trotz immenser Investitionen hohe Rentabilität wegen des großen Windaufkommens.

Es vollziehen sich tiefgreifende Wandlungsprozesse bei der Erzeugung von elektrischer Energie und Speicherung von Energie. Das bezieht sich nicht nur auf herausragende technische Innovationen. Die großtechnologische Umsetzung der Nutzung der Windenergie führt zu tiefgreifenden Umwälzungen in unserer Gesellschaft. Dies betrifft vor allem die Menschen (Subjekte), die dies auch einschließlich ihrer persönlichen lebensweltlichen Bezüge bewäl-

tigen müssen. Hierzu gehören Anforderungen durch stetiges Lernen und Weiterbildung, Arbeitslosigkeit durch das Wegfallen bisheriger Berufe und stetigem Wandel auch des gesamten Umfeldes (Gesellschaft, Umwelt etc.). Erneut wird innerhalb einer Generation die Energiewirtschaft neuformiert und der Vorgang die Subjekte vor Herausforderungen stellen. Im abstrakten Maßstab wird dies in Zahlen ausgedrückt. Im wirklichen Leben werden sich für Millionen von Menschen Biografien ändern und Umbrüche zu bewältigen sein. Das ist erwartungsgemäß ein schwieriger Prozess. Die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen des Umbaus haben Dimensionen erreicht, bei denen sich die Frage stellt: Warum hat dies kaum öffentlich wahrnehmbare Auswirkungen auf die berufliche Bildungslandschaft in Deutschland?

## CURRICULARE ARBEIT FÜR DIE WINDENERGIEBRANCHE

Warum ist Curriculumforschung in einer jungen Branche wie der Windenergienutzung notwendig? Zu dieser Thematik gibt es bereits eine ganze Reihe von Untersuchungen und Veröffentlichungen. Dabei fällt auf, dass sich das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) zurückhält. Die Nutzung der Windenergie lässt sich, wenn es um den Bedarf beruflicher Bildung geht, in zwei Bereiche aufgliedern. Der Bereich der Produktion und Montage von WEA (s. Abb. 1) ist ein Bereich, der von industrieller Fertigung geprägt ist. Hierfür steht eine ganze Reihe von angestammten Berufsbil-

dern zur Verfügung. Beispielhaft sollen hier genannt werden: Industriemechaniker/-in, Mechatroniker/-in, Elektroniker/-in, Verfahrensmechaniker/-in für Kunst- und Kautschuktechnik, Metallbauer/-in oder Industriekaufmann/Industriekauffrau. Diese angestammten Berufsbilder können den spezifischen Bedarf bei der industriellen Fertigung von WEA hervorragend abdecken.



Abb. 1: Vorbereitung der Montage einer WEA (ENERCON E-126; Quelle: ENERCON GMBH, WINDBLATT)

Ganz anders stellt sich die Situation im zweiten Bereich, der Gewährleistung der Verfügbarkeit von WEA durch Instandhaltung, dar. Windenergieanlagen sind echte Kraftwerke mit permanent unter Spannung stehenden Bauteilen. WEA sind für den autarken Betrieb konzipiert und stellen besondere mechatronische Systeme dar. Es gab und gibt keine vergleichbaren technischen Systeme, die solche Anforderungen an die Ausbildung der Instandhaltungskräfte stellen. Gerade der Mangel an entsprechenden empirischen Untersuchungen und die wettbewerbsbedingte Abgeschlossenheit der Unternehmen der Branche führten zu Fehleinschätzungen zur Aus- und Weiterbildung. So wurde z. B. der Beruf „Mechatroniker/-in“ als der geeignete angesehen, um ausreichend für die Instandhaltung für WEA qualifiziert zu sein. Dieses Berufsbild stellt einen Industrieberuf als elektrotechnischer Fachberuf dar. Ein bedeutender Schwerpunkt in der Ausbildung angehender Mechatroniker/-innen ist die Pneumatik und Elektropneumatik, die allerdings in Windenergieanlagen nicht vorkommt. Dies ist nur ein Beispiel für die Vergeudung von Ausbildungszeit. Darüber hinaus ist die Tätigkeit der Servicetechniker/-innen für WEA von den Merkmalen her handwerklich orientiert, was andere Bildungsinhalte erfordert. Diese Argumente und Zusammenhänge verdeutlichen den Forschungsbedarf für ein Berufsbild, das den Bedürfnissen der Windenergiebranche Rechnung trägt.

Die Entwicklung eines modernen Curriculums bedarf der fundierten Kenntnis der Facharbeit an den WEA. Dafür war es notwendig, die Geschäfts- und Arbeitsprozesse zu identifizieren und objektive Anforderungen zu beschreiben. Wissen von Fachleuten – und das sind Servicetechniker/-innen für WEA – ist nicht nur

fachsystematisches Wissen der Wissenschaftsdisziplinen, sondern auch Erfahrungswissen im Umgang mit Maschinen und Anlagen (hier WEA) in ganz konkreten Situationen. Begriffe wie Erfahrungswissen oder erfahrungsgelitetes Arbeitshandeln bestimmen die einschlägigen Diskussionen (HAASLER 2006, S. 167). Im Rahmen von empirischen Untersuchungen war es das Ziel, die Arbeitsprozesse und Aufgaben zu analysieren, die notwendigen Kompetenzen zu beschreiben und anschließend die gewonnenen Erkenntnisse für die Curriculumentwicklung zur Verfügung zu stellen (KLEINER u. a. 2002, S. 2). Neben den entsprechenden Interviews mit Personalverantwortlichen der Unternehmen und der Recherche von Literatur wurden 250 Servicetechniker/-innen anonym befragt und ihre Arbeitsinhalte analysiert. Im Ergebnis dieser Forschungsarbeit entstand erstmalig ein empirisch fundiertes Berufsbild für die Instandhaltung von WEA.

Das hier vorgestellte Berufsbild orientiert sich an den Vorgaben der Kultusministerkonferenz (KMK 2007), des Berufsbildungsgesetzes (BBiG 2010) und den Besonderheiten der Branche der Nutzung der Windenergie. Der Rahmenlehrplan (s. Tab. 1) ist in eine berufsfeldbreite Grundbildung (Metalltechnik, Elektrotechnik) und darauf aufbauende Fachbildung untergliedert. Die Fachbildung orientiert sich am Bedarf der Instandhaltung von WEA. Zu den Lernfeldern lassen sich fachdidaktische Begründungen und Hinweise formulieren (s. Tab. 2).

Das Berufsbild ist modular aufgebaut, sodass verschiedene zeitliche Abläufe seiner Vermittlung denkbar sind. Es kann auch durch die Kombination von Erstausbildung und Weiterbildung vermittelt werden. Ebenso ist es möglich, aufbauend auf vorhandene Erstausbildungsberufe die Inhalte nur durch Weiterbildung zu vermitteln.

Ein einheitliches Berufsbild für die Instandhaltung von WEA kommt den Unternehmen sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im besonderen Maß entgegen, weil es einen Wechsel des Arbeitsortes im europäischen und globalen Maßstab erleichtert und umfassend für die Arbeit als Servicetechniker/-in qualifiziert. Das Berufsbild verschafft den betreffenden Servicetechnikerinnen und -technikern zusätzliche Perspektiven in der Lebensplanung. So gesehen ist die bisherige Verweigerung der Sozialpartner, ein modernes Berufsbild für die Instandhaltung von Windenergieanlagen zu begründen, unverständlich. Mit dem hier vorgestellten Berufsbild ist ein moderner Instandhaltungsberuf entstanden. Bedingt durch

Nr.	Bezeichnung der Lernfelder	Zeitrictwerte			
		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
1	Arbeitsorganisation und Kommunikation bei der Instandhaltung von komplexen Maschinensystemen wie Windenergieanlagen	100			
2	Sicherheitstechnische Ausrüstungen für die Instandhaltung von Windenergieanlagen	60			
3	Begehen einer Windenergieanlage	60			
4	Inspektion elektrotechnischer Komponenten einer Windenergieanlage	80			
5	Wartung einer Windenergieanlage		140		
6	Wartung elektrotechnischer Komponenten einer Windenergieanlage		60		
7	Prüfen steuerungstechnischer Systeme		80		
8	Prüfen elektrischer Komponenten einer Windenergieanlage			80	
9	Instandsetzung elektrischer Komponenten einer Windenergieanlage			140	
10	Instandhaltung steuerungstechnischer Systeme einer Windenergieanlage			100	
11a	Erstellen elektrischer Schaltungen und Anlagen				80
12a	Störungsbeseitigung an Steuerungen und Regelungen von Windenergieanlagen				60
11b	Instandsetzung maschinentechnischer Komponenten für Windenergieanlagen				80
12b	Instandhaltung der Sicherheitstechnik einer Windenergieanlage				60
11c	Prüfen von Rotorblättern von Windenergieanlagen				60
12c	Instandsetzen von Rotorblättern von Windenergieanlagen				80

Tab. 1: Übersicht über die Lernfelder für den Ausbildungsberuf „Servicetechniker/-in für Windenergieanlagen (WEA)“

Lernfeld 5:	Zeitrictwert: 140 Stunden	Fachdidaktische Hinweise
<b>Wartung einer Windenergieanlage</b>		
<p><b>Ziel:</b></p> <p>Die Auszubildenden kennen die Systematik von Werkstoffen und ihre Eigenschaften. Sie beherrschen die Eigenschaften von metallischen Werkstoffen. Sie können je nach Anforderung die richtigen Werkstoffe auswählen.</p> <p>Sie kennen die Grundlagen des Messens und Prüfens und können die entsprechenden Hilfsmittel anwenden.</p> <p>Die Auszubildenden kennen die Grundlagen des Fügens und beherrschen die Regeln für das Erstellen und Prüfen von Schraubverbindungen. Sie fügen und montieren.</p> <p>Sie beherrschen das Anschlagen von Lasten und die Nutzung von Hebetchnik.</p> <p>Die Auszubildenden können Methoden der Störungssuche in mechanischen und elektrischen Komponenten anwenden und kennen entsprechende Methoden der Fehleranalyse. Dabei können sie das Prinzip logischer Prüfungen anwenden.</p> <p>Sie kennen Grundlagen der Steuerungstechnik und entsprechende Schutzbestimmungen zu den Gefahren am Arbeitsplatz an einer Windenergieanlage und wenden sie an. Sie kennen Grundlagen entsprechender Schaltpläne und die Schaltsymbole. Sie können einfache Schaltpläne der Elektrotechnik und der Fluidtechnik lesen und erklären. Sie kennen und nutzen Datenspeichersysteme und entsprechende Schnittstellen für informationstechnische Systeme.</p> <p>In ihrer Arbeit nutzen sie auch die englische Sprache.</p>		<p>Die Wartung schafft wichtige Grundlagen für die Ausnutzung des Abnutzungsvorrates eines technischen Systems. Jedes technische System lässt eine bestimmte Abnutzung (= Verschleiß, Alterung, Korrosion u. Ä.) zu, ehe die Grenze seiner Funktionsfähigkeit erreicht ist (= Abnutzungsvorrat). Die Wartung beinhaltet Schmieren, Betriebs- und Hilfsstoffe ergänzen/austauschen, reinigen, nachstellen und ergänzen des Korrosionsschutzes. Dazu sind grundlegende Kenntnisse zu verschiedenen Werkstoffen und ihren Eigenschaften, einschließlich Korrosion und Verschleiß, notwendig.</p> <p>Schraubverbindungen spielen in WEA eine große Rolle. Als besondere Technologie müssen Servicetechniker/-innen alle Grundlagen des Erstellens und Prüfens von Schraubverbindungen und ihrer Sicherung beherrschen.</p> <p>Im Rahmen von Wartungsaufgaben können auch Inspektionsaufgaben übernommen werden, um sich einen Überblick über den Ist-Zustand über eine WEA oder Teilsysteme verschaffen zu können. Dabei ist es sinnvoll, logische Prüfmethode wie z. B. statistische Prozessregelung, Standardnormalverteilung, Mittelwert und Paretoanalyse in Grundzügen zu vermitteln.</p> <p>Die in den WEA vorhandenen Lastwinden müssen richtig bedient werden können. Das Anschlagen von Lasten folgt dabei festen Regeln.</p> <p>Damit die Wartung optimal geplant und durchgeführt werden kann, sind Kenntnisse der Steuerungstechnik (Logik, Signale, Steuerung, Regelung) und die Fähigkeit, Schaltpläne lesen zu können, unabdingbar.</p>
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>Werkstofftechnik zu Metallen, Beton und Glasfaserverbundwerkstoffen Korrosion und Verschleiß, Fügen und Montieren Sicherungstechniken und das Anschlagen von Lasten, Hebetchnik Prüfen, Erstellung und zeichnerische Darstellung von Schraubverbindungen Methoden der Störungssuche in elektrischen Anlagen Fehlersuche in mechanischen Komponenten einer Windenergieanlage Logische und statistische Prüfungen, Paretoanalyse, Standardnormalverteilung, Mittelwert, Standardabweichung Grundlagen der Steuerungstechnik, Logik, Schaltzeichen, Schaltpläne Schutzbestimmungen zu maschinentechnischen Systemen und Strom Datenspeichersysteme, Schnittstellen, Hard- und Software Umwelt- und Arbeitsschutzbestimmungen</p>		

Tab. 2: Beispiel für die Umsetzung der Grund- und Fachbildung anhand des Lernfeldes 5 mit entsprechender didaktischer Begründung

den dezentralen Einsatz insbesondere von autarken komplexen Maschinensystemen, wie Windenergieanlagen und Biomassekraftwerken, wird sich die Anzahl von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit Instandhaltungsberufen bzw. Instandhaltungstätigkeiten deutlich erhöhen.

### **CURRICULARE FRAGEN ZUR BEWÄLTIGUNG GESELLSCHAFTLICHEN WANDELS**

Verändert sich die Industriegesellschaft durch den Umbau in der Energiewirtschaft, werden sich folglich auch die Anforderungen an die Subjekte gravierend verändern. Beruf als gesellschaftliches Konstrukt muss sich hier weiterentwickeln. Berufsbilder werden überarbeitet und neu designt werden. Einige werden verschwinden, oder ganze Berufsgruppen werden neu geordnet werden müssen. Das Beispiel der Windenergienutzung zeigt, wie wichtig berufliche und curriculare Fragen für die Bewältigung von solch tiefgreifenden Umwälzungen sind und welch breites Feld sich für die Curriculumforschung auftut.

### **Literatur**

- BBiG (2010): Wortlaut des Berufsbildungsgesetzes vom 23.03.2005 in der aktuell gültigen Fassung. Veröffentlicht unter: [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbig\\_2005/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbig_2005/gesamt.pdf) (Zugriff: 20.06.2012)
- HAASLER, B. (2006): Das praktische Wissen als Gegenstand der Qualifikationsforschung – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung fertigungstechnischer Facharbeit. In: PÄTZOLD, G./RAUNER, F. (Hrsg.): Qualifikationsforschung und Curriculumentwicklung. Stuttgart, S. 167-181
- KLEINER, M./RAUNER, F./REINHOLD, M./RÖBEN, P. (2002): Curriculum-Design I. Arbeitsaufgaben für eine moderne Beruflichkeit. Identifizieren und Beschreiben von beruflichen Arbeitsaufgaben, Band 2, Konstanz
- KMK (2007): Handreichungen der Kultusministerkonferenz für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen. Bonn

## Rezensionen

### **Materialien für Ausbildung und Unterricht zur Maschinen- und Anlagensicherheit**

Die 2006 veröffentlichte Europäische Maschinenrichtlinie ist einerseits durch verschiedene Industrieverbände, andererseits insbesondere durch die für die Arbeitssicherheit verantwortlichen Berufsgenossenschaften aufgearbeitet worden. Eine Vielzahl von Erläuterungen, Handreichungen und Informationsmaterialien ist hierzu im Internet erhältlich, die als didaktische Materialien für Ausbildung und Unterricht genutzt werden können. Beispielsweise hat der Bereich „Automatisierungstechnik“ des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI) eine Handreichung veröffentlicht, die sich insbesondere an Konstrukteurinnen und Konstrukteure im Bereich der Steuerungs- und Automatisierungstechnik richtet:

**GUNTHER BERND: Sicherheit von Maschinen – Erläuterungen zur Anwendung der Normen EN 62061 und EN ISO 13849-1. ZVEI-Automation, Januar 2007** (Zum Download unter <http://www.schmersal.com/cms1/opencms/media/loader?id=4850&type=pdf&download=true>; Zugriff: 20.06.2012).

Als gut strukturiertes und verständliches Nachschlagewerk ist eine Schriftenreihe erhältlich, in der zu unterschiedlichen Schwerpunkten rund um Risikobeurteilung

und Sicherheit von Maschinen und Anlagen wichtige Informationen zusammengestellt sind:

**BERTHOLD HEINKE/ALOIS HÜNING/ROLF REUDENBACH/MARC SCHULZE: Schriftenreihe „Sichere Maschinen für Europa“, Verlag Technik und Information e. K., Bochum (Einzelpreise zwischen 12,80 und 14,20 Euro)**

Die einzelnen Bände der Schriftenreihe beinhalten folgende Schwerpunkte:

*Teil 1: Europäische und nationale Rechtsgrundlagen – Kurzinformationen für Hersteller und Benutzer (10. Auflage, September 2010)*

Im Band wird über die heute gültigen europäischen und nationalen Rechtsgrundlagen für sichere Maschinen informiert. Vorgestellt werden EG-Richtlinien (Binnenmarkt- und Arbeitsschutz-Richtlinien), die nationalen Umsetzungsvorschriften (Gesetze und Rechtsverordnungen) und Informationen zur Umsetzung der EG-Arbeitsschutz-



Richtlinien „Elektromagnetische Felder“ und „Künstliche optische Strahlung“.

*Teil 2: Herstellung und Benutzung richtlinienkonformer Maschinen (4. Auflage, November 2009)*

In diesem Band werden der Prozess der CE-Kennzeichnung und die für den Erwerb des CE-Zeichens erforderlichen typischen Maßnahmen beschrieben. „CE“ steht hierbei für „Conformité Européenne“, also „europäische Konformität“. Besprochen werden u. a. Anforderungen an Verriegelungseinrichtungen, an automatisierte Anlagen, an Maßnahmen zur Maschinenverketzung und typische Fehler sowie Sicherheitsmängel an Maschinen und Anlagen.



*Teil 3: Risikobeurteilung und Sicherheitskonzept – Anleitung für die praktische Durchführung (4. Auflage, November 2009)*

Es wird das gesamte Verfahren der Risikobeurteilung beschrieben, einschließlich der Vorgehensweise bei einer Gefahrenanalyse. Behandelt werden Fragen wie: „Wer muss Risikobeurteilungen durchführen?“, „Wie werden Gefährdungen identifiziert?“, „Was ist bei Maßnahmen zur Risikominderung zu beachten?“ oder „Wie müssen Ergebnisse dokumentiert werden?“ Darüber hinaus wird eine praktische Anleitung zur Durchführung einer Risikobeurteilung gegeben sowie ein Musterbeispiel mit Sicherheits- und Bedienungskonzept in Form einer Nachweisdokumentation gezeigt. Für die Durchführung von Risikobeurteilungen stellt der Verlag Arbeitsunterlagen zur Verfügung (Gefährdungs-Checkliste, Schutzmaßnahmen, Maßnahmenblätter, Sicherheits-Checkliste), die im Anhang des Bandes beschrieben sind.



*Teil 4: Sicherheitsrelevante Steuerungen (2. Auflage, Oktober 2011)*

Die Verfasser wollen dabei unterstützen, richtlinienkonforme Maschinen- und Anlagensteuerungen zu bauen, die den nationalen und europäischen Sicherheitsvorgaben entsprechen. Dargelegt werden die Anforderungen relevanter Richtlinien und Normen an die sicherheitsgerechte Auslegung von Maschinensteuerungen (Maschinenrichtlinie, EMV-Richtlinie, Niederspannungsrichtlinie). Zudem wird ein Überblick über weitere möglicherweise relevante Richtlinien gegeben. Der Aufbau erfolgt nach einer Schritt-für-Schritt-Anleitung, um für die Konstruktion und den Maschinenbau anhand konkreter Maßnahmen die Sicherung eines angestrebten „Performance Levels“ aufzuzeigen. Hierunter wird ein Konzept verstanden, um durch die Verknüpfung verschiedener Maßnahmen ein maximal tolerierbares Ausfall- und Gefährdungs- bzw. Verletzungsrisiko sicherzustellen. Ein Anwendungsbeispiel für eine mit einem Automatisierungsgerät realisierte



Stellungsüberwachung für eine bewegliche Schutzeinrichtung erklärt Schritt für Schritt das eingeführte Verfahren.

*Teil 5: Die neue EG-Maschinenrichtlinie (inklusive CD) (1. Auflage, Januar 2010)*

Es wird eine ausführliche Kommentierung und Erläuterung der Maschinenrichtlinie von 2006 und der Maschinenverordnung vorgestellt. In den einzelnen Kapiteln werden u. a. Anwendungsbereich und Begriffe definiert, die Voraussetzungen für das Inverkehrbringen und Inbetriebnehmen vollständiger und unvollständiger Maschinen vorgestellt und Handlungshilfen besprochen. Auf der beiliegenden CD-ROM finden sich u. a. die Originaltexte der aktuellen Maschinenrichtlinie und Maschinenverordnung.



Für Ausbildung und Unterricht in den industriellen Elektro- und Metallberufen sind Fragen der Maschinen- und Anlagensicherheit in praktisch allen Lernfeldern von großer Bedeutung. Beruflicher Unterricht, der Lernsituationen mit Bezug auf die Konstruktion von oder die Produktion mit Maschinen und Anlagen thematisiert, ist generell auch auf Fragen der Maschinen- und Anlagensicherheit verwiesen. Selbstverständlich gilt dies auch für die Facharbeit in Bereichen wie Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen.

Für die angehenden Fachkräfte ist von besonderer Bedeutung, dass einzelne Sicherheitsaspekte im Unterricht nicht isoliert behandelt werden, sondern dass immer auch ein Bezug zu den dahinter stehenden Regelungen hergestellt wird. Auszubildende benötigen einen Überblick und exemplarische einführende Kenntnisse über Fragen der Maschinen- und Anlagensicherheit, die sie in der späteren beruflichen Praxis zielgerichtet und selbstständig unter Nutzung der hierfür zur Verfügung stehenden Informationsquellen vertiefen und ausbauen können. Für die in Entwicklung und Konstruktion beschäftigten Fachkräfte, beispielsweise zukünftigen Absolventinnen und Absolventen der Fachschulen für Technik, gehören die hier beschriebenen Aspekte ohnehin zu den unmittelbar in der Techniker Ausbildung geforderten Kenntnissen und Fähigkeiten.

Insgesamt handelt es sich um eine anschaulich aufbereitete Schriftenreihe, die in den Berufsfeldern Elektro- und Metalltechnik in den Bestand der zur Verfügung stehenden Nachschlagewerke jeder Berufsschul- und Fachschulklasse gehören sollte.

*Klaus Jenewein*

**NINA FISCHER/AXEL GRIMM (Hrsg.): Lernen und Lehren in der beruflichen Bildung. Professionalisierung im Spannungsfeld von Hochschule und Schule. Peter Lang Verlag der Wissenschaften Frankfurt am Main u. a. 2011, 295 Seiten, ISBN 978-3-631-61645-1, 44,80 Euro**

Aus Anlass des sechzigsten Geburtstags von FRIEDHELM SCHÜTTE haben die Herausgeber Beiträge aus unterschiedlichen Fachrichtungen zusammengetragen, um die Verdienste des Berufspädagogen und Fachdidaktikers zu würdigen. Nach einer Einleitung durch die Herausgeber und einer kurzen Vita des Gewürdigten sind die sechzehn Beiträge in vier thematische „Bände“ gegliedert: Band I: historische Zugänge, Band II: allgemeine Berufspädagogik, Band III: Professionalisierung von Berufsschullehrer/-innen; Band IV: Fachdidaktik.



Zum ersten Band sind drei historisch-berufspädagogische Aufsätze zusammengefasst. WOLF-DIETRICH-GREINERT fokussiert die „Gleichstellung von ‚allgemeiner‘ und ‚beruflicher Bildung‘ (als) ein Dauerthema der deutschen Bildungspolitik“. Die „Fachschulen für Technik“ mit ihrer „Entwicklung von zweigliedrigen zu eingliedrigen Weiterbildungseinrichtungen“ von ihrer Gründungsphase im 17. Jahrhundert bis heute werden von JÖRG-PETER PAHL skizziert. VOLKMAR HERKNER erörtert die „Diskussion über die Ausbildung von Lehrkräften an berufsbildenden Schulen in der Weimarer Republik“, indem er die Auseinandersetzung zwischen Befürwortern einer grundständigen akademischen Ausbildung und denjenigen, die den Handwerksmeister für eine geeignete Lehrperson hielten, rekonstruiert.

Im zweiten Band sind vier berufspädagogische Beiträge verankert. RITA MEYER geht mit der „Prozessorientierung und Organisationsentwicklung als professionelle Anforderung für das Personal in der Berufsbildung“ auf die „Neubewertung von Fachlichkeit“ ein, die in der Diskussion über den Wandel und das Verständnis berufspädagogischen Handelns eine zentrale Rolle spielt. KARL DÜSSELDORF spricht bereits mit dem Titel „Die ‚neue‘ Hochschule in Deutschland als ‚neue‘ Arbeitsumgebung. Bilanz eines Fehlstarts?“ die Problematik vielschichtiger Veränderungen an, derer sich Hochschulen im Zuge z. B. des Bologna-Prozesses heute widmen müssen. SANDRA BOHLINGER fordert in ihrem Text „Der alte Streit um Kompetenz und Performanz: Was die Berufs- und Wirtschaftspädagogik von anderen Disziplinen lernen kann“ eine interdisziplinäre Herangehensweise an berufspädagogisch verankerte Begriffe. Schließlich fragt KIRSTEN LEHMKUHL „Packed with pride“ – Wirklich? Zur Instrumentalisierung des Subjekts im Arbeitsleben“.

Der dritte Band besteht aus sechs Beiträgen. WOLFGANG LEMPERT geht mit dem provokanten Titel „Professionalisierung des berufspädagogischen Studiums – ein veraltetes Desiderat?“ der Frage nach, was sich seit dem Bologna-Prozess für Studenten und Professoren der Berufspädagogik an deutschen Hochschulen verändert hat. Einen spezifischeren Beitrag mit einem adäquaten Blickwinkel

bringt MICHAEL MARTIN ein, indem er den Lehramtsstudiengang im Berufsfeld Agrarwirtschaft an der TU/HU Berlin vorstellt und Ansätze für den Quereinstieg in das Masterstudium beschreibt. JOHANNES MEYSER stellt die „Bezüge der Beruflichen Fachdidaktik Bautechnik im Lehramtsstudium an der Technischen Universität Berlin“ vor. Er beschreibt ein Modul, in dem fachwissenschaftliche und didaktische Inhalte sowie praktisches Arbeiten von Studenten miteinander verschränkt werden. WERNER KUHLMAYER geht in einem Projekt an der Universität Hamburg der Frage nach, ob „Berufsorientierung eine Aufgabe für Berufspädagogen“ ist. Den „Aufbau und (die) Struktur des Servicezentrums Lehrerbildung an der Technischen Universität Berlin“ stellt HELMUT MEHNERT dar. Schließlich erläutert NINA FISCHER in ihrem Aufsatz „Beratung als Instrument der Professionalisierung von Lehrkräften berufsbildender Schulen“ die zunehmenden pädagogischen Anforderungen an Berufsschullehrer. Sie sieht in der Beratung eine Möglichkeit der Fortbildung von Lehr- und Führungskräften als Weiterentwicklung der Schule auf allen Ebenen.

Der vierte Band enthält drei Beiträge zur Fachdidaktik. STEFAN WOLF widmet sich dem Berufsfeld Metall und der Berufsbildung für eine nachhaltige Entwicklung. Er beschreibt Schwierigkeiten und Chancen bei der Implementierung der Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung in die betriebliche und schulische Realität im Berufsfeld Metalltechnik. AXEL GRIMM gibt einen Einblick in die „Planungsmerkmale von kompetenzorientiertem Berufsschulunterricht“. In seinem Beitrag stellt er die These auf, dass mit Einzug kompetenzorientierter Unterrichtsentwürfe bei Referendaren die „Didaktik im engeren Sinn“ an Bedeutung verloren hat und es gegenüber traditionellen Planungen z. B. zu höheren Kompetenzanforderungen an die Schüler kommt. Den Abschluss bestreitet FRANZ HORLACHER mit seinem Beitrag über Ernährungsbildung.

Die Beiträge geben nicht zuletzt aufgrund der Quellenvielfalt zahlreiche Anregungen zu weiterführenden Betrachtungen und sind daher besonders für das Hochschulstudium geeignet. NINA FISCHER und AXEL GRIMM haben einen interessanten Sammelband vorgelegt, in dem überwiegend Autoren zu Wort kommen, die auch an der TU Berlin gewirkt haben bzw. gegenwärtig dort noch wirken (wobei ein Autorenverzeichnis leider fehlt). Dieser Umstand rückt die Texte für die Leser „näher“ an FRIEDHELM SCHÜTTE heran, verdeutlicht seine Forschungsvielfalt und spiegelt sein berufliches Schaffen wieder. Wenn der gemeinsame Autorenhintergrund ausgeblendet wird, wirken die Aufsätze indes wahllos aneinandergereiht. Leitgedanke des Sammelbandes ist schließlich die Vita des Gewürdigten selbst, die den Titel am Besten widerspiegelt.

*Matthias Schönbeck*

**MITGLIEDERVERSAMMLUNG 2013****DER BAG ELEKTROTECHNIK-INFORMATIK**

*Sehr geehrtes Mitglied der Bundesarbeitsgemeinschaft für Elektrotechnik-Informatik,*

hiermit lade ich Sie herzlich zur Mitgliederversammlung der BAG ein, die im Rahmen der Fachtagung F08.1 Elektrotechnik und Informationstechnik während der Hochschultage 2013 in Essen stattfinden wird.

**Zeit: Mittwoch, 13. März 2013, 18:15 Uhr Ort: Universität Duisburg-Essen** (Genauere Adresse und Raum werden im Tagungsprogramm bekanntgegeben)

Folgende Tagesordnung ist geplant:

1. Formalia
2. Wahl des Protokollführers
3. Auflösung der BAG Elektrotechnik-Informatik e. V. /Bestellung der Liquidatoren
4. Verschiedenes

Mit freundlichen Grüßen

*Prof. Dr. Falk Howe*

Erster Vorsitzender der BAG Elektrotechnik-Informatik e. V.

**MITGLIEDERVERSAMMLUNG 2013****DER BAG METALLTECHNIK**

*Sehr geehrtes Mitglied der Bundesarbeitsgemeinschaft für Metalltechnik,*

hiermit lade ich Sie herzlich zur Mitgliederversammlung der BAG ein, die im Rahmen der Fachtagung F08.2 Metalltechnik und Fahrzeugtechnik während der Hochschultage 2013 in Essen stattfinden wird.

**Zeit: Mittwoch, 13. März 2013, 18:15 Uhr Ort: Universität Duisburg-Essen** (Genauere Adresse und Raum werden im Tagungsprogramm bekanntgegeben)

Folgende Tagesordnung ist geplant:

1. Formalia
2. Wahl des Protokollführers
3. Auflösung der BAG Metalltechnik e. V. /Bestellung der Liquidatoren
4. Verschiedenes

Mit freundlichen Grüßen

*Ulrich Schwenger*

Erster Vorsitzender der BAG Metalltechnik e. V.

**MITGLIEDERVERSAMMLUNG 2013 DER BAG ELEKTRO-, INFORMATIONEN-, METALL- UND FAHRZEUGTECHNIK**

*Sehr geehrtes Mitglied der Bundesarbeitsgemeinschaften für Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik,*

ich lade Sie herzlich zur Mitgliederversammlung der Bundesarbeitsgemeinschaften ein, die im Rahmen der Fachtagung F08.1/2 auf den Hochschultagen 2013 in Essen stattfinden wird.

**Zeit: Mittwoch, 13. März 2013, 18:30 Uhr Ort: Universität Duisburg-Essen** (Genauere Adresse und Raum werden im Tagungsprogramm bekanntgegeben)

Folgende Tagesordnung ist geplant:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Formalia   | 5. Entlastung des Vorstandes   |
| 2. Wahl des Protokollführers                            | 6. Neuwahl des Vorstandes, Bestellung besonderer Vertreter (gem. § 6) u. Wahl der Beiräte      |
| 3. Grundsätze der Tätigkeit und Bericht des Vorstandes  | 7. Entwicklung u. Zukunft der BAG Elektro-, Informations-, Metall- u. Fahrzeugtechnik, Anträge |
| 4. Bericht des Schatzmeisters, Bericht der Kassenprüfer | 8. Verschiedenes   |

Ich würde mich freuen, wenn Sie an der Versammlung teilnehmen und unsere Arbeit durch Ihren Beitrag bereichern würden.

Mit freundlichen Grüßen

*Ulrich Schwenger*

Erster Vorsitzender der BAG Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.

# Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

**GEFFERT, REINHARD**

Dipl.-Berufspäd., Dipl.-Ing. (FH), Studiendirektor für Automatisierungstechnik, Fachbereichsleiter Elektrotechnik, Leo-Symphor-Berufskolleg Minden, r.geffert@t-online.de

**GERMANN, MICHAEL**

Dr., Studienrat, Oberstufenzentrum Teltow-Fläming Wildau, germanne@t-online.de

**HÄFNER, PETER**

Dipl.-Ing. (FH), Produktmanager bei Festo Didactic in Denkendorf, verantwortlich für die Bereiche Pneumatik und Hydraulik, hafn@de.festo.com

**HERKNER, VOLKMAR**

Prof. Dr., Hochschullehrer, Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat), volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de

**JENEWEIN, KLAUS**

Prof. Dr., Hochschullehrer, Otto-von-Guericke-Universität, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik (IBBP), Magdeburg, klaus.jenewein@ovgu.de

**KROYS, ALEXANDER**

Dipl.-Ing.-Inf., Projektleiter, Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, alexander.kroys@iff.fraunhofer.de

**LANGE, ANDREA**

Dipl.-Ing. Verfahrenstechnik, Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Seniorberaterin, Berufsforschungs- und Beratungsinstitut für interdisziplinäre Technikgestaltung e. V., Bochum, andrea.lange@bit-bochum.de

**SCHMIDT, FRANK**

Leiter Normen-, Gremien- und Verbandsarbeit, K. A. Schmersal GmbH Wuppertal, fschmidt@schmersal.com

**SCHÖNBECK, MATTHIAS**

Prof. Dr., Fachhochschule Koblenz, Konrad-Zuse-Str. 1, 56075 Koblenz, schoenbeck@hs-koblenz.de

**SZYMANSKI, HANS**

Dipl.-Ing., Vorsitzender des Vorstands, Berufsforschungs- und Beratungsinstitut für interdisziplinäre Technikgestaltung e. V., Bochum, hans.szymanski@bit-bochum.de

**TÄRRE, MICHAEL**

Studienrat Dr., Lehrer an den Berufsbildenden Schulen Neustadt a. Rbge., michael.taerre@ifbe.uni-hannover.de

**TERMATH, WILHELM**

Dipl.-Päd., Mitglied des Vorstands, Berufsforschungs- und Beratungsinstitut für interdisziplinäre Technikgestaltung e. V., Bochum, wilhelm.termath@bit-bochum.de

# Impressum

„lernen & lehren“ erscheint in Zusammenarbeit mit den Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik e. V.

[www.lernenundlehren.de](http://www.lernenundlehren.de)

Herausgeber

Klaus Jenewein (Magdeburg), Jörg-Peter Pahl (Dresden),  
A. Willi Petersen (Flensburg), Georg Spöttl (Bremen)

Beirat

Josef Berghammer (München), Falk Howe (Bremen), Claudia Kalisch (Rostock), Rolf Katzenmeyer (Dillenburg), Manfred Marwede (Neumünster), Rainer Petersen (Hamburg), Peter Röben (Heidelberg), Reiner Schlausch (Flensburg), Friedhelm Schütte (Berlin), Ulrich Schwenger (Köln), Thomas Vollmer (Hamburg), Andreas Weiner (Hannover)

Heftbetreuer

Klaus Jenewein (Magdeburg)/Reinhard Geffert (Porta Westfalica)

Titelbild

Klicker/PIXELIO

Schriftleitung (V. i. S. d. P.)

lernen & lehren

c/o Prof. Dr. Volkmar Herkner

Universität Flensburg, biat, Auf dem Campus 1,

24943 Flensburg, Tel.: 04 61/8 05-21 53

E-Mail: [volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de](mailto:volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de)

c/o StR Dr. Michael Tärre

Rehbockstr. 7, 30167 Hannover

Tel.: 05 11/7 10 09 23

E-Mail: [michael\\_taerre@hotmail.com](mailto:michael_taerre@hotmail.com)

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an eine der obenstehenden Adressen.

Layout/Gestaltung

Brigitte Schweckendieck/Winnie Mahrin

Unterstützung im Lektorat

Andreas Weiner (Hannover)

Verlag, Vertrieb und Gesamtherstellung

Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG

Postfach 15 59 • 38285 Wolfenbüttel

Als Mitglied einer BAG wenden Sie sich bei Vertriebsfragen (z. B. Adressänderungen) bitte stets an die Geschäftsstelle, alle anderen wenden sich bitte direkt an den Verlag.

Geschäftsstelle der BAG Elektro-, Informations-, Metall- und Fahrzeugtechnik

c/o ITB – Institut Technik und Bildung der Universität Bremen

Am Fallturm 1 • 28359 Bremen

[kontakt@bag-elektrometall.de](mailto:kontakt@bag-elektrometall.de)

ISSN 0940-7340

ADRESSAUFKLEBER

**BAG**

[WWW.BAG-ELEKTROMETALL.DE](http://WWW.BAG-ELEKTROMETALL.DE)  
[KONTAKT@BAG-ELEKTROMETALL.DE](mailto:KONTAKT@BAG-ELEKTROMETALL.DE)