

# Die grünen Seiten für die Aus- und Weiterbildung

## Situationsaufgabe: Maschinensteuerung defekt

### Teil 2: Fehlersuche

Jörg-Rainer Wurdak

**Sven Meisterlich, Elektrotechnikermeister und Inhaber von Universalelektro, erhielt von Supermetall den Auftrag, die defekte Oberflächenbeschichtungsanlage zu reparieren. Der Meister will mit Detlef Denker, einem seiner Gesellen, den Fehler aufspüren und danach die Reparatur organisieren.**

Di., 9.00 Uhr. *Sven Meisterlich* und *Detlef Denker* stehen vor der Oberflächenbeschichtungsanlage. *Ingo Isenstein*, Geschäftsführer von Supermetall, kommt auf die beiden zu und berichtet, dass er doch noch Stromlaufpläne und Schaltteillisten von der Anlage gefunden hat: »Die Unterlagen entsprechen möglicherweise nicht ganz der Norm, doch vielleicht können Sie ja damit etwas anfangen.« *Sven* nimmt die Unterlagen zur Hand und vergleicht sie mit dem, was er beim geöffneten Aufbauehäuse sieht (Bild 2). Drei Schmelzsicherungen dienen als Hauptsicherungen vor dem Anlagenhauptschalter, der auch Not-Aus-Funktion hat. Ebenfalls im Aufbauehäuse befinden sich Motorschutzschalter für zwei Motoren (Antrieb für Sprühvorrichtung und Antrieb für Rollengang zum Transport der Werkstücke). Die Antriebssteuerung für den Rollengang ist als zweite Wendeschützschaltung ausgeführt. Damit werden insgesamt vier Leistungsschütze benötigt, was die Pläne bestätigen. Ein Steuertransformator versorgt die Schaltung für beide Motorsteuerungen. »Alles in allem eine ziemlich komplexe Sache. Wir müssen hier mehr Übersicht reinbringen, bevor die eigentliche Fehlersuche losgeht. Sonst verzetteln wir uns zu stark«, sagt der Meister zu seinem Gesellen.

### Aufbereiten der Unterlagen

Weil der Meister den Fehler im Steuerstromkreis vermutet, will er ihn vorrangig betrachten. Und so vergleichen beide die eingebauten Betriebsmittel mit den im entsprechenden Plan darge-

Dipl.-Ing. *Jörg-Rainer Wurdak* arbeitet als Fachlehrer am Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik (bfe) in Oldenburg

Fortsetzung aus »de« 3/2004

# Gig

Inhalt 4/2004

- 81 Automatisierungstechnik  
Situationsaufgabe:  
Maschinensteuerung  
defekt [ 2 ]
- 85 Elektroinstallation  
Brandverhalten von  
Kabeln und Leitungen
- 86 Technisches Englisch  
Keeping an eye on fatigue  
in wind turbines
- 87 Automatisierungstechnik  
Koppelrelais in  
der Anwendung [ 6 ]

stellten Schaltgeräten und Leuchtmeldern. Da die Betriebsmittelkennzeichnung im Aufbauehäuse kaum noch leserlich und nicht mehr ganz vollständig ist, legt *Sven* für Schütze sowie Leuchtmelder die neuen Bezeichnungen nach DIN EN 61336-2 fest (Bild 6, Tabelle 4). Diesen Aufwand nimmt *Sven* in Kauf, um für die späteren Wartungsarbeiten gut gerüstet zu sein.

*Sven* zieht seinen ersten Entwurf vom Technologieschema der Oberflächenbeschichtungsanlage aus seiner Mappe (Bild 1), das er nun mit weiteren, für die Funktion wichtigen Betriebsmitteln ergänzt (Bild 7). Damit schafft er sich einen Unterlegsatz, der das Nachvollziehen der Funktion der Anlagensteuerung erleichtert.

### Ausschließen eines Fehlers im Hauptstromkreis

Bevor sich *Sven* endgültig der Steuerung zuwendet, will er noch ganz sichergehen, dass die Spannungsversorgung im Hauptstromkreis zur Ansteuerung des Wendeantriebsmotors M1 für beide Drehrichtungen richtig funktioniert (Bild 4). Schließlich hatte sein anderer Geselle bei der ersten Anlagenbesichtigung nur die Linksbewegung in die Grundposition getestet. Er bittet *Jochen Justier*, Maschineneinrichter bei Supermetall, ihm bei ausgeschalteter Anlage beim Positionieren der Sprühvorrichtung zwischen die Endtaster S13 und S14 zu hel-

### DIE HAUPTDARSTELLER

*Sven Meisterlich* (li.) ist seit einem knappen Jahr Elektrotechnikermeister und übernahm von Altmeister *Klugschnak* (re.) die Fa. Universalelektro. *Klugschnak* ist noch an der Firma beteiligt und redet deshalb gelegentlich ein Wörtchen mit. *Sven* beschäftigt die Gesellen *Harald Hurtig* (2. v. re.) und *Detlef Denker* (3. v. re.). *Susi Prachtvohl* (Mi.) hilft im Büro stundenweise mit. *Svens* junges Unternehmen läuft.



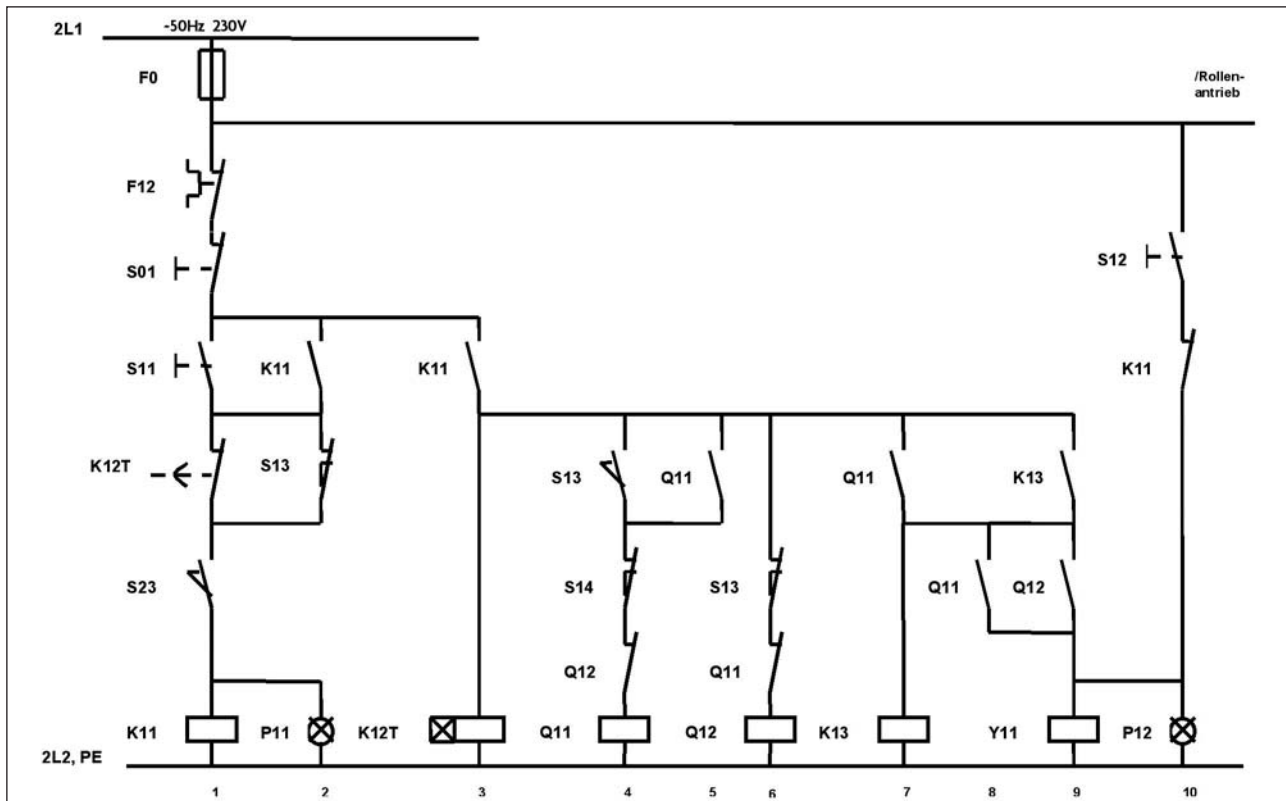


Bild 6: Stromlaufplan des Steuerstromkreises der Oberflächenbeschichtungsanlage

fen. Damit im eventuell fehlerhaften Steuerstromkreis nichts Unvorhersehbares passiert, schaltet ihn der Elektromeister spannungsfrei, und zwar durch Entfernen der Steuersicherung F0. Nun schaltet er die Netzspannung zu und tippt abwechselnd mit dem Finger auf die Kontaktsätze der Schütze Q11 und Q12, während Detlef Denker die Bewegung der Sprühhvorrichtung beobachtet. Sie bewegt sich funktionsgerecht nach rechts oder links. »Das klappt ja gut«, sagt der Elektromeister zu seinem Gesellen.

### Klärung der Steuerfunktionen bei ungestörtem Betrieb

Nach diesem ersten Erfolgserlebnis lassen sich die beiden Elektrofachleute vom Maschineneinrichter grob die Steuerfunktionen bei ungestörtem Betrieb beschreiben. Das ist für die Fehlersuche sehr wichtig. Dabei helfen ihnen auch die gerade aufbereiteten Unterlagen:

- Nach dem Einschalten des Anlagenhauptschalters ist die Oberflächenbeschichtungsanlage für den üblichen Automatikbetrieb bereit.
- Befindet sich ein Werkstück in der richtigen Position (S23 schließt), startet der Wendeantrieb mit Sprühhvorrichtung beim Betätigen des Ein-Tasters S11 aus der Grundposition. Sollte die Sprühhvorrichtung nicht in der Grundposition sein, fährt sie zunächst in die Grundposition, d.h., ohne zu beschichten. Aus der Grundposition heraus pendelt sie dann über dem Werkstück mehrmals zwischen den Grenzrastern S13 und S14 automatisch hin und her, und zwar gemäß der

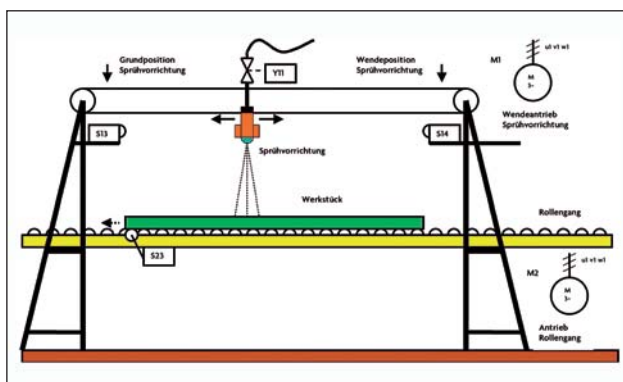


Bild 7: Komplettes Technologieschema der Oberflächenbeschichtungsanlage

### Schalteilliste Steuerung

F0	Kurzschlusschutz Steuerstromkreis
F12	Hilfskontakt Motorschutzschalter von M1
S01	Stopp-Taster Sprühbeschichtung
S11	Ein-Taster Sprühbeschichtung
S12	Taster für Tippbetrieb Magnetventil Sprühdüse
S13	Grenztaster Grundposition (links)
S14	Grenztaster Wendeposition (rechts)
S23	Positionsschalter am Rollengang für Werkstück
K11	Hilfsschütz Ein
K12T	Zeitrelais für Sprühbeschichtungsdauer
K13	Hilfsschütz Magnetventil Sprühdüse
Q11	Leistungsschütz Rechtslauf M1
Q12	Leistungsschütz Linkslauf M1
Y11	Magnetventil Sprühdüse
P11	Leuchtmelder »Pendelautomatik ein«
P12	Leuchtmelder »Sprühen ein«

Tabelle 4: Kennzeichnung und Funktion bzw. Aufgabe der Betriebsmittel der Steuerung

### Funktionsgruppen der Steuerung

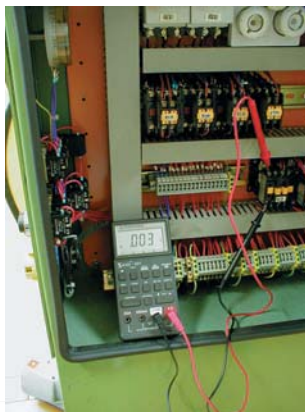
Lfd. Nr.	Ort	Funktion/Aufgabe
1	Strompfad 1, 2	Speicherung des Ein-Befehls mit Selbsthaltung K11; Anzeige »Pendelautomatik ein«
2	Strompfad 3	Folgeschaltung von K11 und Ansteuerung anzugverzögertes Zeitrelais K12T
3	Strompfad 4, 5	Ansteuerung Q11 (Rechtslauf zur Wendeposition) mit Selbsthaltung und Schützverriegelung von Q12
4	Strompfad 6	Ansteuerung Q12 (Linkslauf zur Grundposition) und Schützverriegelung von Q11
5	Strompfad 7, 8, 9	Ansteuerung Y11 über K13 und Q11 bzw. Q12 während des automatischen Wendebetriebs
6	Strompfad 10	Ansteuerung Y11 über S12 bei abgeschaltetem automatischem Wendebetrieb; Anzeige »Sprühen ein«

**Tabelle 5: Das Einteilen der Steuerung in Funktionsgruppen sorgt für Übersichtlichkeit**

an K12T eingestellten Beschichtungszeit. S14 lässt sich entsprechend der Werkstücklänge justieren. Während des Pendelns wird die Schutzemulsion in mehreren Schichten auf die Werkstückoberfläche gesprüht. Nach Ablauf der eingestellten Beschichtungszeit fährt die Sprühhvorrichtung in die Grundposition und bleibt dort stehen. Erst jetzt hört die Beschichtung auf. So erreicht man eine gleichmäßige Schichtdicke auf der Werkstückoberfläche.

- Der Stopp-Taster S01 hält bei Störfällen den Wendebetrieb und die Beschichtung sofort an beliebiger Stelle an.
- Beim Einrichten der Maschine aktiviert der Taster S12 im Tippbetrieb das Magnetventil Y11 für die Sprühdüse der Sprühhvorrichtung – allerdings nur bei nicht eingeschaltetem Automatikbetrieb.
- Die Leuchtmelder P11 und P12 zeigen die Betriebszustände »Pendelautomatik ein« bzw. »Sprühen ein« an.

Schließlich bemängelt der Maschineneinrichter, dass er beim Einrichten der Maschine den Wendeantrieb – der Sprühhvorrichtung nicht von Hand betätigen kann. »Das werde ich mir merken, doch zunächst haben wir die fehlerhafte Anlage wieder in Gang zu setzen«, entgegnet der Elektromeister.



**Bild 8: Fehlersuche im Steuerstromkreis**

### Funktionelle Gliederung des Steuerstromkreises

»Bevor wir wie wild in der Steuerung herumrutschen, sollten wir die Schaltung des Steuerstromkreises in einzelne Funktionsgruppen einteilen. Dann können wir den Fehler viel systematischer finden«, sagt der Elektromeister zu sei-

nem Gesellen. Sie analysieren also gemeinsam die Schaltung und halten das Ergebnis fest (Tabelle 5). Dabei erkennen sie auch die Prinzipien einer Wendeschützsteuerung wieder. Die direkte Umschaltung übernehmen die Grenzaster S13 und S14. Eine Tasterverriegelung ist nicht vorhanden, da die Anlage nicht von Hand bedient wird und die Grenzaster normalerweise nicht gleichzeitig betätigt sein können. Die Schützverriegelung übernimmt neben ihrer Sicherheitsfunktion auch Steueraufgaben. Wenn z. B. im Strompfad 4 der Wendeposition-Endtaster S14 öffnet und damit Q11 (Rechtslauf) abschaltet, schließt sich im Strompfad 6 der Öffner von Q11 (Schützverriegelung) und schaltet damit automatisch den Linkslauf ein – schließlich ist S13 nicht betätigt.



**Bild 9: Positionsschalter mit Rollenhebel**

### Überprüfung der Funktionsgruppen 1 und 2

Di., 11.00 Uhr. Detlef Denker steht zur weiteren Fehlersuche vor der Anlage. Die Sprühhvorrichtung befindet sich noch zwischen den Endastern S13 und S14, wo sie nach dem Funktionstest des Hauptstromkreises stehen geblieben war. Der Elektromeister setzt die Sicherung F0 wieder ein.

Als Erstes will Detlef die Funktionsgruppe 1 überprüfen. Dazu betätigt er den Anlagenauptschalter und dann den Ein-Taster S11. Jetzt müsste die Sprühhvorrichtung in die Grundposition fahren – genau wie gestern beim ersten Test seine Kollegen Harald. Aber nichts passiert. Noch nicht einmal der Leuchtmelder P11 zeigt »Pendelautomatik ein« an. »Was ist denn nun wieder los?«, brummt Detlef. Er erklärt dem hinzukommenden Elektromeister, dass K11 beim Betätigen des Ein-Tasters S11 nicht anzieht. Detlef überprüft mit seinem Multimeter die Steuerspannung – mit 228 V AC liegt sie im zulässigen Toleranzbereich. Nun führt der Geselle die Messspitzen an die Spulenanschlüsse von K11 (Bild 8). Dabei betätigt Sven den Ein-Taster S11. Das Resultat: Keine Steuerspannung an der Schützspule. Der Elektromeister schaut in den Stromlaufplan und dann zur Anlage auf den Rollengang: »Wir sind schon Experten, da liegt ja gar kein Werkstück mehr auf dem Rollengang.« Er erklärt seinem Gesellen anhand des Stromlaufplanes, dass die Steuerspannung nur bei Betätigung des Positionsschalters S23 (Bild 9) an der Schützspule liegt. Sven holt eine geeignete Stahlplatte und legt sie so auf den Rollengang, dass sie den Rollenhebel von S23 herunterdrückt. Jetzt lässt sich K11 einschalten, und P11 leuchtet auf. Die Sprühhvorrichtung fährt wie erwartet in die Grundposition und bleibt stehen. Nach Ablauf der eingestellten Beschichtungszeit am anzugverzögerten Zeitrelais K12T fällt K11 ab und P11 erlischt. »Damit funktioniert das Ausschalten von K11 über K12T. Der Endtaster S13 arbeitet ebenfalls richtig, sonst hätte K11 nicht abgeschaltet«, stellt Detlef fest und testet noch, ob der Stopp-Taster S01 auch rich-



tig arbeitet. Das Ausschalten von K11 klappt erwartungsgemäß. »Die ersten beiden Funktionsgruppen sind in Ordnung«, sagt der Geselle zum Meister.



**Bild 10: Betätigter verschmutzter Grenztaster in der Anlage**

### Überprüfung der Funktionsgruppe 3

Di., 11.30 Uhr. »Ich glaube nach wie vor, dass wir es mit einem defekten Leistungsschütz zu tun haben, vermutlich Q11«, sagt der Elektromeister. Fest steht: Nach dem Anziehen von K11 fährt die Sprühvorrichtung nicht aus der Grundposition heraus. Sven blickt auf den Strompfad 4 und sagt: »Bestimmt ist die Schützspule durchgebrannt.« Sein Geselle greift die Idee auf, misst mit dem Multimeter über der Schützspule 0 V und sagt: »Weil F0 nicht anspricht, dürfte ein Kurzschluss ausgeschlossen sein. Ich vermute vielmehr, dass die Spule gar nicht angesteuert wird.« Sie beschließen, den Fehler in der Spulenansteuerung zu suchen. Beide kommen zum Ergebnis, dass eigentlich nur noch zwei Möglichkeiten bleiben:

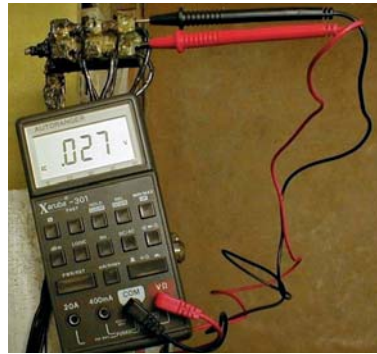
- Entweder hat Q12 nicht geschlossen, der Öffner hängt also, (die Schützverriegelung wirkt) oder
- der Grenztaster S14 ist nach der Betätigung nicht mehr in die Ruhstellung zurückgefallen und sein Öffner im Strompfad 4 offen geblieben.

Detlef Denker überprüft gleich die erste Möglichkeit mit dem Multimeter ( $\Omega$ -Messbereich), und zwar kontrolliert er bei abgeschalteter Steuerspannung den Öffnerkontakt von Q12 auf Durchgang. Der Piepser für niederohmigen Durchgang spricht an. »Q12 ist in Ordnung«, sagt er zum Meister.

Die Prüfung des Grenztasters S14 gestaltet sich etwas komplizierter, da S14 außerhalb des Steuerungsgehäuses liegt und schlecht zugänglich ist. Darüber hinaus gibt es keinen Belegungsplan der Klemmleisten, auf denen die Anschlussleitungen der Grenztaster aufliegen.

Sven gibt ihm einen Tipp: »Prüfe doch auf Durchgang zwischen Schließer von Q11 im Strompfad 5 und Öffner von Q12 im Strompfad 4. Das müsstest du leichter finden. Schließlich sind die Schütze bezeichnet.« Detlef folgt dem Ratschlag seines Chefs und misst auch hier Durchgang. »Verflixt, warum zieht denn dieses blöde Schütz Q11 nicht an?«, flucht der Elektromeister. »Entweder haben wir irgendwo im Strompfad einen Drahtbruch oder dieser Grenztaster S13 hat doch eine Macke«, versucht der Geselle seinen Chef zu beruhigen. Beim Mittagessen wollen sich beide das weitere Vorgehen überlegen.

Di., 13.00 Uhr. Der Elektromeister will einen weiteren Test starten. Dazu schaltet er die Spannungen zu, kontrolliert, ob sich niemand im Gefahrenbereich der Anlage befindet, und bittet den Maschineneinrichter, die Zuleitung vom Behälter mit der Sprühflüssigkeit zu sperren. Das soll – falls Y11 einschaltet – ein versehentliches Besprühen des Rollenganges verhindern. Mit S11 startet Sven die Anlage. Dann drückt er kurz auf den Kontaktsatz von Q11. Es macht klack, das Schütz zieht an, hält sich selbst und die Sprühvorrichtung fährt zur Wendeposition. Von da aus geht's wieder zurück und in die Grundposition, wo sie – wie gehabt – stecken bleibt. Der Elektromeister strahlt: »Na also, da haben wir es ja! Warum denn nicht gleich so. Detlef, du hast Recht. Beim Schließer von S13 oder seiner Anschlussleitung liegt



**Bild 11: Messung am demontierten Grenztaster S13**

der Fehler. Schauen wir uns gleich die Sache etwas näher an.«

Im Gestell der Anlage finden sie nach kurzem Suchen den etwas verbauten Grenztaster S13 für die Grundposition (Bild 10). »Ach du Schreck, wie sieht denn der aus? Total verdreht und verschmiert«, meint Detlef. »Mit dem Messgerät kommen wir da

schlecht ran. Zur Überprüfung der Kontakte und Zuleitungen sollten wir die Halterung abschrauben und den Grenztaster etwas herunterziehen«, schlägt der Elektromeister vor. Damit der Wendeantrieb nicht unkontrolliert in Betrieb geht, schaltet Sven den Motor M1 über seinen Motorschutzschalter ab. Dann bringt er S13 in eine günstige Messposition (Bild 11). Im unbetätigten Zustand stellen die beiden Folgendes fest:

- Beide Öffner von S13 sind geschlossen (Strompfad 2 und 6) und
- der Schließer ist offen (Strompfad 4).

Bei Betätigung von Hand merken sie, dass sich der Stößel nicht weit hineindrücken lässt. Das bedeutet, dass Schmutz und feine Späne mit verkrustetem Schmierfett in die Stößelführung gelangt sind und nun den Mechanismus blockieren. Das elastische Betätigungselement der Sprühvorrichtung konnte also den Taster nicht vollständig durchdrücken. In der Arbeitsstellung öffnen zwar die Öffnerkontakte, aber der Schließer schließt nicht. »Das verstehe ich nicht. Wenn die Öffner offen sind, muss doch der Schließer zu sein, oder?«, sagt der Geselle. »Den Zusammenhang erkläre ich dir später. Jetzt müssen wir erst mal Ersatz für den defekten Grenztaster besorgen, denn der lässt sich nicht mehr gebrauchen. Wir benötigen auch ein Modell mit einem höheren Schutzgrad. Der hier hat höchstens IP20. Ein Gehäuse mit Kabelverschraubung gehört unter diesen Einsatzbedingungen schon dazu. Die Steuerleitung kannst du nachsetzen und einschließlich Mantel ordentlich in das Gehäuse einführen«, sagt Sven zu seinem Gesellen.

Der Elektromeister meint, dass sich sein Geselle auch den Grenztaster S14 für die Wendeposition anschauen sollte: »Der funktioniert zwar, aber die Verdrahtung sieht sicher genauso schlimm aus. Wenn das Material eintrifft, baust du den neuen Grenztaster ein, bringst die Verdrahtung in Ordnung und nimmst die Anlage wieder in Betrieb«, lautet die Arbeitsanweisung.

Di., 13.30 Uhr. Sven ruft bei sich in der Firma an. Susi Prachtvohl ist am Apparat. Er gibt ihr folgenden Auftrag: »Susi, such doch mal bitte die Kataloge zur Automatisierungstechnik mit Schaltgeräten heraus. Wir müssen einen neuen Positionsschalter bzw. Grenztaster mit Zubehör besorgen. Detlef und ich kommen dann gleich vorbei. Wenn du willst, kannst du die entsprechenden Kapitel schon mal durchblättern. Du interessierst dich ja auch immer ein bisschen für die Technik, mit der wir uns befassen.«

Damit ist die Aktion Fehlersuche beendet. Der Elektromeister informiert noch Ingo Isenstein über den Stand der Dinge und sichert nach Eintreffen der Ersatzteile die sofortige Reparatur der Oberflächenbeschichtungsanlage zu.

(Fortsetzung folgt)

# Brandverhalten von Kabeln und Leitungen

E.-C. Reiff, H. Schubnell

**Brände in Gebäuden und technischen Anlagen führen häufig zu großen Schäden und Gefährdungen. Sicherlich lassen sie sich nicht generell verhindern, doch durch vorbeugende, dem Brandschutz dienende Maßnahmen kann das Gefahrenpotenzial für Menschen, Umwelt und Sachwerte auf ein Minimum reduziert werden. Halogenfreie Kabel und Leitungen können dazu erheblich beitragen. Sie senken das Risiko der Brandausbreitung, vermindern gleichzeitig die Rauchgasdichte und entwickeln auch bei Hitze einwirkung keine korrosiven Schadstoffe.**

Seit vielen Jahren dient Weich-PVC zum Isolieren und Ummanteln von Kabeln und Leitungen – auch deshalb, weil der Werkstoff PVC (Polyvinylchlorid) als »flamwidrig« gilt. Als flammwidrig werden Kabel bezeichnet, die nach dem Entfernen einer Zündflamme nur für sehr kurze Zeit und über eine geringe Strecke weiterbrennen und dann von selbst verlöschen. D.h., sie tragen nicht zur Brandausbreitung bei. Diese Eigenschaft verdanken sie dem Anteil an Halogenen. Chlor-, Fluor- und manchmal auch Brombestandteile und ihre Zersetzungsprodukte wirken brandhemmend.

## Rauchgase verursachen gravierende Folgeschäden

Zwar erzielt man durch die Verwendung von Halogenen eine hohe Flammwidrigkeit, erkaufte das jedoch mit einem großen Nachteil: Im Brandfall, also bei thermischer Einwirkung, spalten die Werkstoffe unter starker Rauchentwicklung korrosive und toxische Schadstoffe ab, z.B. Halogenwasserstoffe und organische Halogenverbindungen, u. a. auch Dioxine. Zusammen mit dem bei einem Brand immer entstehenden Wasserdampf bilden sich daraus Säuren, z.B. Fluss- und Salzsäure. Das Einatmen dieser Säuredämpfe reizt und verätzt die Atemwege. Schlägt sich der Dampf auf kühleren Oberflächen nieder, verursachen die Säuretröpfchen u.U. beträchtliche Sachschäden, z.B. auch an elektronischen Einrichtungen. Solche säurehaltigen Brandgase können auch zu Korrosionen führen, die selbst Stahlbeton zerstören. Ist deshalb z.B. ein Gebäude abzureißen, können die Brandfolgeschäden ohne weiteres ein Vielfaches der Kosten des eigentlichen Brandschadens erreichen.

M.A. Ellen-Christine Reiff, Redaktionsbüro Stutensee, und Dipl.-Ing. Helmuth Schubnell, Lütze

## Relevante VDE-Bestimmungen

Halogenfreiheit	VDE 0472 Teil 815, IEC 60 754
Brennverhalten	VDE 0482 Teil 265, IEC 60 332
Rauchgasdichte	VDE 0482 Teil 268
Korrosivität von Brandgasen	VDE 0482 Teil 267
Brandlast	VDE 0108

## Wichtige Normen für halogenfreie Kabel und Leitungen



Quelle: Lütze

**Bild 1: Sicherheit im Brandfall mit halogenfreien Leitungen; sie stehen heute in großer Auswahl zur Verfügung**

Verbinden sich Ruß und Säurepartikel, führt das zu einer starken Rauchentwicklung. Der Rauch behindert die Orientierung, begünstigt panisches Verhalten, erschwert die Lokalisierung des Brandherdes und damit auch die Löscharbeiten. Fachleute messen deshalb der Rauchentwicklung während eines Feuers größere Bedeutung zu als der Wärmeentwicklung.

## Sicherheit im Brandfall mit halogenfreien Leitungen

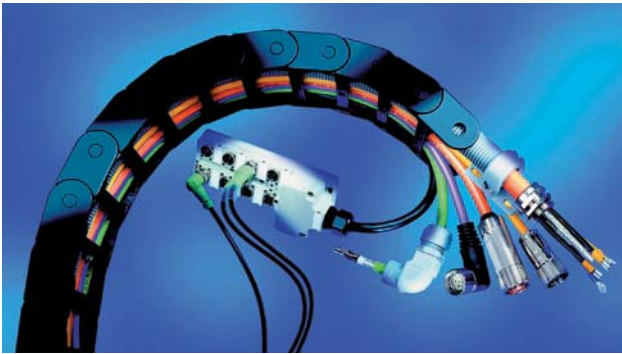
Die beschriebenen Rauchgaswirkungen lassen sich nur reduzieren, wenn bei Kabeln und Leitungen Werkstoffe verwendet werden, die keine Säure bildenden Halogene enthalten, also weder Fluor, Chlor, Brom noch Jod. Schließlich lässt sich die Flammwidrigkeit auch anders erreichen, z.B. durch Mantelmischungen aus flammwidrigem Thermoplast HM2 oder widerstandsfähigem Polyurethan (PUR). Solche halogenfreien Daten- und Steuerleitungen (Bild 1) sind heute in großer Auswahl erhältlich, erfüllen eine ganze Reihe von Normen (Tabelle) und bieten folgende Vorteile:

- Die Rauchgasdichte ist gering (Low Smoke Emission).
- Der Sauerstoffindex, der in der Raumluft ca. 21 % beträgt, ist hier 30 %. Er gibt den prozentualen Anteil an Sauerstoff in einem Stickstoff/Sauerstoff-Gemisch an, bei dem eine entzündete Werkstoffprobe gerade noch weiterbrennt.
- Brände werden nicht weitergeleitet (IEC 60 332-3 sowie VDE 0472 Teil 804 Prüfmethode C bzw. IEC 60 332-1). Das Brennverhalten der PUR-Ausführungen entspricht den Anforderungen der IEC 60 332-2. Die Leitungen verhalten sich darüber hinaus resistent gegenüber aggressiven Kühl- und Schmiermitteln.
- Auch hinsichtlich ihrer Brandlastwerte schneiden in Versuchen flammwidrige halogenfreie Kabel besser ab als PVC-Ausführungen. Unter Brandlast versteht man die beim Brand eines Kabels freigesetzte Energie. Sie setzt sich zusammen aus den Heizwerten aller in ihm verwendeten Werkstoffe. Da verschiedene Kunststoffe auch unterschiedliche Heizwerte haben, bestimmt man die Brandlast durch die Art und die Menge der einzelnen brennbaren Komponenten. Da der Heizwert halogenfreier Mantelmischungen wie HM2 etwas geringer ist als der einer flexiblen PVC-Mantelmischung, haben – bei sonst identischem Aufbau – Kabel mit halogenfreiem, flammwidrigem Mantel einen etwas geringeren Brandlastwert als PVC-ummantelte Kabel.

## Halogenfreie Daten-, Steuer- und Schleppkettenleitungen

Halogenfreie Kabel und Leitungen kommen in unterschiedlichen Bereichen zur Anwendung:





Quelle: Lütze

**Bild 2: Hochflexible Schleppkettenleitungen; halogenfreie Ausführungen reduzieren auch hier mögliche Folgeschäden eines Brandes**

- Für den Einsatz bei Fernmeldegeräten oder Datenübertragungsanlagen eignen sich spezielle 2- ... 40-adrige Datenleitungen bei Aderquerschnitten von 0,14 ... 0,75 mm<sup>2</sup>. Zusätz-

lich gibt es zum Schutz vor elektrischer Kopplung Ausführungen mit paarweise verseilten Adern.

- Halogenfreie, 2- ... 34-adrige Steuerleitungen mit einem Außendurchmesser von ca. 5 ... 30 mm eignen sich z.B. für Einsätze im Anlagen-, Apparate- und Werkzeugmaschinenbau oder für die Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik.
- Hochflexible, 3- ... 25-adrige Schleppkettenleitungen mit einem Durchmesser von 0,5 ... 10 mm<sup>2</sup> kommen für die Verkabelung von bewegten Anlagenteilen in Frage. Sie eignen sich nicht nur für sehr hohe Biegebeanspruchung, z.B. bei der Energie- und Datenversorgung von Robotern, Werkzeugmaschinen, in der Transport- und Fördertechnik, sondern lassen sich grundsätzlich überall dort einsetzen, wo im Dauerbetrieb viel bewegt wird (Bild 2). Auch hier gibt es zum Schutz vor elektrischer Kopplung Ausführungen mit paarweise verseilten Adern (2 · 2 ... 2 · 12). Zusammen mit speziellen Verschraubungen, welche die Kabel bei Zug großflächig entlasten, bieten sie hohe Sicherheit gegen Aderbruch und »Korrenzieherbildung«.

## Technisches Englisch

### Keeping an eye on fatigue in wind turbines

Christiane Decker

**Windkraftanlagen schießen zurzeit wie Pilze aus dem Boden. Das Geschäft mit dieser Energiequelle entwickelt sich auch dank staatlicher Subventionen positiv. Und bereits heute ließe sich mit allen in Deutschland installierten Windrädern ganz Berlin mit Strom versorgen.**

The durability of the power plant and hence its economic viability is dependent on the capricious moods of the energy source. The wind blows at variable strengths, shaking the rotor blades and causing frequent variations in the mechanical load. The change in the torque acting on the drive shaft leads to vibrations which can eventually damage the shaft, the shaft couplings and the gear. For this reason, manufacturers and operators of wind turbines need sensor systems to monitor the load.

A suitable »watchdog« has been developed now. The chief advantage of this sensor is that it is a non-contact device, and does not interfere with the mechanical structure of the turbine. The sensor makes use of what is known in technical parlance as the magnetostrictive effect: The magnetic properties of the steel components vary according to the applied mechanical forces, such as mechanical torque. The sensor induces a magnetic field, for instance in the rotating shaft. Four coils measure the resulting changes. These data are processed to obtain a measurement of the torsion.



fatigue (fə'ti:g) Materialermüdung

durability ('dʒʊərəbɪlɪti) Lebensdauer, auch: Langlebigkeit

economic viability (,ekə'nɒmɪk 'vɪərəbɪlɪti) Wirtschaftlichkeit

dependent on (dɪ'pendənt ɒn) abhängig von

capricious moods (kə'prɪʃəs mu:dz) launische Stimmungen

energy source ('enədʒi sɔ:s) Energieträger, -quelle

rotor blades ('rəʊtə' bledz) Rotorblätter

variations in the mechanical load (,vɛəri'eɪʃənz ɪn ðə

mɪ'kæɪnɪkəl ləʊd) mechanische Lastwechsel

torque (tɔ:k) Drehmoment, Anzugsmoment

drive shaft (draɪv ʃɑ:ft) Antriebswelle

vibration (vɪ'brɛɪʃən) Schwingung

shaft coupling (ʃɑ:ft 'kʌplɪŋ) Wellenkupplung

gear (gɪə) Getriebe

wind turbine (wɪnd 'tɜ:bɪn) Windenergieanlagen

to monitor ('mɒnɪtə) überwachen

load (ləʊd) Beanspruchung, Belastung, el. Verbraucher

watchdog ('wɒtʃdɒg) Überwachungseinrichtung

chief advantage (tʃi:f əd'vɑ:ntɪdʒ) Hauptvorteil

non-contact (,nɒnkɒntækt) berührungslos

to interfere (,ɪntə'fɪə) eingreifen, auch: beeinflussen,

überlagern, stören

to make use of (meɪk ju:s əv) nutzen

technical parlance ('teknɪkəl 'pɑ:ləns) technischer Sprachgebrauch

property ('prɒpəti) Eigenschaft, Merkmal, auch: Eigentum

steel components (sti:l kəm'pəʊnəntz) Stahlteile

to vary ('veəri) schwanken, variieren, verstellen, wechseln

applied mechanical forces (ə'plaid mɪ'kæɪnɪkəl 'fɔ:sɪz) angreifende mechanische Kräfte

to induce (ɪn'dju:s) induzieren, auch: ansaugen

magnetic field (mæg'netɪk fi:ld) Magnetfeld

coil (kɔɪl) Spule, auch: Wicklung, Rolle, Ring, Windung

change (tʃeɪndʒ) Änderung, Schwankung, auch: Umformung

to be processed ('prəʊsesd) verarbeitet werden

to obtain (əb'teɪn) erhalten, ermitteln, gewinnen

Dipl.-Ing. (FH) Christiane Decker, Redaktion »de«, nach Unterlagen der Fraunhofer Gesellschaft, München

Die komplette deutsche Übersetzung findet man im Internet, und zwar unter [www.online-de.de/de/archiv/2004/4/a\\_gig.html](http://www.online-de.de/de/archiv/2004/4/a_gig.html)

## Koppelrelais in der Anwendung [ 6 ]

Optokopplermodule, Grundlagen und Schaltungsprinzipien von »elektronischen Relais«

Dirk Wortmann

**Die robusten und preisgünstigen elektromechanischen Relais schalten alle Arten von Lasten. Trotz ihrer universellen Möglichkeiten und vorteilhaften Eigenschaften stoßen diese Komponenten bei manchen Einsatzfällen an ihre Grenzen, und zwar durch die lastabhängige, begrenzte elektrische Lebensdauer sowie die geringe Schaltfrequenz. Diese Nachteile gibt es nicht bei den elektronischen Relais, auch Optokopplermodule oder Solid-State-Relais genannt.**

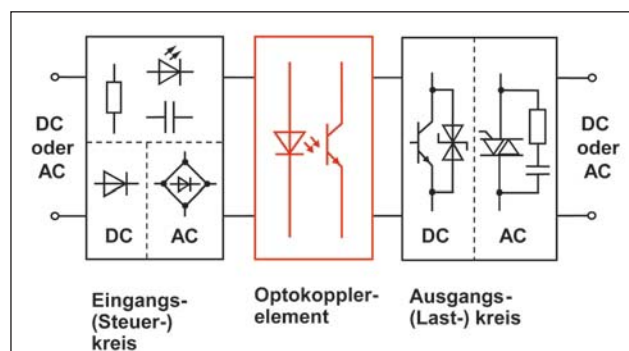
Das entscheidende Bauelement von Optokopplermodulen ist der eigentliche Optokoppler. Auf dessen Chip liegen eine Sendelede und ein Fototransistor gegenüber. Im Zwischenraum befindet sich für die Potentialtrennung zwischen Ein- und Ausgang ein klarsichtiger, elektrisch nichtleitender Kunststoff. Liegt an der LED eine Spannung von 1,5 ... 2 V, sendet sie Licht aus, welches der Fototransistor wiederum in ein elektrisches Schaltsignal umwandelt.

Doch ein solcher Optokoppler eignet sich noch nicht für den Einsatz als elektronisches Koppelrelais in industriellen Umgebungen. Der Einsatz von Optokopplern in Bereichen, in denen üblicherweise auch elektromechanische Koppelrelais arbeiten, erfordert weitere elektronische Bauelemente im Ein- und Ausgangskreis, die Spannungs- und Leistungsanpassungsfunktionen sowie Schutzfunktionen erfüllen. Geräte mit diesen Schaltungen werden als Optokopplermodule bzw. Solid-State-Relais bezeichnet.

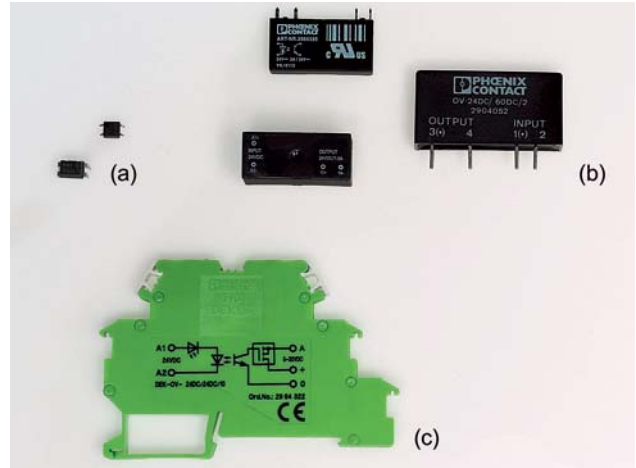
### Die Eingangsschaltungen

Die Eingangsschaltung von Optokopplermodulen besteht aus einem oder mehreren Widerständen zur Anpassung an die jeweilige Steuerspannung im Bereich von 5 V DC bis 230 V AC (Bild 19). Darüber hinaus enthält sie fast immer RC-Filterglieder

Dipl.-Ing. Dirk Wortmann, Phoenix Contact, Blomberg  
Fortsetzung aus »de« 23-24/2003



**Bild 19: Grundlegende Schaltungselemente eines Optokopplermoduls**



**Handelsübliche Optokoppler-Bauformen: Optokoppler-ICs ohne Ein- und Ausgangsschaltung (a), verschiedene Optokopplermodule für steckbare Montage oder zum Einlöten (b) sowie tragschienenmontierbares, 6 mm schmales Optokopplermodul für DC-Lasten bis 10 A (c)**

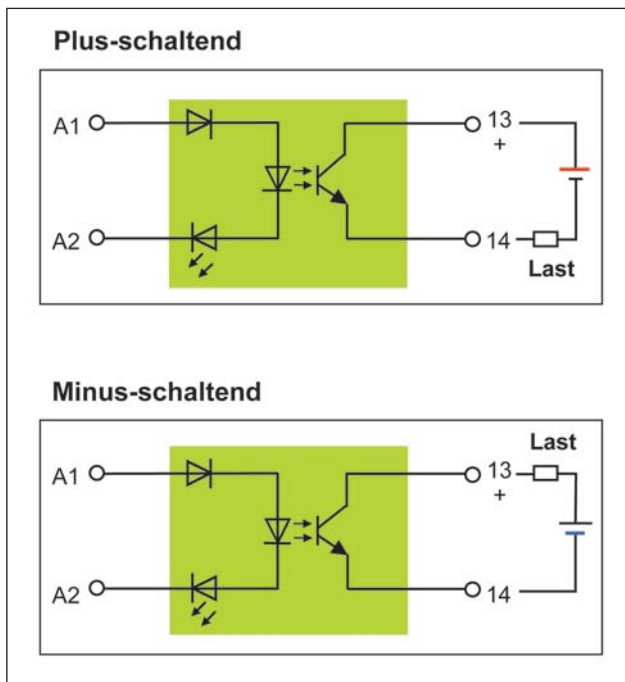
der, die dafür sorgen, dass der Optokoppler nicht bei kurzen, hohen Störspitzen ungewollt durchschaltet. Obwohl er dadurch künstlich langsamer wird, betragen die maximalen Schalt- oder Übertragungsfrequenzen von DC-Optokopplerschaltungen – je nach Hauptanwendungsgebiet – 100 Hz (Leistungsanwendung) bis 100 kHz (reine Signalübertragung), und zwar bei nahezu unbegrenzter Lebensdauer. Im Vergleich dazu halten elektromechanische Relais – bei Maximallast im Sekundentakt (1 Hz) geschaltet – höchstens einige 100 000 Schaltspiele, und damit beträgt deren Lebensdauer nur wenige Tage oder Wochen (siehe auch »de« 21/2003). Optokopplermodule für DC-Steuerspannung verfügen meist noch über eine Verpolschutzdiode zum Schutz bei falscher Polung der Steuerspannung.

Wie elektromechanische Koppelrelais auch, benötigen steuerseitig mit Wechselfspannung betriebene Optokopplermodule für AC/DC-Betrieb einen Brückengleichrichter. Zusätzlich ist zwingend noch ein Glättungskondensator als Energiespeicher erforderlich, da die LED des Optokopplers sonst beim steuerseitigen Spannungsnulldurchgang nicht leuchtet. Die Folge wäre, dass dann der ausgangsseitige Fototransistor ausschaltet und die Ausgangsspannung mit der doppelten Frequenz der Eingangswechselfspannung »zerhackt« würde. Die Übertragungsfrequenz eines AC-Kopplers sinkt durch den Kondensator auf 3 ... 10 Hz, was jedoch in der Praxis unkritisch ist, da Netzspannungslasten selten mit höherer Schaltheufigkeit ein- oder auszuschalten sind.

### Die Ausgangsschaltungen

Ausgangsseitig unterscheidet man bei Optokopplermodulen zwischen

- Gleich- und Wechselfspannungsausgängen,
- Optokopplermodulen für Signalanwendungen, so genannten Eingabekopplern, mit Schaltströmen kleiner einige 100 mA und

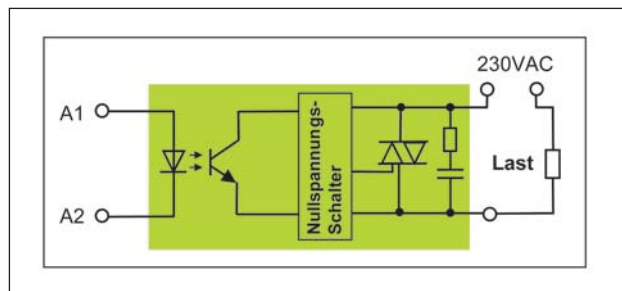


**Bild 20: 2-Leiter-DC-Ausgangsschaltung in einer plus- und minusschaltenden Anwendung**

- Leistungsoptokopplern mit Schaltströmen größer einige 100 mA.

Die Grenze zwischen Signal- und Leistungskopplern verläuft fließend, d.h., eine einheitliche Definition fehlt. Wegen der guten Wärmeableitung der Leistungshalbleiter werden Leistungsoptokoppler häufig in vergossener Bauweise ausgeführt.

Bei DC-Ausgängen folgen nach dem Fototransistor zur Erhöhung der Schaltleistung eine oder mehrere Transistorschaltstufen – je nach maximal zulässigem Schaltstrom. Induktionsspannungsspitzen, wie sie beim Schalten induktiver Lasten auftreten, können diese Halbleiterbauelemente leicht zerstören. Daher befinden sich im Ausgangskreis Schutzelemente, z.B. Suppressordioden. Eine oft verwendete Ausgangsschaltung ist der Zwei-Leiter-Ausgang mit zwei Anschlüssen wie beim Schließkontakt eines elektromechanischen Relais (Bild 20). Weil der Zweileiterausgang keinen festen Massebezug hat, kann er wie der mechanische Schließkontakt potentialfrei eingesetzt werden. Das gilt für plus- und minusschaltende Lastkreise (Plus- bzw. Minuspotential wird zur Last durchgeschal-



**Bild 21: Prinzip-Schaltbild einer AC-Ausgangsschaltung mit Nullspannungsschalter**

tet). Es ist lediglich darauf zu achten, dass Anschluss »13« immer ein positiveres Potential als Anschluss »14« hat. Dreileiterausgänge verfügen über einen weiteren, fest mit Massepotential verbundenen Anschluss. Damit lassen sich solche Optokopplermodule nicht wahlweise in plus- oder minusschaltenden Lastkreisen einsetzen.

AC-Ausgänge dienen fast ausschließlich zum Schalten von Lasten an 120 V oder 230 V Wechselfspannung und verwenden Triacs als elektronische Schalter. Oft begegnet man hier einem zusätzlichen Schaltkreis, dem so genannten Nullspannungsschalter (Bild 21). Er schaltet die Last immer zum gleichen Zeitpunkt ein, nämlich im Spannungsnulldurchgang der ausgangsseitigen Lastspannung. Das reduziert sowohl die Störausendung als auch die Einschaltstromspitzen und schont damit den Halbleiter. Auch AC-Ausgangsschaltungen sind mit einer Schutzbeschaltung versehen, üblicherweise mit einem RC-Glied, manchmal zusätzlich mit einem Varistor.

Der Anwender sollte beim Einsatz von Optokopplermodulen mit AC-Ausgängen zwei Datenblattwerte besonders beachten:

- **lastseitiger Mindestlaststrom:** erforderlich für sicheres Leiten des Triac; abhängig vom verwendeten Triac-Typ; liegt im Bereich einiger mA bis einiger 10 mA. Kleinere Wechselfspannungslasten, z.B. Wechselfspannungsrelais oder kleine AC-Schütze mit geringer Stromaufnahme, lassen sich daher nicht immer sicher einschalten.
- **Reststrom im »Aus«-Zustand:** Strom, der auf Grund der ausgangsseitigen RC-Schutzbeschaltung trotz eingangsseitig nicht angesteuertem Optokoppler fließt; liegt i.d.R. im Bereich weniger mA. Bei geringer Leistungsaufnahme der angeschlossenen Last kann das u.U. zu Problemen beim Abschalten der Last führen (siehe auch »de« 11/2003).

(Fortsetzung folgt)

### BUCHTIPP FÜR AUSBILDER

*Handbuch Ausbildung – Ratgeber für Betrieb, Lehrling und Beratung, Westdeutscher Handwerkskammertag Düsseldorf (Hrsg.), 246 S., kart., 12,90 €, For Mat Medienagentur + Verlag GmbH, Düsseldorf*

Zählt der Samstag als Urlaubstag? Dürfen unentschuldigte Fehlitage vom Urlaub abgezogen werden? Wo und wie findet man geeignete Lehrlinge? Darf die Probezeit verlängert werden? Was muss ein qualifiziertes Ausbildungszeugnis enthalten?

Der Ausbildungsalltag wirft viele Fragen auf. Fragen, die nicht immer schnell und eindeutig geklärt werden können. Das Handbuch Ausbildung bietet eine allgemein verständliche und praxistaugliche Orientierungshilfe im Dschungel der Gesetze, Rechtsnormen und gerichtlichen Entscheidungen. Autor *Clemens Urbanek*, Hauptabteilungsleiter Berufsausbildung bei der HWK zu Köln, richtet sich mit seinem Buch an

Betriebe, Ausbilder, Auszubildende und deren Eltern ebenso wie an Lehrer und Ausbildungsberater.

Wir finden, ein nützlicher Ratgeber aus der Praxis für die Praxis. Unter folgender Adresse kann man das Buch beziehen:

for mat medienagentur + verlag gmbh  
Niederkasselerstraße 61  
40547 Düsseldorf  
Tel.: (0211) 558 02 55  
Fax: (0211) 558 02 57  
info@for-mat.de

