

# ema

## ELEKTRISCHE MASCHINEN

### Expertenforum

Zukunft des Explosionsschutzes

### Grundlagen

Der Transformator (1)

### Instandsetzung und Prüfung

Die EASA-Richtlinie AR100-2020



Organ des Bundesfachbereichs  
Elektromaschinenbau im ZVEH

9.2022





Fritz Staudacher  
**Elektromobilität**  
 Theorie und Praxis zur Ladeinfrastruktur  
 1. Auflage 2020. 312 Seiten.  
 Softcover. € 34,80.  
 Fachbuch:  
 ISBN 978-3-8101-0508-0  
 E-Book/PDF:  
 ISBN 978-3-8101-0509-7

# Alles zur Elektromobilität

Der Schwerpunkt dieses Buches liegt auf der sicheren und effizienten Ladung von Elektrofahrzeugen. Es bezieht alle Normänderungen zum Zählerplatz und Anschluss von Ladeinfrastruktur und Stromspeichern seit April 2019 mit ein. Ebenso berücksichtigt sind die neue Niederspannungsanschlussverordnung sowie die neuen Blitz- und Überspannungsschutznormen.

## Diese Themen sind u. a. enthalten:

- Grundwissen zu Elektrofahrzeugen,
- Ladekonzepte von Elektrofahrzeugen,
- sicheres Laden durch normative Vorgaben,
- Planung von Ladeinfrastruktur,
- Errichten und Prüfen von Ladeinfrastruktur,
- Ladeinfrastruktur im Zusammenspiel mit erneuerbaren Energien.

## BESTELLCOUPON

	Fax: +49 (0) 89 2183-7620
	E-Mail: buchservice@huethig.de
	www.elektro.net/shop



Hier Ihr Fachbuch direkt online bestellen!

- Ex. Staudacher. Elektromobilität.  
€ 34,80 (inkl. MwSt., zzgl. Versandkosten).  
 Fachbuch: ISBN 978-3-8101-0508-0  
 E-Book: ISBN 978-3-8101-0509-7

- Ich möchte folgenden kostenlosen Newsletter erhalten:  
 de  de-Buchshop  
(Bitte E-Mail-Adresse in das @-Feld eintragen.)

Ich bin einverstanden, dass die von mir angegebene E-Mail-Adresse von der Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg verwendet wird, um mir den elektro.net-Newsletter und in regelmäßigen Abständen Informationen zu für mich relevanten Themen aus dem Bereich Elektro zuzusenden. Diese Einwilligung kann ich jederzeit mit Wirkung für die Zukunft per E-Mail an kontakt@elektro.net widerrufen.

### Datenschutzhinweis:

Verantwortlich für die Verarbeitung Ihrer Daten ist die Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg. Ihre verstehen-personenbezogenen Angaben werden zum Zwecke der Kundenbetreuung und Vertragserfüllung (z.B. Abbestätigung etc.) verarbeitet. Wir nutzen außerdem Ihre Daten für unsere interne Marktforschung und werden die Adressdaten auch an andere Werbetreibende, für gezielte Fachinformationsübermittlung an Sie, weitergeben. Darüber hinaus werden Sie, unabhängig einer ausdrücklichen Einwilligung, über eigene ähnliche Angebote oder Dienstleistungen (z.B. gleiche oder ähnliche Musterprodukte) der Hüthig GmbH per E-Mail informiert. Falls Sie dies nicht möchten oder eine erteilte Werbeeinwilligung widerrufen wollen, können Sie der Verwendung Ihrer Daten jederzeit mit Wirkung für die Zukunft gegenüber der Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg, widersprechen, ohne dass hierfür andere als die Übermittlungskosten nach den Basistarifen entstehen. Schreiben Sie hierzu an: Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg oder per E-Mail an kontakt@elektro.net. Ausführliches zum Datenschutz und zu den Informationspflichten finden Sie unter elektro.net/datenschutz.

WAN 24672

	Firma
	Name, Vorname*
	Straße, Postfach*
	PLZ, Ort*
	Telefon
	E-Mail* (Pflichtfeld bei Newsletter- und E-Book-Bestellung)
	Datum, Unterschrift*

\*Pflichtfeld



Quelle: Senec



Quelle: MaximatorHydrogen



**Rückblick:** Die Messe »ees Europe« zeigte u.a. Trends in der Elektromobilität (ab S. 6)

**Lösungen:** Wasserstoff soll uns in der Zukunft unabhängiger von fossilen Energien machen – die dafür benötigte Infrastruktur wie z.B. Kabel und Leitungen muss dafür ausgelegt sein (ab S. 28)

## Fachbeiträge

### Elektromobilität

Leistungszuwachs auf allen Systemebenen

### Explosionsschutz

Herausforderungen der Zukunft

### Tipps für den praktischen Einsatz

EMV bei Kleinantrieben

### Grundlagen elektrischer Maschinen

Der Transformator (1)

### Steuerungen

Beliebige Eingangsspannung bei Hubliften

### Instandsetzung und Prüfung

Neuerungen der EASA AR100-2020

### 6 Kabel und Leitungen

Verbindungen für Wasserstoff-Tankstellen

### 10 Betriebsführung

Die VEFK – Betrachtung normativer Vorgaben

14

## Rubriken

18

### Aktuell

4

22

### Produkte

31

### Seminartermine

34

**Titelbildquelle:** Menzel Elektromotoren GmbH, Berlin

## Impressum

### REDAKTION

Hultschiner Str. 8, 81677 München,  
Tel. (0 89) 21 83 - 89 81,  
Fax (0 89) 21 83 - 89 89

**Marcel Diehl**, staatl. geprüfter Techniker  
(Redakteur),  
Tel. (0 89) 21 83 - 89 83,

E-Mail: marcel.diehl@huethig.de

**Dipl.-Ing. Andreas Stöcklhuber**

(Chefredakteur, verantw.),  
Tel. (0 89) 21 83 - 89 80,

E-Mail: andreas.stoeklhuber@huethig.de

### HOME PAGE

www.elektro.net/ema

Redakteur Online

**Michael Wanner M.A.**,

Tel. (0 89) 21 83 - 89 84,

E-Mail: michael.wanner@huethig.de

### REDAKTIONSASSISTENZ

**Martina Sticklebrucks**,

Tel. (0 89) 21 83 - 89 81,

E-Mail: martina.sticklebrucks@huethig.de

### ANZEIGEN

Hultschiner Str. 8, 81677 München,

Fax (0 89) 21 83 - 89 89

### ANZEIGENLEITUNG

**Bettina Landwehr**, Head of Sales Hüthig

Elektro Medien (verantw.)  
Tel. (0 89) 21 83 - 89 88,

E-Mail: bettina.landwehr@huethig.de

### MEDIASERVICE

**Joachim Plaschke**, Sales Manager

Tel. (0 89) 21 83 - 89 92,

E-Mail: joachim.plaschke@huethig.de

**Karin Ratte**, Sales Manager

Tel. (0 89) 21 83 - 91 27,

E-Mail: karin.ratte@huethig.de

ASSISTENZ MEDIA SALES

**Theresa Schwarzenbach**,

Assistant Sales Hüthig Elektro Medien,  
Tel. (0 89) 21 83 - 89 87,

E-Mail: theresa.schwarzenbach@huethig.de

Zur Zeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 51

vom 1.10.2021.

### VERTRIEB

Im Weiher 10, 69121 Heidelberg,

Fax (0 62 21) 4 89 - 4 43

**Karen Dittrich** (Teamleitung),  
Tel. (0 62 21) 4 89 - 6 03,

E-Mail: karen.dittrich@huethig.de

**Vertriebsleitung:** Hermann Weixler

### ABONNEMENT-SERVICE UND

### ADRESSÄNDERUNG

Hüthig GmbH

Aboservice

86894 Landsberg

Tel. (0 81 91) 1 25 - 9 99,

Fax (0 81 91) 1 25 - 5 95,

E-Mail: aboservice@huethig.de

Erscheinungsweise:

9 Ausgaben/Jahr, darunter 3 Doppelnummern

im Jan./Feb. und Juli/Aug. und Nov./Dez.

Bezugspreis:

Einzelheft € 10,00 ab Verlag zzgl. Porto.

Jahresabonnement Inland € 77,00; Vorzugspreis

für Innungsmitglieder € 71,00; Vorzugspreis für

Studenten/Azubis/Meisterschüler (nur gegen

Nachweis) € 42,00; Preise inkl. MwSt. zzgl.

€ 19,00 Versandkosten. Ausland und Mehrfach-

bezug auf Anfrage. Das Abonnement kann jähr-

lich zum 31.12. gekündigt werden. Mindestbezug

bei Prämienabos 1 Jahr.

### PRODUKTION

#### Layout

verlag moderne industrie GmbH

Justus-von-Liebig-Str. 1

86899 Landsberg

**Druck:** Qbus Media GmbH,

Beckstraße 10, 30457 Hannover

### VERLAG

Hüthig GmbH,

Hultschiner Str. 8, 81677 München,

Tel. (0 89) 21 83 - 89 81,

Im Weiher 10, 69121 Heidelberg,

Tel. (0 62 21) 4 89 - 3 00

### Geschäftsführung:

Moritz Warth

### Verlagsleitung:

Rainer Simon

### Leiter digitale Produkte:

Stefan Ambrosch

### Leitung Zentrale Herstellung:

Hermann Weixler

**Herstellung:** Thekla Licht

**Art Director:** Jürgen Claus

### VERÖFFENTLICHUNGEN

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichung

kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die

Redaktion, vom Verleger und Herausgeber nicht

übernommen werden. Die Zeitschriften, alle in

ihren enthaltenen Beiträgen und Abbildungen, sind

urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung

außerhalb der engen Grenzen des Urheber-

rechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verla-

ges unzulässig und strafbar. Dies gilt insbeson-

dere für Vervielfältigungen, Übersetzungen,

Mikroverfilmungen und die Einspeicherung &

Bearbeitung in elektronischen Systemen. Mit

der Annahme des Manuskripts und seiner Ver-

öffentlichung in dieser Zeitschrift geht das um-

fassende, ausschließliche, räumlich, zeitlich und

inhaltlich unbeschränkte Nutzungsrecht auf

den Verlag über. Die Wiedergabe von Ge-

brauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeich-

nungen und dergleichen in dieser Zeitschrift

berechtigt auch ohne besondere Kennzeich-

nung nicht zur Annahme, dass solche Namen im

Sinne des Warenzeichen- & Markenschutzge-

setzgebung als frei zu betrachten wären und

daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird

keine Haftung übernommen. Mit Namen oder

Zeichen des Verfassers gekennzeichnete Beiträ-

ge stellen nicht unbedingt die Meinung der Re-

daktion dar. Es gelten die allgemeinen Ge-

schäftsbedingungen für Autorenbeiträge.

### DATENSCHUTZ

Ihre personenbezogenen Daten werden von

uns und den Unternehmen der Süddeutscher

Verlag-Mediengruppe, unseren Dienstleistern

sowie anderen ausgewählten Unternehmen

verarbeitet und genutzt, um Sie über inter-

essante Produkte und Dienstleistungen zu

informieren. Wenn sie dies nicht mehr

wünschen, schreiben Sie bitte an:

kontakt@elektro.net

Ausführliches zum Datenschutz und den

Informationspflichten finden Sie unter

www.huethig.de/datenschutz



Quelle: Partzsch

**Bild:** Impression der Werksführung aus dem Jahr 2021 – die in einzelne Gruppen eingeteilten Besucher können jederzeit Fragen stellen

## 5. Praxistag bei Partzsch

Bereits zum fünften Mal findet am 20. Oktober 2022 der Partzsch Praxistag in Döbeln statt. Unter dem Motto »Power for your (Re)Vision – Wir machen Ihre Maschinen fit für die Zukunft« erwarten die Besucherin und den Besucher wieder spannende Demonstrationen an Praxisbeispielen, eine Werksführung (**Bild**) und interessante Fachvorträge.

Die Vorträge haben folgende Themen:

- Universalgeneratoren / Minimierung von Stillstandszeiten
- Trends in der Generatorauslegung im Rahmen der Grid-Code-Anforderungen
- Markiert der lokale Bereich mit den höchsten inneren Teilentladungen auch die spätere Durchschlagstelle bei Generatorwicklungsstäben?
- Gleichstrom-Maschinen – »Totgeglaubte leben länger!«
- Generatorschutz.

Die Teilnahme und die Verpflegung sind wie immer kostenlos. Interessenten haben die Möglichkeit, ein Zimmer vor Ort zum Preis von 79€ inkl. Frühstück dazubuchen.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122233](http://www.elektro.net/122233)



Quelle: Destina – stock.adobe.com

**Bild:** »Die Vorteile industrieller Klebebänder nutzen« ist eines der beiden Foren im Herbst bei der Isgatec GmbH

## Zwei Tage geballtes Know-how Präsenz-Foren rund um das Thema Kleben

Die Isgatec GmbH aus Mannheim führt Ende September zwei auch getrennt buchbare Foren rund um das Thema »Kleben« durch. Unter den Überschriften »Erfolgreiches Kleben ist Teamwork« und »Die Vorteile industrieller Klebebänder nutzen« (**Bild**) erwarten die Besucherinnen und Besucher spannende Vorträge von Profis der Branche. Bei letztgenanntem Forum gibt es zahlreiche Projektbeispiele aus den Bereichen Automotive, Elektronik, Maschinen- und Anlagenbau. Auch die Grenzen dieser Technik sollen gezeigt werden. Beide Foren finden im Marriott Hotel in Heidelberg statt. Zum gemeinsamen Abendessen (im Preis inbegriffen) werden die Gäste in die Kulturbrauerei in Heidelberg eingeladen.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122299](http://www.elektro.net/122299)

## Zahlreiche Gäste feierten das Jubiläum 125 Jahre Mayr Antriebstechnik

Ereignisreiche Wochen bei **Mayr Antriebstechnik**: Der Betrieb feierte im Juli sein 125-jähriges Bestehen mit einem großen Festakt und anschließendem Familienfest. Mit eingeladen waren neben allen Mitarbeitenden vom Standort Mauerstetten und ihren Familien auch Gäste aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sowie Vertreter aller Mayr-Niederlassungen und Vertretungen weltweit.

Beim großen Festakt begrüßte der Geschäftsführer **Günther Klingler** (**Bild re.**) die zahlreichen Gäste aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft im Festzelt. Sein besonderer Gruß ging – neben allen Mayr-Niederlassungen und Vertretungen im Ausland – vor al-



Quelle: Lapp

**Bild:** Am 1. Oktober 2022 übernimmt Matthias Lapp den Vorstandsvorsitz der Lapp Gruppe von seinem Onkel Andreas Lapp

## Neuer Vorstandsvorsitz Generationswechsel bei Lapp

Das Stuttgarter Familienunternehmen **Lapp** wird ab 1. Oktober 2022 von der dritten Generation geführt. **Matthias Lapp** (**Bild**), Enkel der Firmengründerin **Ursula Ida Lapp**, übernimmt den Vorstandsvorsitz der Lapp Holding AG. Sein Onkel **Andreas Lapp**, Vorstandsvorsitzender, und sein Vater **Siegbert E. Lapp**, Aufsichtsratsvorsitzender, scheidern zum 30. September 2022 aus dem operativen Geschäft der Lapp Gruppe aus. »Ich freue mich sehr darauf, Lapp gemeinsam mit allen Mitarbeitenden in die Zukunft zu führen. Wir haben eine starke Strategie und sind hervorragend aufgestellt, um unseren Kunden Antworten auf die großen Themen unserer Zeit zu liefern, z. B. in den Bereichen Digitalisierung und Nachhaltigkeit«, betont **Matthias Lapp**.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122168](http://www.elektro.net/122168)

lem an die Belegschaft, die das Fundament des Unternehmens darstellt.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122257](http://www.elektro.net/122257)



Quelle: Mayr Antriebstechnik/ Karl-Joaser Hildenbrand

**Bild:** CFO **Christian Illig** (links) und Geschäftsführer **Günther Klingler** (rechts) von Mayr Antriebstechnik beim Gespräch auf der Bühne



Quelle: Miriam Brenke

**Bild:** Strahlende Gesichter zum Abschluss der Sammelaktion in Stuttgart am 26.7.2022 vor dem Umweltministerium

### Vier Tonnen Recyclingmaterial Sammelaktion von NH-/ HH-Sicherungseinsätzen

Im Zuge der Neuordnung der elektrohandwerklichen Berufe fand in Baden-Württemberg in diesem Schuljahr ein Projekt zur Lernortkooperation statt. In Zusammenarbeit mit dem **NH-/HH-Recyclingverein e.V.** wurde eine Sammelaktion abgeschalteter Sicherungseinsätze durchgeführt. Das Ergebnis war überwältigend. Die Feierstunde fand in Stuttgart am Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg statt (**Bild**). Mit dabei waren u.a. die Ministerinnen *Thekla Walker* (Umwelt, Klima und Energiewirtschaft), *Theresa Schopper* (Kultur, Jugend und Sport), *Thomas Bürkle* als Präsident des Fachverbands Elektro- und Informationstechnik Baden-Württemberg sowie Vertreterinnen und Vertreter der mitwirkenden beruflichen Schulen und des NH-HH-Recyclingvereins.

Weitere Infos online:  
[www.elektro.net/122223](http://www.elektro.net/122223)



Quelle: Mesago

**Bild:** Der Ausstellerbeirat der sps – Steffen Winkler (li.) übernimmt den Vorsitz von Christian Wolf

### Turnusgemäße Abgabe des Vorsitzes Staffelstab-Übergabe bei der SPS

*Christian Wolf*, Geschäftsführer der Hans Turck GmbH & Co. KG, übergibt den Vorsitz des Ausstellerbeirats der SPS an *Steffen Winkler*, CSO der Business Unit Automation der Bosch Rexroth AG (**Bild**). Der Ausstellerbeirat berät die **Mesago Messe Frankfurt GmbH**, Organisator der Automatisierungsmesse, im Hinblick auf die Strategie und konzeptionelle Weiterentwicklung der SPS sowie deren operative Umsetzung. Die Mitglieder engagieren sich ehrenamtlich und sind mehrheitlich seit vielen Jahren Teil des Ausstellerbeirats. »Nach zwei Jahren ist es nun endlich wieder so weit, die SPS live zu erleben. Zusammen mit Mesago besprechen wir die wichtigsten Themen und Entwicklungen, um für alle Teilnehmer eine erfolgreiche Messe zu ermöglichen«, so *Steffen Winkler* während der Feierstunde zu seiner bevorstehenden Aufgabe.

Weitere Infos online:  
[www.elektro.net/122212](http://www.elektro.net/122212)



Quelle: VDE Verlag

**Bild:** Die neuen Logos der beiden Plattformen – ab sofort soll die Ausrichtung der Seminare noch praxisbezogener sein

### Gemeinsame Plattform VDE Seminare unter neuer Marke

Nach dem erfolgreichen Launch der Marke »**essionation**« im Mai 2022 wurde nun das Portfolio erweitert. Ab August 2022 sind auch die **VDE Seminare** vereint unter der neuen Marke »VDE Academy« auf der gemeinsamen Plattform verfügbar (**Bild**). Unter »essionation« bündeln sich bereits die Kompetenzen und das Veranstaltungsangebot der Marken BDEW, BDEW Akademie sowie EW Medien und Kongresse. Damit wächst die gemeinsame Plattform um einen bedeutenden Akteur und stärkt so ihre Position als zentrale Anlaufstelle für berufliche Weiterbildungen, Tagungen und Kongresse. Initiiert wurde die markenübergreifende Kooperation vor dem Hintergrund komplexer werdender Anforderungen an Fach- und Führungskräfte aus Industrie, Handwerk und öffentlichem Dienst. Man setzt dabei vor allem auf praxisrelevante Inhalte.

Weitere Infos online:  
[www.elektro.net/122298](http://www.elektro.net/122298)

# STEINLEN Wir bewegen was!

## ELEKTRISCHE ANTRIEBSTECHNIK

Vertrieb, Reparatur und Service für

- Getriebemotoren
- Industriebremsen
- Kupplungen
- Frequenzumrichter
- Pumpentechnik

**Standort Großburgwedel**  
Tel. 05139 8070-0

**Standort Hamburg**  
Tel. 040 73203-07/08

**Standort Bremerhaven**  
Tel. 0471 97201-0

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



Quelle: master andrii – stock.adobe.com

### Neuheiten der Hersteller

# Leistungszuwachs auf allen Systemebenen

Es wird immer dringender: Deutschland muss die bisherige Energieerzeugung und Nutzung bei den erneuerbaren Energien weiter forcieren, um aus den fossilen Energieträgern möglichst vollumfänglich aussteigen zu können. Deswegen möchten wir in dieser Ausgabe Neuentwicklungen bei Batteriespeichern, dem Energiemanagement und der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität vorstellen.

Die Nachfrage nach Batteriespeichern steigt weiter an. Nicht nur die Limitierung bei den verfügbaren Batteriezellen, sondern auch die Knappheit bei elektronischen Bauteilen wie Speicherchips führt zu Lieferengpässen und längeren Wartezeiten bei der Bestellung des passenden Speichersystems. Auf der Fachmesse ees Europe, die zusammen mit Intersolar Europe, Power2Drive Europe und EM-Power Europe Intersolar die Plattform »The smarter E Europe« bildet, wurden zahlreiche Innovationen gezeigt, die trotz der knappen Ressourcen einen dynamischen Ausbau der Speicherkapazitäten ermöglichen.

#### Weniger Chips – höhere Stückzahl

Tesvolt stellte mit der »E-Serie« Speicher vor, die mit 80 % weniger Chips auskommen (Bild 1). Dadurch kann der Hersteller seine Batteriespeicherlösungen in höherer Stückzahl fertigen und die deutlich gestiegene Nachfrage nach Gewerbespeichern bedienen. »Viele Gewerbebetriebe kämpfen wegen der aktuell sehr hohen Stromkosten ums Über-

leben und wollen sich zum Beispiel mit einer eigenen Solaranlage und einem Stromspeicher unabhängig machen. Wir merken das auch an der Nachfrage nach unseren Speichern, sie ist in den letzten Wochen enorm angestiegen«, berichtet Daniel Hannemann von Tesvolt. »Da die E-Serie mit wenigen Chips auskommt, können wir in deutlich höherer Stückzahl fertigen – und so mehr Gewerbebetriebe dabei unterstützen, auf eine unabhängige Stromversorgung umzusteigen.«

Sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb kosten die Stromspeicher der E-Serie weniger als die der bisherigen A-Serie. Das liegt zum einen an der kompakteren Bauweise der neuen Batteriemodule, die knapp 70 % mehr Energie speichern können. In der E-Serie kommt zudem die neueste Lithium-Ionen-Zellgeneration von Samsung SDI zum Einsatz, die noch leistungsfähiger und belastbarer ist. Der Gesamtsystem-Wirkungsgrad soll bei über 90 % liegen. »Die Speicher der E-Serie erfüllen die gleichen Qualitätskriterien wie die A-Serie, sind aber auf Grund einer höheren Energiedichte und optimierten Bauwei-

se wirtschaftlicher und in höheren Stückzahlen lieferbar«, erklärt Simon Schandert von Tesvolt. »Auch die E-Serie ist in unterschiedlichen Produktvarianten erhältlich und bietet somit für jede Anwendung den passenden Batteriespeicher.«

Die Stromspeicher der E-Serie kappen Lastspitzen, optimieren den Eigenverbrauch und liefern Ersatzstrom. Sie funktionieren Off- und On-Grid sowie im Inselbetrieb und kommen auch als Ladeinfrastruktur für E-Autos zum Einsatz. Die Kapazität der Stromspeicherlösungen reicht von 70 kWh bis zu mehreren Megawattstunden. »Für viele Gewerbe- und Industriebetriebe ist auch die Stromqualität wichtig. Deshalb haben wir auch in den TS-I HV 80 E und TS-I HV 100 E unsere Power-Quality-Technologie integriert. Sie sorgt für eine gute und gleichmäßige Stromqualität – damit haben wir ein echtes Alleinstellungsmerkmal auf dem Markt«, sagt Schandert. Ein aktiver Netzfilter stabilisiert Spannung und Frequenz und reduziert Schiefelast, Blindleistung sowie Oberschwingungen im Stromnetz des Gewerbebetriebs.



Quelle: Tesvolt

**Bild 1:** Bei der E-Serie seiner Batteriespeicher reduziert Tesvolt den Bedarf an Chips um 80 %



Quelle: Senec

**Bild 2:** Der Senec Home 4 wird ab Herbst 2022 verfügbar sein



Quelle: Senec

**Bild 3:** Die Wallbox »pro s« ermöglicht das dreiphasige Laden bis 11 kW

### Speicher für innen und außen

Mit dem »Home 4« stellte **Senec** einen neuen Heimspeicher vor (**Bild 2**). Dank seiner Schutzart IP54 kann der Speicher nicht nur in Innenräumen, sondern auch durch ein Dach geschützt im Freien aufgestellt werden. Als erste Versionen sollen ab Herbst »Home 4 hybrid 11.8« und »Home 4 AC 11.8« verfügbar sein. Der dreiphasige Speicher bietet 11,8 kW AC-Leistung. 21,8 kW Hybridleistung sollen auch möglich sein. Das integrierte Energiemanagement verbindet die Solarstrom-Produktion mit der Nutzung für elektrische Verbraucher, Wärme und Mobilität. Dazu ist der Home 4 auf die Verbrauchersteuerung (EEBUS, SG Ready) vorbereitet. Die Installationszeit soll bei einer Stunde liegen und kann grundsätzlich von einem einzelnen Installateur vorgenommen werden: Dabei hilft das Gewicht des Gehäuses von 45 kg, die Vorkonfiguration ab Werk sowie Batteriemodule, die einzeln ausgetauscht und nachgerüstet werden können. In der AC-Variante wird der Speicher mit einem externen PV-Wechselrichter kombiniert, während der Home 4 hybrid direkt an die Photovoltaikanlage angeschlossen werden kann.

Senec präsentierte auf der Messe auch eine eigene Wallbox (**Bild 3**). Die Wallbox »pro s« wurde für solaroptimiertes Laden entwickelt. Die maximale Ladeleistung liegt bei 11 kW. Das Gerät verfügt über ein wetterfestes Gehäuse aus lackiertem Stahl, das die Anwendung sowohl in (Tief-)Garagen wie auch in Carports oder direkt am Gebäude ermöglicht. Sie ist mit einem Typ-2-Ladekabel ausgestattet, welches 7,5 m lang ist. Die Wallbox dient dabei gleichzeitig als Kabelhalter. Eine DC-Fehlerstromerkennung ist serienmäßig integriert und bis zu vier Wallboxen können gleichzeitig als System zusammenarbeiten.

### Neues Brandschutzkonzept bei Li-Ionen-Speichern

Mit dem Brandschutzkonzept »FLEPS« (Fire Limiter & Environmental Protection System) will **Intilion** die Sicherheit bei Lithium-Ionen-Speichern erhöhen. Die Anwendungsregel VDE-AR-E 2510-50 legt Sicherheitsanforderungen in Bezug auf Lagerung, Transport, Installation, Betrieb, Instandsetzung, Demontage und Recycling von stationären Batteriespeichern mit Lithium-Ionen-Batterien fest. Sie gewährleistet die Sicherheit des Systems während des gesamten Lebenszyklus. Die dort beschriebenen Prüfungen definieren, dass im Falle eines »thermal runaways« (thermisches Durchgehen) einer Zelle des betroffenen Batteriemoduls keine Propagation (Vermehrung) auf weitere Module erfolgen darf. Zudem darf es außerhalb des Batteriemoduls zu keinem Brand oder einer Explosion kommen. Auch herumfliegenden Teile sind auf Modulebene zu begrenzen.

Durch seinen speziellen, rein mechanischen Aufbau erfüllt das »FLEPS« alle diese Sicherheitsanforderungen. Die Einhaltung der Sicherheitskriterien wird durch Tests bei anerkannten Prüfinstituten nachgewiesen und zertifiziert. Durch die Begrenzung des Brands nur auf das Modul, in dem der Brand entstanden ist, wird eine vollständige Havarie des gesamten Batteriespeichersystems vermieden und finanzielle sowie gesundheitliche Schäden auf ein Minimum reduziert. Im Zentrum des Systems steht die frühzeitige Gasdetektion am Beginn des »thermal runaways« (**Bild 4**). Die mechanische Entgasung signalisiert bereits frühzeitig den Problemfall. Die Eingrenzung des



Quelle: Roland Lüders

**Bild 4:** Das Brandschutzkonzept FLEPS für Gewerbespeicher wurde auf der ees Europe auf dem Messestand von Intilion präsentiert



Quelle: BYD

**Bild 5:** Florian Blaser von eft systems erläuterte unter anderem das Sicherheitskonzept der BYD-Speicher



Quelle: BYD

**Bild 6:** Der Gewerbe- und Industriespeicher Battery-Max Lite ermöglicht Systemgrößen von bis 5,76 MWh

Brandes auf maximal ein Modul verhindert teures Löschen und Kühlen durch die Feuerwehr.

Die Sicherheit spielte auch auf dem Messestand von Weltmarktführer **BYD** eine große Rolle. Vertriebspartner **Florian Blaser** von **eft-systems** erläuterte das Sicherheitskonzept der Blade-Batteriezellen (**Bild 5**). Bei Versuchen im Labor, wo ein Kurzschluss absichtlich durch Durchbohren herbeigeführt wurde, sei kein Brand entstanden. Außerdem wurden neue skalierbare Energiespeicher präsentiert. Die »Battery-Max Lite« wurde für gewerbliche und industrielle Anwendungen entwickelt. Durch die Kopplung mit externen Wechselrichtern führender Anbieter und die offene Schnittstelle für die Systemintegration ermöglicht die Battery-Max Lite eine individuelle Auslegung auf eine Vielzahl von Geschäftsmodellen. Beispiele reichen von der Maximierung des Eigenverbrauchs mit erneuerbaren Energien, über die Reduzierung von Lastspitzen bis hin zu Backup- oder Inselösungen. In einem Schrank bietet die Battery-Max Lite Kapazitäten von 30kWh bis 90kWh. Die Parallelschaltung von bis zu 64 Batterien ermöglicht Systemkapazitäten von bis zu 5,76 MWh. Das standardisierte Outdoor-Gehäuse ermöglicht eine flexible Positionierung mit optionalen Aufhängungen an der Seite für den Wechselrichter (**Bild 6**). Darüber hinaus wurden die »Batterie-Box Premium« in den Varianten HVM und HVS präsentiert. Beide Systeme bieten Not-/Ersatzstrom- und Off-Grid-Funktionalität und arbeiten in echter Serienschaltung. Das modulare Steckdesign erfordert keine interne Verkabelung. Die kobaltfreie Lithium-Eisen-Phosphat-Batterie (LFP) ist in zwei Modulgrößen verfügbar und kann

so einen breiten Systemgrößenbereich abdecken. Eine Battery-Box Premium HVS besteht aus zwei bis fünf HVS-Batteriemodulen, die in Reihe geschaltet sind, um eine Kapazität von 5,1 kWh bis 12,8 kWh zu erreichen. Die direkte Parallelschaltung von bis zu drei identischen Battery-Box Premium HVS ermöglicht zusätzlich eine maximale Kapazität von 38,4 kWh (**Bild 7**). Das System kann durch Hinzufügen zusätzlicher HVS-Module oder paralleler HVS-Türme später erweitert werden.

Eine Battery-Box Premium HVM besteht aus drei bis acht HVM-Batteriemodulen, die in Reihe geschaltet sind, um eine Kapazität von 8,3 kWh bis 22,1 kWh zu erreichen. Die direkte Parallelschaltung von bis zu drei identischen Battery-Box Premium HVM ermöglicht zusätzlich eine maximale Leistung von 66,2 kWh. Das System ist durch Hinzufügen zusätzlicher HVM-Module oder paralleler HVM-Türme ebenfalls erweiterbar.

### *Eigenerzeugung und Elektromobilität kombiniert*

Für die steigenden Anforderungen an das Speichern von Solarstrom in Privathaushalten und gewerblichen Anwendungen hat **E3/DC** sein Angebot um einige Innovationen ergänzt. Aktuell sieht man bei E3/DC die bessere Verknüpfung von Solarstrom-Speicherung und Elektromobilität als Hauptziel für Innovationen. Mit dem neuen Hauskraftwerk »S10 SE« wurde hier eine Einstiegslösung für kleinere PV-Anlagen präsentiert. Das S10 SE kombiniert einen leichten Hybridwechselrichter mit einem separaten kompakten Batteriesystem. Beides ist softwareseitig voll integriert und mit einer zehnjährigen Garantie versehen. Das S10 SE bietet nutzba-

re Kapazitäten von 5,8 kWh bis 10,8 kWh, eine Ladeleistung von 4,5 kW und ein Energiemanagement.

Bei vollständig elektrischen großen Wohngebäuden, im Mehrfamilienhaus und im Gewerbe sieht E3/DC großen Bedarf für noch leistungsfähigere Speichersysteme mit größeren Kapazitäten und flexibler Nachrüstung. Auf diese Segmente zielt das S20 X PRO (**Bild 8**). Mit diesem Hauskraftwerk sind PV-Leistungen bis zu 45 kWp für die Eigenversorgung realisierbar, im »Farmingbetrieb« sogar noch deutlich mehr. Die Speicherkapazitäten reichen bis an 100 kWh, die Lade- und Entladeleistungen unterstützen mit bis zu 30 kW die Gebäudeversorgung und effektiv die Fahrzeugladung.

Das solare Laden wird schon immer vom Hauskraftwerk unterstützt, mit der neuen Wallbox »multi connect« jedoch nochmal verbessert. Diese Ladestation verfügt über eine automatische Phasenumschaltung, der Ladevorgang folgt so der Erzeugungskurve der PV-Anlage auch an wechselhaften Tagen flexibel und macht die ersten wie die letzten Sonnenstrahlen im Solarmodus nutzbar: Bereits ab einer einphasigen minimalen PV-Leistung von 1,2 kW wird geladen, bei höherer PV-Leistung ab 3,6 kW schaltet die Wallbox »multi connect« automatisch in den dreiphasigen Betrieb (**Bild 9**).

### *Lösungen für die Ladeinfrastruktur*

Das Angebot an Wallboxen und Systemlösungen für die Ladeinfrastruktur ist noch breiter geworden. Wer in der Pandemie lieferfähig war, konnte Marktanteile gewinnen. So berichtete **Carsten Pattberg**, Gründer und Geschäftsführer der deutschen Vertriebsgesellschaft **myenergi GmbH** aus Köln von ex-





Quelle: BYD

**Bild 7:** Die Battery-Box Premium HVS kann eine maximale Kapazität von 38,4 kWh erreichen



Quelle: E3/DC

**Bild 8:** Mit dem Hauskraftwerk S20 X PRO sind PV-Leistungen bis zu 45 kWp für die Eigenversorgung realisierbar



Quelle: E3/DC

**Bild 9:** Die Wallbox »multi connect« des Anbieters E3/DC schaltet ab einer PV-Leistung von 3,6 kW automatisch in den dreiphasigen Betrieb

zellenten Umsatzzuwächsen, seit er Partner und Lieferant der Großhandelskooperationen Deha und Mitegro ist. Neben der Lieferfähigkeit zählen vor allem Konnektivität und die Anbindung an das Energiemanagement zu den Produktinnovationen.

So stellte beispielsweise Webasto die Wallbox »Unite« als Ladelösung für Gewerbetreibende vor (**Bild 10**). Die Ladeleistung lässt sich bis auf 22 kW skalieren. Ein lokales Lastmanagement verhindert Lastspitzen sowie Netzüberlastungen und ist sowohl für den Stand-Alone-Betrieb als auch im Cluster-Modus-Betrieb möglich.

die Webasto-App »Charge-Connect«, RFID oder »Scan & Charge«.

**FÜR SCHNELLESER**

**Batteriespeicher** als Systembestandteil von Eigenverbrauchslösungen stellen immer größere Kapazitäten zur Verfügung

**Das Laden von Elektrofahrzeugen** lässt die Anforderungen an die Strombelastbarkeit und die Konnektivität dieser Systeme weiter steigen



Quelle: Webasto

**Bild 10:** Die Wallbox »Unite« von Webasto ist in Kooperation mit Vestel entstanden, einem branchenübergreifenden Hersteller unter anderem in den Bereichen Elektronik und mobile Technologien

Webasto Unite ist konform zur Messgeräterichtlinie (Measurement Instruments Directive, MID). Das bedeutet, dass alle fabrikneuen Wallboxen mit der entsprechenden MID-Konformitätserklärung ausgeliefert werden.

Wie alle konnektiven Wallboxen des Herstellers lässt sich auch die neue Webasto Unite bequem und intuitiv über Webasto-Charge-Connect steuern – sowohl via App als auch über ein Webportal. Hier lassen sich beispielsweise Ladevorgänge starten oder stoppen. Die Authentifizierung erfolgt über



**Autor:**  
Dipl.-Kommunikationswirt Roland Lüders, Redaktion »ema«

**Garantiert zuverlässig,  
langlebig und sicher.**



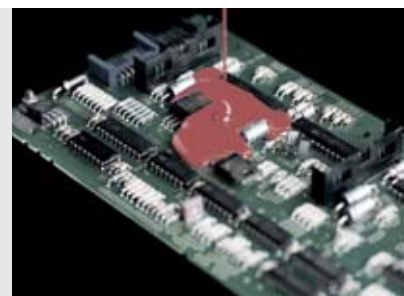
Polyester (-imid)  
Epoxid

Tränklarze  
Vergussharze  
Überzugslacke  
Flexible Isoliermaterialien

Alkyd  
Polybutadien  
Polyurethan

**Abgestimmte und nachhaltige  
Lösungen** durch jahrzehntelange  
Erfahrung und der richtigen Chemie

Prüfdienstleistungen  
Beratung  
Entwicklung



Umweltfreundliche  
Isolierungssysteme

**KONTAKT:**  
✉ dolphs@vonroll.com  
☎ +33 (0)478 04 59 95  
🌐 www.dolphs.com





Quelle: Redaktion »de«

Bild 1: Impression des Veranstaltungsraums im Göbels Schlosshotel in Friedwald

### Expertenforum bei R. Stahl

# Explosionsschutz und die Herausforderungen der Zukunft

Man könnte meinen, dass es beim Explosionsschutz immer um die gleichen Problemstellungen geht. Doch je weiter wir uns der tatsächlichen Energiewende mit all ihren Belangen und Umstellungen nähern umso weitreichender sind auch die Folgen für den Ex-Schutz. Dies wurde den zahlreichen Gästen des Forums eindrucksvoll nähergebracht.

So war die eineinhalbtägige Veranstaltung (Bild 1) gespickt mit elf hochkarätigen Beiträgen. Wir stellen für Sie die interessantesten Abschnitte auf den folgenden Seiten heraus.

#### Geräteschutz durch Sonderschutz »s«

Sowohl *Wolfgang Berner*, Manager der Business Unit Electrical Products und *Jürgen Poidl*, Head of Business Development bei R. Stahl (Bild 2) gingen der Frage nach, welche Öko-Bilanz ein Schaltschrank für den Ex-Bereich hat. Hintergrund der Fragestellung waren die 2019 auf den Markt gebrachten Schaltschränke in Leichtbauweise. Das Explosionsschutzkon-

zept beruht bei den »EXpressure« genannten Gehäusen (Bild 3) – im Gegensatz zur klassischen druckfesten Kapselung – nicht auf dicken Wänden aus Aluminium oder Stahl, sondern nutzt Druckentlastungsflächen aus Drahtgewebe. Spezielle Edelstahl-Drahtgeflechte gewährleisten einen zünddurchschlagsicheren, effizienten Druckabbau bei kontrollierter Gasströmung und Wärmeabsorption. Damit reduziert sich der im Explosionsfall gemessene Innendruck auf Maximalwerte unter 1 bar. Der Sonderschutz »s« schließlich »basiert auf der Identifizierung von Fehlerarten und der Bewertung der Zündgefahren in den identifizierten Modi«, so Berner.

Durch die erheblich verringerte Dicke der Hülle reduziert sich wie erwähnt auch das Gewicht. Gegenüber einem herkömmlichen Schaltschrank in »CUBEx«-Ausführung lassen sich so bis zu 50 % Gewicht einsparen, der Platzbedarf verringert sich um ca. 25 %. Dementsprechend fällt auch die von den beiden Referenten angeführte Öko-Bilanz aus: die Edelstahl-Lösung mit Expressure kommt auf ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 1,89t, während die traditionelle Lösung 6,8t auf der Rechnung stehen hat. In eine Flugzeugstrecke umgerechnet würde die Expressure-Lösung von Portugal nach Ungarn reichen, die traditionelle Lösung von Berlin nach Neuseeland.

# Ihr Partner für das Elektro- isoliersystem

Vom Kupferlackdraht, über Isolierstoffe bis hin zur Anschluss-technik, bieten wir Ihnen das komplette Portfolio des Elektroisoliersystems für Ihre Anwendung im Elektromotor oder Transformator!

## Kontakt

[www.synflex.com](http://www.synflex.com)

**Bild 2:** Wolfgang Berner (re.) und Jürgen Poidl, beide von R. Stahl, während ihres Vortrags



Quelle: A. Scheuermann

### Die Gefahren durch Wasserstoff

Als Energieträger der Zukunft ist Wasserstoff momentan in aller Munde. Derzeit hapert es vor allem an der notwendigen Effizienz und Wirtschaftlichkeit in der Wertschöpfungskette. Diese hängen sehr stark von der Einführung großtechnischer standardisierter Lösungen und der Ausnutzung damit verbundener Skaleneffekte ab. Die seit langem bewährten Sicherheitskonzepte z. B. für den Explosionsschutz müssen an die Anforderungen des »Scaling up« angepasst werden.

Prof. Dr. Thorsten Arnhold (Bild 4) hatte hierzu einige spannende und detailreiche Ausführungen im »Gepäck«. Arnhold, Vice President Technology bei R. Stahl, sieht immer noch Defizite beim Abgleich der weitestgehend vorhandenen IEC- sowie ISO-Normen zum Thema Wasserstofftechnologie und -nutzung mit den entsprechenden europäischen und deutschen Vorschriften: »Es ist positiv zu bewerten, dass man in den internationalen Wasserstoff-Normen die bewährten Regelungen zum Explosionsschutz aus IEC TC 31 weitestgehend übernommen hat. Allerdings vermisse ich zurzeit noch die im Explosionsschutz bewährte Durchgängigkeit der internationalen Regulierung bis zur nationalen Ebene.«



**Bild 3:** Das Pressure-Gehäuse spart deutlich an Gewicht und Platz ein

Quelle: R. Stahl

Als ausgewiesener Sicherheitstechnik-Experte erläuterte der Referent im Anschluss den Zuhörern u. a. die Begriffe Viskosität (bei Wasserstoff sehr gering), Wasserstoffversprödung, Knallgas (als Klassiker im Chemieunterricht), Deflagration sowie Detonation. Bei der Detonation von Wasserstoff herrschen hohe Ausbreitungsgeschwindigkeiten zwischen 1500 m/s bis 3400 m/s und Drücke von 15...20 bar vor. Die Ausbreitung erfolgt in einer räumlichen Wellenstruktur, abhängig von der Konzentration, der Temperatur und dem Druck im Gemisch und beinhaltet ein gewaltiges Zerstörungspotenzial.

So ist es für Thorsten Arnhold ein Gebot der Stunde, durch die konsequente Umsetzung der Sicherheitsziele der nationalen Wasserstoffstrategie, Vertrauen bei den Nutzern zu schaffen: »Es muss ein hohes Sicherheitsniveau vereinbart werden. Dabei muss die breite Nutzung des nicht ungefährlichen Wasserstoffs auch durch sicherheitstechnische Laien berücksichtigt werden. Leider kommt man sich manchmal in der allgemeinen Wasserstoff-Euphorie als Ex-Schützer in den entsprechenden Gremien ein bisschen wie ein Spielverderber vor. So z. B. wenn es um die Vergabe von Forschungsgeldern für die Entwicklung neuer Sicherheitskonzepte geht.«

Der Referent stellte im weiteren Verlauf u. a. auch die Explosion an einer Tankstelle in Norwegen dar (Oslo, 2019). Hier war die Ursache ein Montagefehler an einem Wasserstoff-Hochdrucktank. In Deutschland gilt als spezielle nationale Festlegung zum Explosionsschutz von Wasserstofftankstellen die TRGS 751 die in der gültigen Fassung vom 2.10.2020 um die Aspekte von Wasserstoff als Treibstoff ergänzt wurde. [1] Schließlich verwies Arnhold auch auf die Tatsache, dass in Zukunft sehr große Elektrolyseanlagen z. B. in der Nähe von Windparks und damit im



Quelle: A. Scheuermann

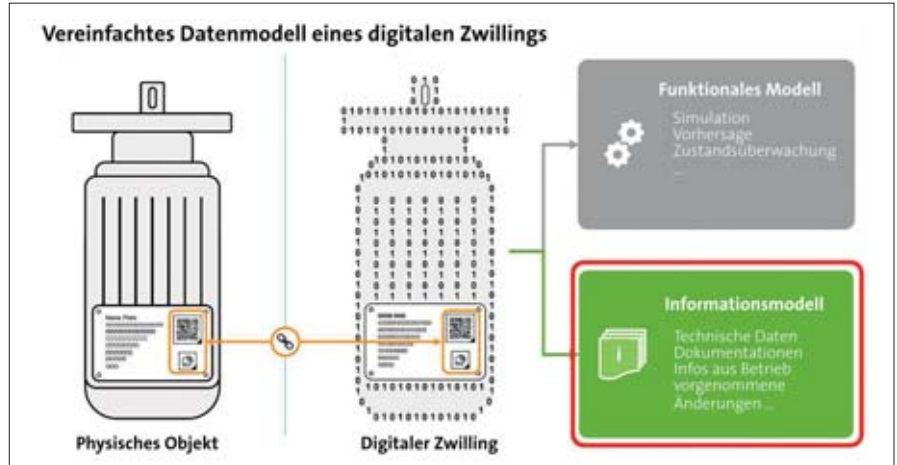
**Bild 4:** Prof. Dr. Thorsten Arnholt referierte über die Gefahren und Sicherheitskonzepte bei  $H_2$

öffentlichen Raum errichtet werden. Es sei daher sehr zu begrüßen, dass ISO und IEC viele neue Aspekte der Sicherheitstechnik entlang der kompletten Wasserstoffketten in internationalen Standards behandeln und diese schnell in nationale und regionale (EU) Regularien übernommen werden. [1]

### Digitales Typenschild

Für Christoph Attila Kun von der BASF SE ist der digitale Zwilling eine der Grundvoraussetzungen eines digitalen Typenschildes. Dieser wurde zusätzlich in ein Funktions- und ein Informationsmodell aufgeteilt (Bild 5). Der Fokus des Vortrags lag auf dem Zweitgenannten: »Das ist das, was Sie klassisch als Herstellerdokumentation oder Spezifikation bekommen, aber auch Informationen, die sich während dem Betrieb eines Equipments ansammeln, Veränderungen die Sie vorgenommen haben, Werkstattberichte, ein Kalibrierprotokoll oder ähnliches.«, so Kun. Und für dieses Informationsmodell wurde die »Digital Data Chain« entwickelt, einem Zusammenschluss der drei Gremien DIN SPEC 91406 Konsortium, dem VDI Fachausschuss 2770 und dem Arbeitskreis Digitale Plattformen ([www.digitaldatachain.com](http://www.digitaldatachain.com)).

Die Dringlichkeit der Arbeit konnte der Referent anhand des Standorts Ludwigshafen der BASF AG darstellen: »Es gibt zwei Komponenten, warum es für uns so wichtig ist. Es gibt zum einen etwa 250 Anlagenkomplexe, also Fabriken mit Nebengebäuden, die wir betreiben und zum anderen resultieren daraus etwa 2 Mio. Equipments. Das bedeutet, zu diesen 2 Mio. Equipments haben wir Dokumentationen von den jeweiligen Herstellern bekommen, die wir in den Arbeitsprozessen benötigen. Um jetzt schnell auf diese riesige Menge von Daten zugreifen zu können, ist es



Quelle: C. A. Kun

**Bild 5:** Der digitale Zwilling wurde noch in zwei Untergruppen aufgeteilt – ein Funktionales Modell und ein Informationsmodell

notwendig, einen bestimmten Grad an Automatisierung und Digitalisierung zu erreichen, sonst können Sie das personell nicht mehr stemmen.«

Selbstredend sind die Dokumentationen der Ausgangspunkt für einen störungsfreien und sicheren Betrieb aller Maschinen und Anlagen, da hier Informationen zur Konstruktion, Inbetriebnahme und Betrieb, Wartung, Lagerung oder Reparatur hinterlegt sind. Jedoch sind sowohl Umfang als auch Inhalt der Doku nicht standardisiert und lassen keine automatische Verarbeitung zu. Das hatte, nach einer internen Analyse der BASF, die Auswirkung, dass ggf. Prozesse im Umfeld z. B. einer Maschine erheblich verlangsamt wurden oder es gar zu einem Stillstand kam, wenn es beispielsweise keinen Zugriff mehr auf die Dokumentationen gab oder diese lückenhaft oder fehlerhaft waren. Ursachen für fehlenden Informationen können nach der Erfahrung des Referenten drei Punkte sein:

- die **eindeutige Identifikation** von Informationen (z. B. durch fehlende Meta-Informationen, man muss immer das gesamte Dokument öffnen, um an die Info zu kommen) und die eindeutige Identifikation von Objekten, die durch fehlende oder nicht ausreichende Typenschilder gegeben ist
- die **fehlende Verbindung** des physischen Objekts zu den Informationen – steht z. B. ein Wartungstechniker vor dem Equipment, hat er oder sie keinen Zugriff auf die Unterlagen
- der **Zugang zu den Informationen** – wer soll wie Zugang bekommen und wie kann man das möglichst einfach gestalten?

Die Lösung für den erstgenannten Punkt ist das digitale Typenschild, was eine automatisierte und digitale Identifikation des jeweiligen Objektes zulässt und das auf der DIN

SPEC 91406 / IEC CD 61406 basiert. Sie wurde durch ein Konsortium entwickelt, der neben der BASF noch 27 weitere Unternehmen angehören wie VEM, ABB, Merck, Bosch Rexroth, Festo uvm. Auf der Webseite der Digital Data Chain heißt es dazu: »Ziel des Konsortiums war die Erstellung einer Spezifikation für eine global eindeutige ID zur Identifikation von physischen Objekten. Diese global eindeutige ID sollte eine einfache und robuste Identifikation von Objekten über deren gesamten Lebenszyklus ermöglichen.« Die DIN SPEC 91406 wurde im Dezember 2019 veröffentlicht.

### Reihe der TRGS 720 komplettiert

Dr. Oswald Losert (Bild 6), Referatsleiter »Explosionsschutz« bei der BG RCI Heidelberg (Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie) referierte über den Bereich der Technischen Regeln für Gefahrstoffe der Reihe 720ff., welche die Reihe der Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) 2152 ablöste und im Februar 2021 mit der überarbeiteten Fassung der TRGS 722 komplettiert wurde. Er ging der Frage nach, ob hier ggf. »Altbekanntes« im neuen Gewand stecken würde. Schritt für Schritt leitete er die Zuhörerinnen und Zuhörer durch die TRGS-Reihe 720 und demonstrierte anhand von plakativen Vortragsfolien im Stil von Autobahnschildern (Bild 7) die jeweiligen Schwerpunkte der TRGS der Reihe.

Allgemein gibt die Reihe Bestimmungen für die Gefährdungsbeurteilung und die Festlegung von Schutzmaßnahmen bei gefährlichen explosionsfähigen Gemischen. Die Vorgehensweise bei der Betrachtung unterscheidet sich, je nachdem, ob atmosphärische oder nicht-atmosphärische Bedingungen vorliegen. So heißt es in der TRGS 720

im Anwendungsbereich: »Die in Abschnitt 3 beschriebene Vorgehensweise bei der Gefährdungsbeurteilung bezieht sich auf explosionsfähige Atmosphäre, und die in Abschnitt 4 beschriebene Vorgehensweise gilt für explosionsfähige Gemische unter nicht-atmosphärische Bedingungen, z. B. bei anderen Sauerstoffgehalten, anderen Oxidationsmitteln, anderen Drücken und Temperaturen.« [2]

Für viele, die sich mit der TRGS-Reihe befassen müssen, stehen wohl die Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen bei atmosphärischen Bedingungen im Mittelpunkt ihrer Arbeit. In der TRGS 720 ist die grundsätzliche Vorgehensweise beschrieben, die TRGS 721 (»Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung«) geht intensiver auf die Gefährdungsbeurteilung ein. Allgemein erläutert die TRGS 721 im Punkt 3.1.1 »Grundlagen« die Bedeutung der Gefährdungsbeurteilung: »Die Beurteilung der Gefährdungen durch explosionsfähige Gemische ist nach § 6 GefStoffV gefordert. Die Gefährdungsbeurteilung bildet die Basis für die Entwicklung des Explosionsschutzkonzeptes. Ein Explosionsschutzkonzept ist erforderlich, sofern das Auftreten explosionsfähiger Gemische nicht bereits unter Berücksichtigung der Dichtheit der Anlage, der natürlichen Lüftung oder organisatorischer Maßnahmen sicher verhindert ist.« [3]

Dr. Losert stellte heraus, dass die Gefährdungsbeurteilung nicht unbedingt immer »bei null anfangen muss«, sondern auf einem vorhandenen Betriebskonzept aufbauen kann, wenn eine nachvollziehbare Dokumentation vorliegt, die auch die Informationen enthält, die erforderlich sind, um Abweichungen vom Betriebskonzept zu bewerten.

Die TRGS 722 – 724 erläutern die einzelnen Schritte, der durch die Gefahrstoffverordnung vorgegebenen Rangfolge der Schutzmaßnahmen, die in den Abschnitten 3 und 4 der TRGS 720 genannt sind. Gegenüber den Vorläufer-TRBS berücksichtigen die aktuellen Technischen Regeln für Gefahrstoffe neuere Erkenntnisse und enthalten Angaben zur Anwendung auf Gemische un-



Quelle: A. Scheuermann

**Bild 6:** Dr. Oswald Losert während seines Vortrags über die TRGS-Reihe 720 ff., welche die TRBS-Reihe 2152 ablöste

ter nicht-atmosphärischen Bedingungen. Die TRGS 725, die auf Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen eingeht, beschränkt sich auch weiterhin auf Anwendungen unter atmosphärische Bedingungen. Ihre aktuell erfolgende Überarbeitung will durch eine klarere Darstellung den Zugang der Anwender zu dieser TRGS erleichtern.

Insgesamt schaffen, so der Referent, »die novellierten TRGS 720[ff.] einen wichtigen Beitrag zur Rechtssicherheit, da im praktischen Betriebsgeschehen eben nicht nur explosionsfähige Atmosphären, sondern auch explosionsfähige Gemische auftreten und demzufolge den verantwortlichen Personen die Pflicht obliegt, die damit verbundenen Explosionsgefährdungen zu beurteilen. Um dieser Aufgabe nachzukommen, können sie mit der TRGS 720 von der Vermutung ausgehen, dass die dort erläuterten Vorgehensweisen der zwei Duktus dem Stand der Technik entsprechen.« [4]

### Ethernet im Feld mit APL

Bisher bestand die Schwierigkeit, dass das Ethernet bisher die Anforderungen der Prozessindustrie nicht (vollständig) erfüllen konnte, leitete André Fritsch (Bild 8), Senior Product Manager bei R. Stahl, seinen Vortrag ein. Die Gründe dafür waren vielfältig. So führte er z. B. an, dass man eine einfach handhabbare Technologie benötigt, die 2-Draht-fähig und geeignet für große Datenmengen sein muss. Außerdem sollte sie große Entfernungen überbrücken können und in Ex-Bereichen einsetzbar sein. Im Hinblick auf den Explosionsschutz verglich er die drei vorhandenen Möglichkeiten miteinander:

- 100/1000Base-FX ist optisch inhärent sicher (»op is«) und eher wenig für die Prozessautomatisierung geeignet
- 100Base-TX-IS ist zwar eigensicher (»Ex ia«) benötigt jedoch ein 4-Draht-CAT-Leitung



Quelle: A. Scheuermann

**Bild 8:** André Fritsch, Senior Product Manager bei R. Stahl, stellte die Vorzüge des Ethernet im Feld vor

- Ethernet APL erfüllt dagegen die Anforderungen durch seine Eigensicherheit (»Ex ia«) und der Verwendung von 2-Draht-Leitungen bis zu einer Länge von 1000 m. Allerdings hat es die geringste Bandbreite (10 Mbit/s) und benötigt eine Schirmung. Ein weiterer Vorteil der Ethernet-APL-Technik: sie ist ein gemeinsames Entwicklungs- und Standardisierungsprojekt und basiert auf globalen Standards. Es gilt als Erweiterung des Single-Pair-Ethernet für den Feldeinsatz in Prozessanlagen, ist einfach im Feld installierbar und funktioniert für die Standard-Ethernet-Topologie.

### Quellenangaben

- [1] Thorsten Arnhold, »Mit Sicherheit beherrschbar – Herausforderungen beim Umgang mit grünem Wasserstoff«, Chemie Technik, Mai 2022
- [2] TRGS 720, Ausgabe Juli 2020 (Fassung vom 16.3.2021)
- [3] TRGS 721, Ausgabe Oktober 2020 (Fassung vom 21.12.2020)
- [4] Dr.-Ing. Uli Barth, Dipl.-Ing. Stefan Grund und Dr. rer. nat. Oswald Losert, VDI-Berichte 2376, Juli 2020

### FÜR SCHNELLESER

Das Expertenforum von R. Stahl ist für alle lohnenswert, die sich professionell mit dem Explosionsschutz auseinandersetzen müssen oder es für die Zukunft anstreben

Die Vorträge waren thematisch breit angelegt, so dass sich auch deutliche Schnittmengen mit anderen Bereichen außerhalb des Ex-Schutzes ergaben



Quelle: O. Losert

**Bild 7:** Plakative Vortragsfolien kennzeichneten den Vortrag zur TRGS 720 ff.



**Autor:**  
Marcel Diehl,  
Redaktion »ema«



Quelle: alle Bilder Faulhaber

### Tipps für den praktischen Einsatz

# Elektromagnetische Verträglichkeit bei Kleinantrieben

Die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) beschreibt die Fähigkeit elektrischer und elektronischer Komponenten, in einer bestimmten Umgebung möglichst ohne Störungen neben- und miteinander zu funktionieren. Bei der Arbeit mit geregelten Antrieben müssen Anwender sie im Blick behalten und sich mit der komplexen Thematik beschäftigen (**Bild 1**).

In den 1920er Jahren war es der Konflikt zwischen der bereits etablierten elektrischen Antriebstechnik im städtischen Nahverkehr und der neu aufkommenden Telekommunikation, der zur Entwicklung der Funkentstörung, eines Teilkonzepts der EMV, führte.

Elektrische Antriebe sind heute meist geregelt, neben der Energiewandlung enthalten sie also auch die für die Sensorik zur Datenübertragung nötigen Telekommunikationsbauteile. Wegen der Störaussendung der Energiewandlung muss deswegen die nötige Störfestigkeit der Sensorik und Telekommunikation gegeben sein, und das oft auf engstem Raum (**Bild 2**).

### Zertifizierung in der Anwendung

Die Grenzwerte für geregelte elektrische Antriebe sowohl für die Störaussendung als auch für die Störfestigkeit sind heute in der EN 61800-3 festgelegt. Allerdings dient die Norm lediglich als Basis zur Bewertung eines betriebsfertig aufgebauten Antriebs. Wie sich dieser im Endgerät verhält, lässt sich nicht verbindlich vorhersehen. Hier ist der Anwender in der Pflicht, die für seine Applikation gültige Zertifizierung zu erreichen. In Systemen mit elektrischen Kleinantrieben wird die elektrische Energie meist mehrfach umgeformt. Dabei treten elektrische Wechselgrößen als Spannungen und Ströme mit sehr unterschiedlichen Frequen-

zen auf, z.B. Schaltvorgänge in der Endstufe, (elektro)magnetische Störfelder beim dynamischen Betrieb oder auch Spannungsschwankungen (Ripple), wenn die Antriebe schalten (**Bild 3**).

Während für Geräte im europäischen Binnenmarkt die EMV-Richtlinie 2014/30/EU gilt, wird die konkrete Bewertung anhand der sogenannten harmonisierten Normen vorgenommen. Eine durch das CE-Zeichen erkennbare Konformität zur EMV-Richtlinie ist verpflichtend. Aber auch bei Geräten, die nicht im europäischen Binnenmarkt in den Verkehr gebracht werden oder für industrielle Weiterverwender bestimmt sind, ist oft ein Nachweis der Konformität erforderlich. Hier



**Bild 1:** Bei der Arbeit mit geregelten Antrieben gilt es, immer die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) im Blick zu behalten.

greifen die Fachgrundnormen EN 61000-4-x und EN 61000-6-x, je nachdem ob die Geräte für den Industrieinsatz oder den »Consumer«-Bereich bestimmt sind.

### Grenzwerte für geregelte Antriebe

Für die Bewertung eines betriebsfertig aufgebauten Antriebs bestehend aus Motor und direkt am Netz betriebenen Umrichter bzw. Motion Controller bildet die EN 61800-3 die Basis. Sie definiert auch die Regeln für den Messaufbau. Dabei gelten unterschiedliche Quantifizierungen für die Störungen: Im Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz werden sie als Störspannung in dB ( $\mu$ V) definiert,

im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz als Störleistung in dB (pW) und im Bereich von 30 MHz bis 6 GHz als Störfeldstärke in dB ( $\mu$ V/m).

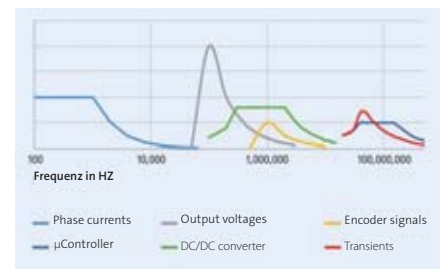
Der Ansatz geht davon aus, dass niederfrequente Wechselgrößen vor allem als eine der Versorgung eines Netzteils überlagerten Störspannung beobachtet werden. Die pulsierenden Ströme eines geregelten Antriebs könnten dann z. B. den Betrieb einer parallel angeschlossenen SPS beeinträchtigen (Bild 4). Ebenso könnte eine Spannungsspitze in der Versorgung während eines Bremsvorgangs parallel angeschlossene Geräte zur Schutzabschaltung veranlassen. Die Störleistung und

Störfeldstärke dagegen beschreiben die nicht an Leitungen gebundene Ausbreitung von elektromagnetischen Feldern.

### Störfeldstärke als Herausforderung

Während der Zulassung eines Geräts mit integriertem Kleinantrieb ist die Störfeldstärke oft die größere Herausforderung. Maßnahmen dagegen sind z. B. Filter an den Leistungsausgängen, um hochfrequente kapazitive Störströme zu unterbinden. Meist muss zudem jede Motorleitung vollständig geschirmt sein. Gleiches gilt für die – getrennt davon verlegte – Sensorleitung. Wichtig ist außerdem, alle leitfähigen Teile über eine sogenannte Funktionserdung leitend zu verbinden und zwar mit HF-Schirmverbindern. Auf dieser Funktionserdung aufbauend können dann beide Seiten des Schirms flächig aufgelegt werden. Eine reine PE-Schutzterdung genügt in den seltensten Fällen.

Während durch die Funktionserdung und die geschirmten Leitungen die Störfeldstärke wirkungsvoll gedämpft wird, steigt der in der Grundplatte zurückfließende Wechselstromanteil dadurch eher noch an. Fließen diese Wechselströme über das Netz bzw. das Netz-



**Bild 2:** Frequenzbereiche der unterschiedlichen Signale und Störungen im Umfeld eines geregelten Antriebs – die Auswirkungen sind hier qualitativ bewertet; Endstufen mit PWM sind zwar kompakt, brauchen aber viel Aufmerksamkeit



Klemmbretter  
(DIN 46294 und 46295)  
Ex-Klemmbretter mit Bescheinigungen  
der PTB (ATEX 100)  
Klemmleisten  
Klemmbrettverbindungen  
Muffern und Scheiben (Messing und Stahl)  
nach DIN

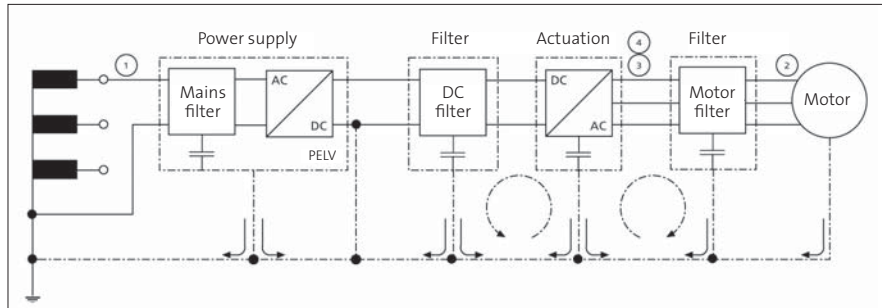
**Ing. Erich Geiss GmbH & Co.KG**  
**Elektrotechnische Fabrik**

D- 65837 Sulzbach P.O. 1128  
Fon 0049 6196 75 131  
Fax 0049 6196 75 140

E-Mail: Ing.ErichGeissGmbHCoKG@T-Online.DE



Schleifringkörper  
Schleifring-Systeme  
Kollektoren  
Bürstenhalter und Kohlen  
Bürstenhalterbolzen



**Bild 3:** Störpfade für Gleich- und Gegentaktstörungen vom geregelten Motor bis hin zum Netz

teil zum Schaltwandler zurück, steigt unweigerlich der Wechselspannungsanteil auf der Versorgungsleitung und damit die Störspannung. Daher wird oft in der Zuleitung ein zusätzlicher Filter nötig, der die Ausbreitung dieser Ströme begrenzt. Dem Gerätebauer ist freigestellt, ob er einen solchen Filter vor jedem einzelnen Antrieb verbaut – bei Kleinantrieben typischerweise in der 24-V- oder 48-V-Zuleitung – oder erst vor dem Netzteil auf der AC-Seite. Letzteres spart Kosten, funktioniert aber nur, wenn die Antriebe selbst so ausgelegt sind, dass sie sich nicht gegenseitig stören.

### Störfestigkeit in den Normprüfungen

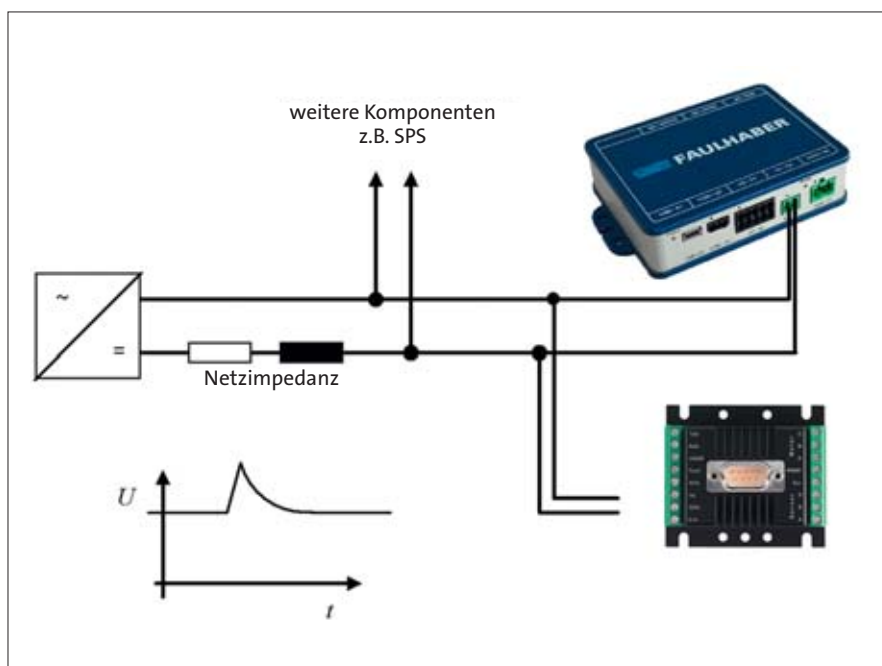
Für die Störfestigkeit werden verschiedenste elektromagnetische Effekte in den Normprüfungen abgedeckt, wie beispielsweise die Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität (ESD) sowie gegen hochfrequente elektromagnetische Felder von einem benachbarten Sender, die Störfestigkeit gegen

schnelle transiente elektrische Störgrößen (Burst), Stoßspannungen (Surge), z. B. durch Blitzschlag, oder gegen HF-Gleichtaktstörungen auf längeren Sensor- und Kommunikationsleitungen. Eher für direkt am Netz betriebenen Antriebe sind noch Prüfungen bezüglich kurzzeitiger Spannungseinbrüche definiert. Die typischen Spannungsschwankungen von mehreren dynamischen Antrieben an einem DC-Netz dagegen sind nicht wirklich erfasst. Zusätzliche Entstörmaßnahmen können hier gerade beim Kleinantrieb möglichst kurze Leitungen oder Schutzdioden auf der Versorgungsseite sein. Zusätzlich sind Ferritfilter möglich, wie sie z. B. auch auf analogen PC-Monitor- oder Kommunikationsleitungen üblich sind (**Bild 5**).

Die Hauptherausforderung für die Störfestigkeit der Komponenten sind bei kompakten Antrieben die Encoder. Sie müssen ebenfalls auf minimalem Bauraum untergebracht werden. Selbst in kleinen Encodern kann jedoch ein ausreichender Schutz gegen ESD durch

kompakte Schutzelemente erreicht werden. Die für die Störfestigkeit angegebenen Feldstärken stellen in der Regel weder im HF- noch im Netzfrequenzbereich ein Problem dar. Störfestigkeit gegen Bursts, also schnelle Transienten, erfordert Filter sowohl auf den Versorgungsanschlüssen als auch auf den Signalleitungen. Das ist aber bereits auf den Versorgungsanschlüssen ein Problem, da die Versorgungsspannung typischerweise direkt an die im Encoder integrierten Schaltkreise angeschlossen ist. Ein wirksamer Schutz ist hier nur im Gesamtgerät möglich. Ein vollständiger Schutz direkt in den Encodern gegen Normstörgrößen ist in der Regel nicht nötig. Falls doch, könnte eine Schutzdiode z. B. in einer Adapterplatine verbaut werden.

Das Prüfsignal für leitungsgeführte HF-Störungen nach IEC 61000-4-6 ist größer als das Nutzsignal typischer Encoder. Gleichtaktfilter in einem Encoder bei Motordurchmessern von lediglich noch 20...22 mm sind jedoch nicht realisierbar. Hier muss auf Geräteebene bewertet werden, welche Störgrößen zu erwarten sind. Gegebenenfalls lässt sich die Störfestigkeit mit extern aufgetragenen Ferriten verbessern. Spannungseinbrüche an der Versorgung des Antriebssystems können zur Abschaltung des Systems führen. Abhängig vom Puffer der Encoderversorgung im Motion Controller kann dann bei Spannungseinbrüchen auch der Encoder unterversorgt sein. Inkrementale Encoder verlieren dabei die absolute Positionsinformation und müssen neu referenziert werden.



**Bild 4:** Galvanische Kopplung mehrerer Teilnehmer im DC-Netzverbund – durch rückgespeiste Energie könnten kritische Überspannungen entstehen

### Über Faulhaber

Faulhaber mit Sitz in Schönaich ist spezialisiert auf Entwicklung, Produktion und Einsatz von hochpräzisen Klein- und Kleinantriebssystemen, Servokomponenten und Steuerungen bis zu etwa 250 W Abgabeleistung. Dazu zählt die Realisierung von kundenspezifischen Komplettlösungen ebenso wie ein umfangreiches Programm an Standardprodukten wie bürstenlose Motoren, DC-Kleinstmotoren, Encoder und Motion Controller. Die Kunden kommen aus den Bereichen wie Medizintechnik, Fabrikautomation, Präzisionsoptik, Telekommunikation, Luft- und Raumfahrt sowie Robotik. Vom leistungsstarken DC-Motor mit 224 mNm Dauerdrehmoment bis zum filigranen Mikroantrieb mit 1,9 mm Außendurchmesser umfasst das Standardportfolio mehr als 25 Mio. Möglichkeiten, ein optimales Antriebssystem für eine Anwendung zusammenzustellen.



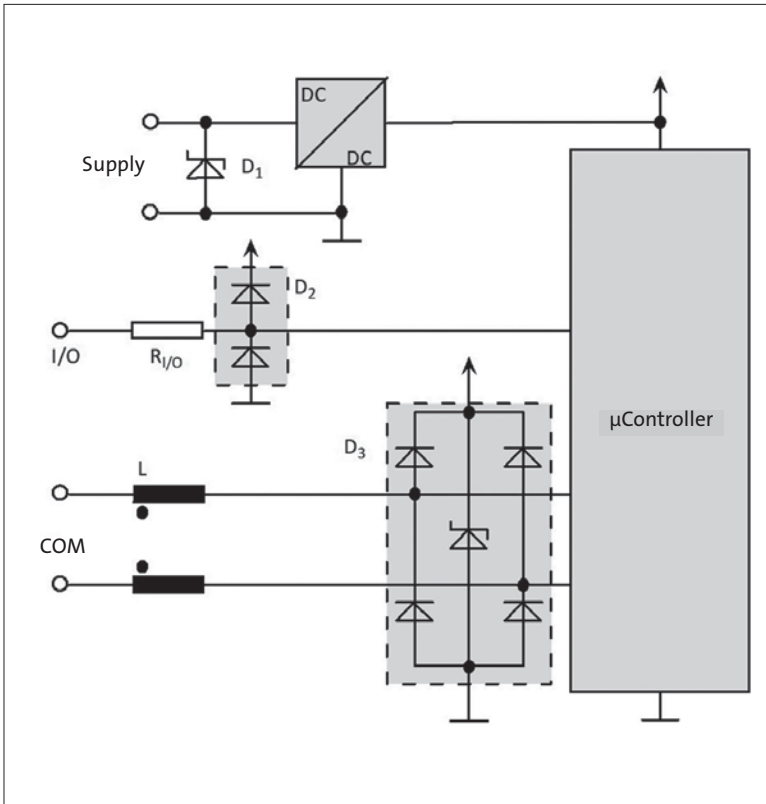


Bild 5: Typische Schutzmaßnahmen zur Erhöhung der Störfestigkeit von Versorgungs-, Signal- und Kommunikationseingängen

## Weiterführende Links

- [www.faulhaber.com/de/news-events/news/elektromagnetische-vertraeglichkeit-von-elektrischen-kleinantrieben/](http://www.faulhaber.com/de/news-events/news/elektromagnetische-vertraeglichkeit-von-elektrischen-kleinantrieben/)
- [www.faulhaber.com/de/produkte/steuerungen/motion-controller/](http://www.faulhaber.com/de/produkte/steuerungen/motion-controller/)

Das Buch, das unter dem ersten Link besprochen wird, ist von Dr.-Ing. Andreas Wagener selbst und gibt einen grundlegenden Überblick über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und die aktuell geltenden Rahmenbedingungen für die Markteinführung elektrischer Kleinantriebe. Im nächsten Schritt werden die Effekte, Kopplungswege und Prüfverfahren sowohl für die Störaussendung der Energiewandlung als auch für die Störfestigkeit der Sensorik dargestellt. Die Quellen für die unterschiedlichen, von einem Motorcontroller ausgehenden Störgrößen werden benannt und den Effekten zugeordnet. Auf dieser Basis werden anschließend die in der EMV üblichen Maßnahmen schrittweise besprochen und ihre Wirksamkeit über das Messergebnis nachvollzogen.

Das Werk richtet sich an Anwender, die dabei unterstützt werden, ihr Endgerät EMV-konform mit einem geregelten Kleinantrieb als Komponente aufzubauen. Zudem lernen Elektronikentwickler die notwendigen Basismaßnahmen kennen, um EMV bereits in der Entwicklung von Motorreglern für Kleinantriebe zu berücksichtigen.

## EMV-gerechte Auslegung und Dokumentation

EMV bei Kleinantrieben ist also für die Anwender keineswegs trivial. Die Antriebsspezialisten von Faulhaber haben sich deshalb eingehend mit dieser komplexen Thematik beschäftigt. Alle Motion Controller des breitgefächerten Produktportfolios entsprechen den aktuellen EMV-Vorschriften. Nicht nur die Hardware wurde entsprechend optimiert, sondern auch die Dokumentation neugestaltet, um den Anwender bei der Zertifizierung des eigenen Geräts bestmöglich zu unterstützen. ●

## FÜR SCHNELLESER

Bei Grenzwerten für geregelte Antriebe bildet die Norm EN 61800-3 die Basis – sie definiert auch die Regeln für den Messaufbau. Dabei gelten unterschiedliche Quantifizierungen für die Störungen

Für die Störfestigkeit werden verschiedenste elektromagnetische Effekte in den Normprüfungen abgedeckt, wie z. B. die Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität (ESD) oder Stoßspannungen (Surge), die bei einem Blitzschlag entstehen

Die Hauptherausforderung für die Störfestigkeit der Komponenten sind bei kompakten Antrieben die Encoder, da sie oft auch auf sehr kleinem Bauraum untergebracht werden müssen



**Autoren:** Dr.-Ing. Andreas Wagener, Leiter System Engineering bei Faulhaber und Ellen-Christine Reiff, M.A., Redaktionsbüro Stutensee



## Karl H. ACKERMANN GmbH & Co. KG

ELEKTROTECHNISCHE ERZEUGNISSE  
Industriestraße 7 – D 35075 Gladenbach  
Tel.: 0 64 62 / 18 97 – Fax 0 64 62 / 85 69  
info@ackermann-gmbh.net  
<http://www.ackermann-gmbh.net>



Quelle: alle Bilder A. Baral

### Ruhende elektrische Maschine

# Der Transformator (1)

Transformatoren werden vielfältig eingesetzt. In der Energietechnik dienen Transformatoren zum Energieaustausch zwischen den unterschiedlichen Spannungsebenen. Doch das ist nicht ihr einziger Verwendungszweck.

Des Weiteren sind Transformatoren beispielsweise als Impedanzwandler zur Übertragung von Sprachsignalen in der Nachrichtentechnik oder als Messwandler in der Messtechnik einsetzbar. In den folgenden Beiträgen wird das Grundprinzip des Transformators und das zur Berechnung verwendete T-Ersatzschaltbild erläutert.

#### Grundlegender Aufbau und Bauformen

Der grundlegende Aufbau eines Transformators ist sehr einfach. Mindestens zwei Wicklungen – die Primär- und die Sekundärwicklung – umfassen einen geschlossenen Eisenkern. Dabei sind die beiden Wicklungen über den gemeinsamen magnetischen Fluss gekoppelt. Einphasentransformatoren (Bild 1) werden in den Bauformen »Kern- oder Manteltransformator« gebaut.

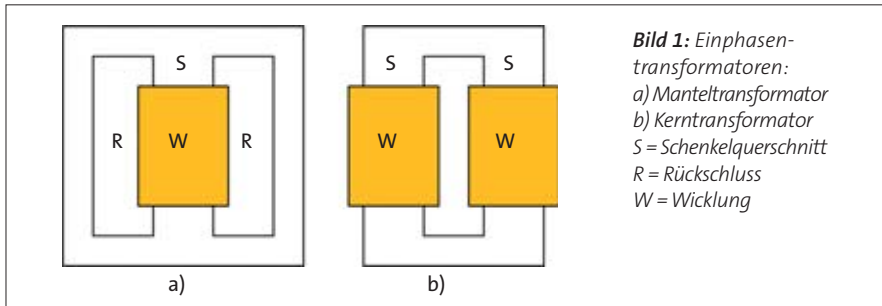
Der Manteltransformator zeichnet sich durch einen Schenkelquerschnitt (S) aus, der ungefähr doppelt so groß ist wie die beiden äußeren Rückschlüsse (R). Der magnetische Fluss des Schenkels teilt sich auf die beiden Rückschlüsse auf.

Der Manteltransformator kann kostengünstiger produziert werden, da er nur einen Spulenkörper besitzt – im Gegensatz zu dem Kerntransformator, der zwei Spulenkörper benötigt. Des Weiteren können die Bleche abfalllos in der so genannten EI-Bauform gefertigt werden. Das Joch wird aus dem ausgestanzten Zwischenraum der Wicklung gefertigt. Bei größeren Leistungen wird im Wesentlichen der Kerntransformator verwendet, da die Wicklungserwärmung auf Grund der höheren Verlustleistung besser an die Umgebung abgeführt werden kann.

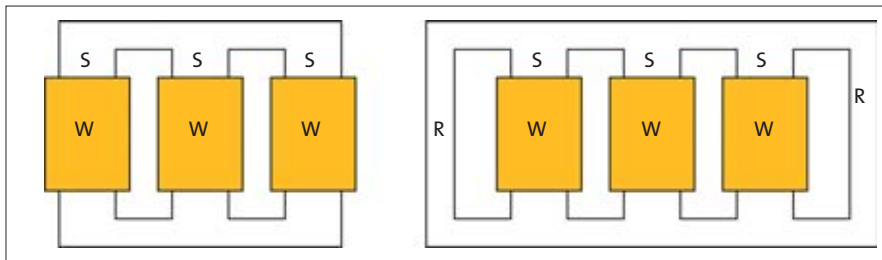
Dreiphasige Transformatoren (Bild 2) bestehen aus einem Kern mit drei Schenkeln, auf denen je eine Primär- und eine Sekundärwicklung aufgebracht ist. Als vorteilhaft ist in Bezug auf den Fünfschenkeltransformator hervorzuheben, dass das Joch im Querschnitt kleiner ist als beim Dreischenkeltransformator. Daraus resultiert, dass die Bauhöhe geringer ist.

#### Blechkern

Der Blechkern des Transformators wird in der Regel aus einzeln isolierten und kornorientierten, siliziumlegierten Blechen aufgebaut. Mit Hilfe der isolierten Bleche wird die elektrische Leitfähigkeit zwischen den einzelnen Blechen unterbrochen und somit die Wirbelstrombildung minimiert. Die Kernquerschnitte werden in Abhängigkeit von der Transformatorgröße unterschiedlich



**Bild 1:** Einphasen-  
transformatoren:  
a) Manteltransformator  
b) Kerntransformator  
S = Schenkelquerschnitt  
R = Rückschluss  
W = Wicklung



**Bild 2:** Drei- und fünfschenkliger Drehstromtransformator

ausgeführt. Darüber hinaus werden die Blechpakete an die runde Wicklung angepasst und die Eckverbindungen überlappend geschichtet.

### Wicklung

Die Wicklungen eines Schenkels können durch Röhren- oder Scheibenwicklung erfolgen. In **Bild 3** ist eine schematische Darstellung der Wicklungsarten zu sehen. Bei Leistungstransformatoren wird die Wicklung, die Energie aufnimmt, als Oberspannungswicklung (OS-Wicklung) und die Wicklung, die Energie abgibt, als Unterspannungswicklung (US-Wicklung) bezeichnet.

### Grundprinzip des Transformators

Ein Transformator besteht aus zwei magnetisch gekoppelten Spulen. Die magnetische Kopplung erfolgt in der Regel durch einen Eisenkern. Die beiden Wicklungen eines Transformators werden Primär- und Sekundärwicklung genannt. Als Primärwicklung wird die Wicklung bezeichnet, die den Magnetisierungsstrom (Leerlaufstrom) liefert und die Energie aufnimmt. Die Sekundärwicklung gibt die Energie an den Verbraucher ab. Der prinzipielle Aufbau eines Einphasen-Trans-

formators ist in **Bild 4** zu sehen (nächste Seite).

Die Wirkungsweise des Transformators basiert auf dem Durchflutungs- und Induktionsgesetz. Das Durchflutungsgesetz besagt, dass die Summe der magnetischen Spannungsabfälle  $V_m$  entlang eines geschlossenen Weges der eingeschlossenen Durchflutung entspricht. Die Durchflutung  $\Theta$  ergibt sich aus der Windungszahl  $w$  und dem Leiter-

strom  $I$ . Sie hat, aufgrund der einheitenlosen Windungszahl, die Einheit [A]:

$$\sum H \cdot l = \sum V_m = \Theta = w \cdot I \quad (1)$$

Wird der magnetische Spannungsabfall  $V_m$  durch die Materialgleichung der magnetischen Flussdichte  $B$

$$B = \mu \cdot H \quad (2)$$

und den magnetischen Fluss  $\Phi$

$$\Phi = B \cdot A \quad (3)$$

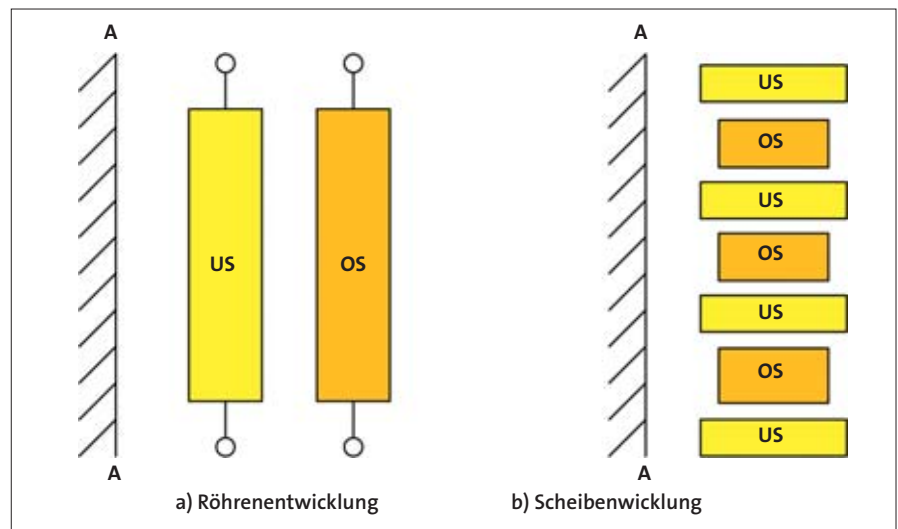
ersetzt, ergibt sich daraus das »Ohm'sche Gesetz« des magnetischen Kreises:

$$V_m = \frac{l}{\mu \cdot A} \cdot \Phi$$

$$V_m = R_m \cdot \Phi \quad (4)$$

Der magnetische Widerstand  $R_m$  ist abhängig von der magnetischen Feldlinienlänge, der Durchtrittsfläche  $A$  des magnetischen Flusses  $\Phi$  und dem Magnetisierungszustand des Materials  $\mu$ . In **Bild 5** ist die Flussverteilung eines Schenkeltransformators dargestellt.

Ausgehend von der Flussverteilung eines Schenkeltransformators (siehe **Bild 5**) und unter Zuhilfenahme der Definition des magnetischen Widerstandes ergibt sich für den magnetischen Kreis des Transformators das in **Bild 6** zu sehende Ersatzschaltbild. Die



**Bild 3:** Röhren- und Scheibenwicklung (A-A Schenkelachse)



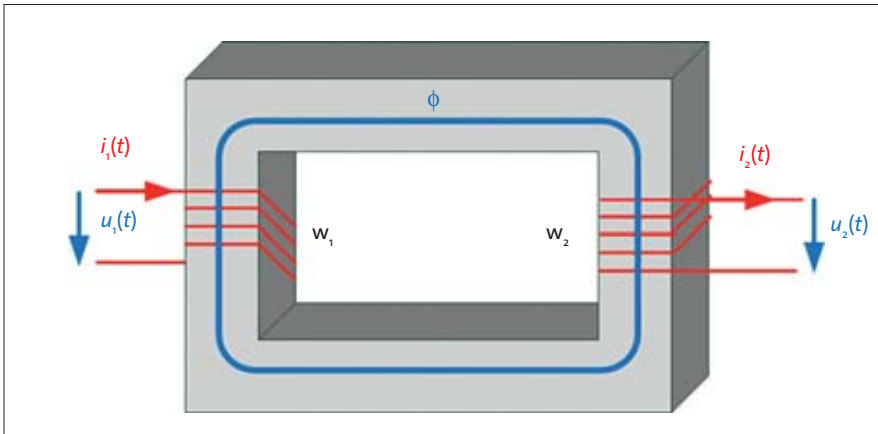


Bild 4: Prinzipieller Aufbau eines Einphasentransformators

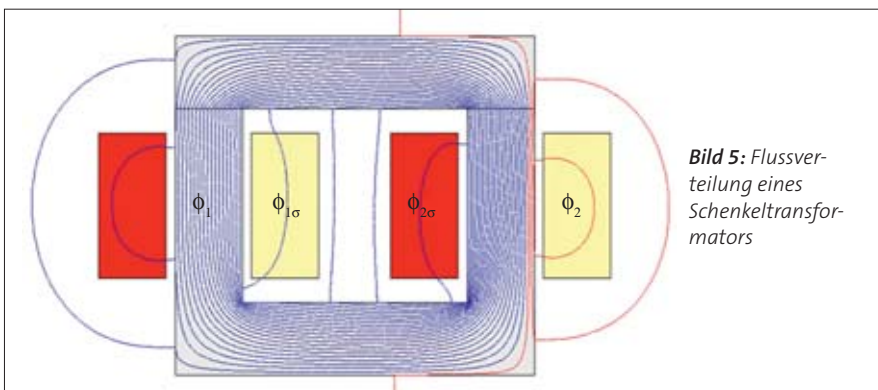


Bild 5: Flussverteilung eines Schenkeltransformators

magnetischen Widerstände  $R_{m1\sigma}$  und  $R_{m2\sigma}$  symbolisieren die dem Streufeld äquivalenten magnetischen Streuwiderstände. Der magnetische Widerstand  $R_{mh}$  entspricht dem magnetischen Hauptwiderstand des Eisenkerns.

## Der ideale Transformator

Unter dem idealen Transformator versteht man ein Transformatormodell mit folgenden idealen Materialeigenschaften:

- der Ohm'sche Widerstand der Wicklung ( $R_{Cu} = 0$ ) und
- die Wirbelstrom- und Hystereseverluste werden vernachlässigt
- der magnetische Spannungsabfall im Eisenpaket und die Streuwiderstände bleiben unberücksichtigt ( $\mu_{Fe} = \infty$ ;  $R_{mh} = 0$ ,  $R_{m1\sigma} = R_{m2\sigma} = 0$ )

### Der unbelastete ideale Transformator

Der ideale Transformator besteht aus einer verlustlosen Primär- und Sekundärwicklung. Wird nur die Primärspule von einer zeitlich veränderlichen Quelle mit der Spannung  $u_1(t)$  gespeist, fließt der Primärstrom  $i_1(t)$  durch die Wicklung. Damit ändert sich der durch die Spule verursachte magnetische Fluss  $\Phi_1(t)$  ebenfalls zeitabhängig:

$$\Phi_1(t) = \frac{1}{w_1} \int u_1(t) \cdot dt \approx \frac{1}{w_1} \sum u_1(t) \cdot \Delta t \quad (5)$$

Wird der Transformator unbelastet – im Leerlauf – betrieben, stellt sich der Leerlauf- bzw. Magnetisierungsstrom  $i_0(t)$  ein. Der Leerlaufstrom  $i_0(t)$  führt zu einem Wechselfluss, der ideal – d.h. ohne Streuung – mit dem Sekundärkreis gekoppelt ist. Der durch die Primärwicklung erzeugte magnetische Fluss  $\Phi_1(t)$  induziert in der Sekundärwicklung die Spannung  $u_2(t)$ :

$$u_2(t) = w_2 \frac{d\Phi_1(t)}{dt} \approx w_2 \frac{\Delta\Phi_1(t)}{\Delta t} \quad (6)$$

Wird die Gl. (5) in die Gl. (6) eingesetzt, ergibt sich daraus das Übersetzungsverhältnis der Spannungen eines unbelasteten Transformators:

$$\frac{u_1(t)}{u_2(t)} = \frac{w_1}{w_2} = \ddot{u} \quad (7)$$

### Der belastete ideale Transformator

Bei Belastung des Transformators wird an der Sekundärspule ein Verbraucher angeschlossen (Bild 7). Auf Grund der Spannung  $u_2(t)$  fließt der Strom  $i_2(t)$ . Der Strom  $i_2(t)$  erzeugt in der Spule 2 einen magnetischen Wechselfluss  $\Phi_2(t)$ , der dem magnetischen Wechselfluss  $\Phi_1(t)$  entgegenwirkt. Die beiden Flüsse  $\Phi_1(t)$  und  $\Phi_2(t)$  sind beim idealen Transformator auf Grund der unendlich guten Leitfähigkeit des Transformator-kerns gleich groß. Bei gleichbleibender Spannung  $u_1(t)$  nimmt mit steigender Belastung des Transformators der Primärstrom  $i_1(t)$  zu, bis sich ein stationäres Gleichgewicht eingestellt hat. Für den idealen belasteten Transformator gilt nach dem Durchflutungsgesetz:

$$\Theta_{res} = w_1 \cdot I_1 - w_2 \cdot I_2 = \sum H \cdot \Delta \ell \quad (8)$$

$$\Theta_{res} = w_1 \cdot i_1(t) - w_2 \cdot i_2(t) = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_{rFe}} \quad (9)$$

Unter der Bedingung, dass die Permeabilität für den Eisenkern des idealen Transformators als unendlich angenommen wird, ergibt sich für die durch die magnetische Feldlinie eingeschlossene resultierende Durchflutung:

$$\Theta_{res} = w_1 \cdot i_1(t) - w_2 \cdot i_2(t) = 0 \quad (10)$$

und somit für das Stromübersetzungsverhältnis:

$$\frac{i_1(t)}{i_2(t)} = \frac{w_2}{w_1} = \frac{1}{\ddot{u}} \quad (11)$$

Tabelle 1: Analogie von Getriebe und Transformator			
Getriebe		Transformator	
Zahnradverhältnis (Übersetzung $i$ )	$\frac{Z_1}{Z_2} = i$	Windungsverhältnis (Übersetzung $\ddot{u}$ )	$\frac{w_1}{w_2} = \ddot{u}$
Drehmomentverhältnis	$\frac{M_1}{M_2} = i$	Spannungsverhältnis	$\frac{U_1}{U_2} = \ddot{u}$
Drehzahlverhältnis	$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{i}$	Stromverhältnis	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{\ddot{u}}$
Mechanische Leistung	$P_{mech} = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$	Elektrische Leistung	$P_{el} = U \cdot I$

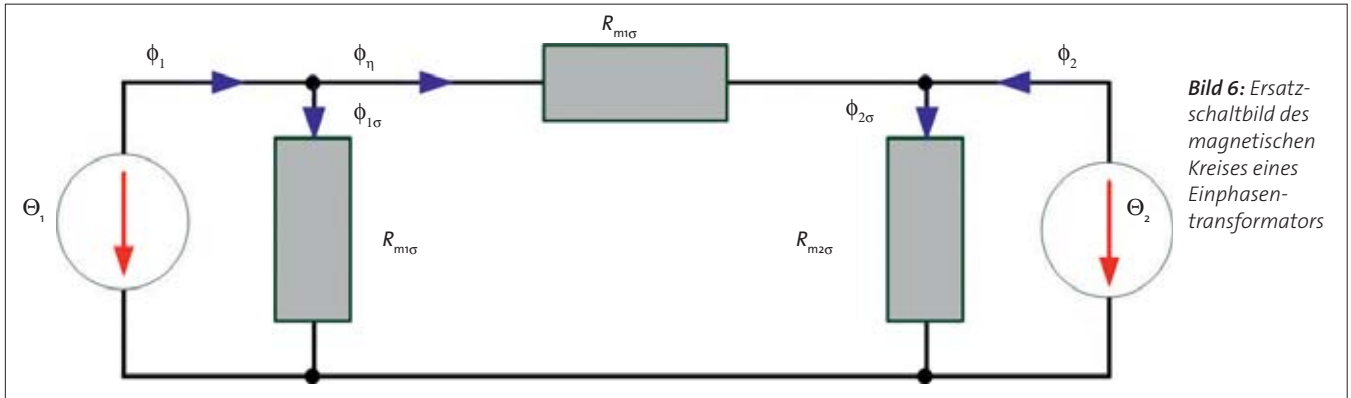


Bild 6: Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises eines Einphasentransformators

Aus den obigen Ableitungen lässt sich für die Betrachtung des idealen Transformators ableiten, dass das Verhältnis der primären und sekundären Spannung dem Verhältnis der Windungszahlen entspricht und sich antiproportional zum Verhältnis der Ströme verhält.

**Analogie zur Mechanik**

Der ideale Transformator übersetzt elektrische Größen, wohingegen das mechanische Getriebe mechanische Größen übersetzt. Ein Transformator ist für Spannungen und Ströme das, was ein Getriebe für Kräfte und Drehzahlen ist. Ein Transformator kann als »elektrisches Getriebe« bezeichnet werden. Es ergeben sich die in **Tabelle 1** aufgelisteten Analogien zwischen einem Transformator und einem mechanischen Getriebe.

(Fortsetzung folgt)

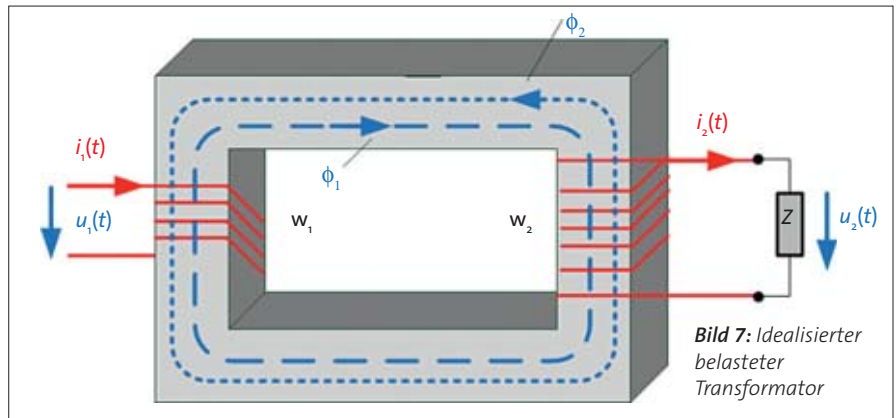


Bild 7: Idealisierter belasteter Transformator

**FÜR SCHNELLESER**

Transformatoren bestehen hauptsächlich aus zwei Wicklungen, die nur magnetisch über einen Eisenkern miteinander gekoppelt sind

Beim idealen Transformator vernachlässigt man zur Anschauung die Verluste und der

Ohm'sche Widerstand (Kupferwiderstand) der Wicklungen ist null

**Autor:**  
Prof. Dr.-Ing. Andreas Baral, elektrische Maschinen und Antriebstechnik, PHWT - Private Hochschule für Wirtschaft und Technik, Vechta

# ema

Abonnieren Sie unseren Newsletter!

Das Wichtigste aus der Branche  
direkt in Ihrem Posteingang.

www.elektro.net/newsletter

Hüthig GmbH, Elektro Medien, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg

### Hublifte

# Beliebige Eingangsspannung möglich

Bei der Entwicklung neuer Produkte stellt man bei RK Rose+Krieger – einem Hersteller von Linear-, Profil-Montage-, Verbindungs- und Modul-Technik – immer die jeweilige Anwendung in den Fokus. Das galt auch für die elektrische Antriebssteuerung »MultiControl II« für Hublifte von Arbeitsplätzen. Sie sollte für den weltweiten Einsatz ausgerüstet sein.

Die Exportquote des deutschen Maschinenbaus liegt seit 2010 stabil über 75 Prozent. Für global agierende Hersteller von Maschinen und Anlagen ist es von Vorteil, wenn sie auf Aggregate und Komponenten zurückgreifen können, die weltweit gleichermaßen genutzt werden können. Schließlich ist jede landesspezifische Maßanfertigung ein nicht unerheblicher Kostenfaktor – auch im Hinblick auf die Wartung und Instandhaltung der Anlagen.

Als Lieferant von Anlagenkomponenten wurde auch RK Rose+Krieger mit diesem Thema konfrontiert. »Viele unserer Kunden sind im Export sehr stark. In Gesprächen stellte sich heraus, dass insbesondere bei Steuerungslösungen für elektrische Antriebe wie Hubsäulen und Elektrozylinder Handlungsbedarf besteht«, erklärt Holger Schmidt, Key Account Manager bei RK Rose+Krieger. Viele der gängigen auf dem Markt verfügbaren Steuerungen können auch heute noch nur für eine bestimmte Netzspannung genutzt werden, sodass jedes Netz nach einer eigenen Steuerung verlangt. Neben der nicht vorhandenen globalen Verwendbarkeit ließen in vielen Fällen auch Einschaltdauer und Leistung zu wünschen übrig. »Viele insbesondere günstige Steuerungen sind nicht leistungsfähig genug. Das ist vor allem während der Inbetriebnahme besonders ärgerlich, da die Hubsäule währenddessen ständig auf- und abgefahren werden muss«, so Schmidt.

Eine neue Lösung sollte zudem die Benutzerfreundlichkeit und Anpassbarkeit auf die individuellen Bedürfnisse optimieren, den Service erleichtern und gleichzeitig kompatibel mit den grundsätzlich gestiegenen Kundenanforderungen an elektrische Hubsäulen sein. So sind beispielsweise immer häufiger Hubsäulen gefragt, die sich für ganz spezielle Einsätze eignen (Bilder 1 und 2). Die Mindener Spezialisten nahmen sich dieser Kundenwünsche an und entwickelten mit der MultiControl-II-Produktreihe nicht nur zahlreiche neue Hubsäulen, sondern mit der »MultiControl II« auch eine neue leistungsstarke Steuerung für die elektrischen Antriebe.



Quelle: alle Bilder RK Rose+Krieger

Bild 1: Die neue Antriebssteuerung spielt u.a. in Leitwarten ihre Vorzüge aus

### Steuerung mit Weitbereichseingang

Für die Mindener Konstrukteure war schnell klar: Damit die Antriebssteuerung unabhängig von landesspezifischen Netzspannungen eingesetzt werden konnte, bedurfte es eines kompakten und dennoch extrem leistungsfähigen Schaltnetzteils mit Weitbereichseingang. Da es am Markt kein Gerät gab, das den Ansprüchen von RK Rose+Krieger genüge, entwickelten die Mindener kurzer Hand ihr eigenes vernetzbares Schaltnetzgerät (Bild 3). »Wir betreiben echte Grundlagenforschung und können jetzt mit einer Technik aufwarten, die es so am Markt bisher nicht gab«, erklärt Lukas Göking, Produktmanager elektrische Antriebe bei RK Rose+Krieger.

Das neue Schaltnetzgerät schafft den Spagat zwischen geringem Energieverbrauch und hoher Leistung. Es ist beispielsweise in der Lage, ein Gewicht von 600 kg auf zwei Hubsäulen mehrfach hinauf und herunter zu bewegen, und dabei »cool« zu bleiben. Dafür sorgt u.a. ein kühlendes Metallgehäuse. Gleichzeitig punktet die Steuerung mit einer deutlich höheren Einschaltdauer als vergleichbare Produkte.

### Handscharter erleichtert Service

Bereits die Basis-Variante der Steuerung verfügt über zahlreiche innovative Softwarefunktionen wie dynamische Einschalt-

dauerberechnung, Temperaturüberwachung und visuelle Zustandsmeldung. Im Zusammenspiel mit dem neuen Handscharter mit sechs Funktionstasten und einem grafikfähigen Display kann der Anwender Hubbegrenzungen und Memorypositionen eingeben sowie Hubanzeige bzw. Basishöhe ändern oder einstellen.

Besonders servicefreundlich: Die Parametereinstellungen eines Systems können mit Hilfe des Handscharter auf andere Systeme übertragen werden. Zudem kann der Anwender via QR-Code eigene Webseiten oder Montageanleitungen in der Landessprache seiner Kunden einbinden. Das eröffnet ihnen die Möglichkeit, ihren Service zu optimieren. Zeitaufwendige Übersetzungen oder zeitversetzte Hilfe gehören damit der Vergangenheit an.

Zusätzlich können über das Display des Handscharter die Stromaufnahmen der Antriebe und die Fehlerhistorie eingesehen werden. Damit lassen sich viele Probleme – darunter Verspannungen im System oder ein Festfahren – bereits durch den Kunden selbst oder telefonisch durch den Service von RK Rose+Krieger klären. Die aufwendige Platzierung von Strommessdosen ist passé. Übrigens: Das Handschartermenü lässt sich in fünf Sprachen – deutsch, englisch, französisch, spanisch und italienisch – einstellen.



**Bild 2:** Die Arbeitstisch- und Monitorebenen von Leitstellentischen können gemeinsam oder separat voneinander in der Höhe verstellt werden

### Beliebte Premium-Variante

Die Premium-Variante der MultiControl II besitzt weitere, von RK Rose+Krieger entwickelte Softwarefunktionen. Dazu zählen u.a. die integrierte Kollisionserkennung »Smart Product Protection (SPP)« sowie die absolute und die relative Positionierung. Die Softwarefunktion »Absolute Positionierung« gestattet das präzise Anfahren einer zuvor definierten Position bezogen auf den gesamten Verstellbereich. Die Funktion »Relative Positionierung« erlaubt das stufenweise Verfahren bezogen auf die aktuelle Position des Antriebs. Die integrierte Kollisionserkennung detektiert Hindernisse in der Auf- und Abwärtsbewegung – unabhängig von Belastungen und anderen Umgebungsparametern – und stoppt rechtzeitig, um das Produkt zu schützen. Die Feinfühligkeit des Systems

stellt der Kunde nach seinen Anforderungen selbst ein.

»Viele unserer Kunden, die bereits die Vorgängersteuerung kannten und von den Funktionen der neuen Premium-Variante erfahren, entschieden sich für diese Ausführung, obwohl für ihre Anwendung auch die Basic-Version vollauf genügt hätte«, berichtet Holger Schmidt. Dabei sorgt insbesondere die Kollisionserkennung für die Beliebtheit der Premium-Ausführung. Sie spielt u.a. bei verschachtelten Arbeitsplätzen, bei denen die Gefahr besteht, dass sich die einzelnen Arbeitsebenen festfahren, ihre Vorzüge aus. Dabei kann der Anwender selbst entscheiden, ob er die Steuerung so einstellt, dass sie beim Festfahren selbsttätig wieder freifährt oder einfach nur stoppt. Ein Arbeitstisch darf beispielsweise automatisch freifahren, eine Monitorebene dagegen nicht, da hier zunächst geprüft werden muss, ob kein weiterer Schaden entstanden ist.

### Ideal für Leitwarten

Die Möglichkeiten der Premium-Variante der MultiControl II kommen vor allem beim Einsatz in Leitwarten zum Tragen (Bilder 1 und 2). Hier kommen häufig in der Arbeitsebene andere Antriebstypen zum Einsatz als in der Monitorebene. Für eine optimale Arbeitsergonomie müssen die beiden Ebenen unabhängig voneinander verfahren werden können. Dafür waren bislang zwei Steuerung erforderlich. Heute genügt eine Steuerung: die »MultiControl II quadro« in der Premiumausführung. Das ist praktisch, platzsparend, kostengünstiger und bislang einzigartig am Markt. Dank eines entsprechend programmierten Antriebsgruppenmanagements erkennt die Steuerung die unterschiedlichen Antriebstypen. Beide Gruppen lassen sich über den Handschalter wahlweise



**Bild 3:** Das Schaltnetzteil der neuen Hubsäulensteuerung MultiControl II sowie der neue Handschalter mit sechs Funktionstasten

separat, parallel oder synchron verfahren. Damit ist die individuelle Anpassung an den jeweiligen Mitarbeiter optimal gewährleistet. Auch bei Montagearbeitsplätzen mit einer vorderen Arbeitsebene (Tisch) und einer hinteren Bedienebene (Materialkästen u. ä.) profitiert der Anwender von diesem Antriebsgruppenmanagement.

Übrigens: Auch wenn eine grundsätzliche Programmierung der Steuerung vorab festgelegt wurde, kann diese während der Inbetriebnahme das Antriebssystem eines höhenverstellbaren Arbeits- oder Montagearbeitsplatzes verändert und an die tatsächlichen Anforderungen angepasst werden. Auch die kundenindividuelle Programmierung der Steuerung ist möglich – als Premium-Customized-Variante. »Mit all ihren Features und Funktionen bringt die MultiControl II unsere Kunden häufig auf ganz neue Ideen und Lösungen. Das zeigt uns, das wir auf dem richtigen Weg sind«, meint Lukas Göking abschließend. Und für alle Anwender der Multilift-I-Hubsäulen gibt es eine gute Nachricht: die neue Steuerung ist rückwärtskompatibel. ●



**Autor:**

Bernd Klöpfer, Marketingleiter bei der RK Rose+Krieger GmbH, Minden

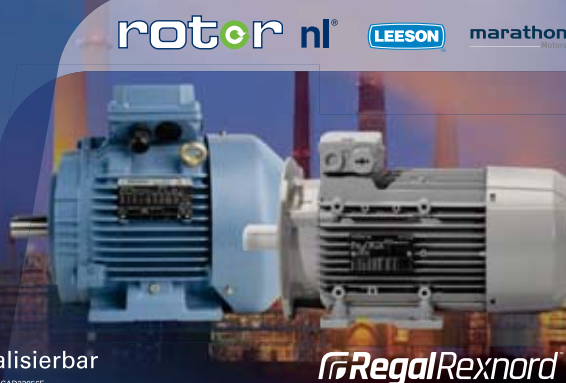
## Kein Motor ohne Rotor - unser Slogan seit über 60 Jahren

- Standard-Norm-Motoren IE3 & IE4
- ATEX-Motoren (Zone 1, 2, 21 & 22)
- Polumschaltbare Motoren
- Mittelspannungsmotoren
- Bremsmotoren
- Marine-Motoren
- NEMA-Motoren
- Kundenspezifische
- Sondermotoren

Vielfältige Optionen durch Modifikationszentrum kurzfristig realisierbar

Regal Rexnord, Marathon, Rotor and LEESON are trademarks of Regal Rexnord Corporation or one of its affiliated companies. ©2022 Regal Rexnord Corporation, All Rights Reserved. MCAD22056E

Tel.: 06233 - 1258638 | Mobil: 0173 - 4536709 | Email: sales.nl@regalrexnord.com | Web: www.rotor.nl

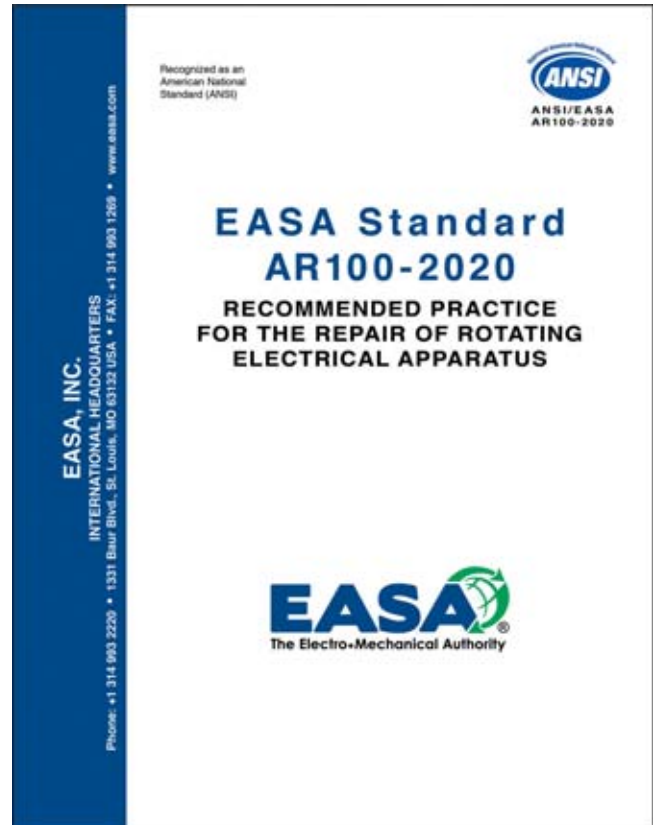


**RegalRexnord**

Die neue EASA AR100-2020

# Reparaturen auf hohem Niveau halten

Die EASA (Electrical Apparatus Service Association, Inc.) hat eine überarbeitete Richtlinie für die Reparatur rotierender elektrischer Maschinen veröffentlicht (AR100-2020 – Recommended Practice for the Repair of Rotating Electrical Apparatus). Erklärtes Ziel ist es, mit diesem Werk den Anwendern eine Möglichkeit zu geben, die Arbeit verschiedener Reparatur- und Servicebetriebe technisch vergleichen zu können.



Quelle: alle Bilder EASA / T. Bishop

**D**ies hilft, die Reparaturverfahren, Neuentwicklungen und Prüfungen insgesamt auf einem hohen Niveau zu halten und die Zuverlässigkeit und Energieeffizienz von Drehstrom- und Gleichstrommotoren sowie -Generatoren zu fördern.

Auf kompakten 23 Seiten gibt die EASA AR100-2020 klare und prägnante Empfehlungen für Reparatur- und Prüfverfahren von elektrischen Maschinen. Die aktuelle Version der Richtlinie enthält dabei mehr als drei Dutzend Überarbeitungen gegenüber der Vorgängerversion. Die meisten davon

beziehen sich auf Verfahren bezüglich der Motorzuverlässigkeit und Effizienzsteigerung. Dazu zählen unter anderem:

- Lagedokumentation für Luftleitbleche und Abstandhalter am Stator-Wickelkopf, um den Luftstrom entsprechend dem ursprünglichen Design zu gewährleisten
- Einführung maximaler Toleranzen für unterschiedliche Widerstandswerte bei Träufel- und Formspulenumwicklungen
- Empfehlung, dass Hochspannungsprüfungen nur nach expliziter Kundenfreigabe bei nicht neugewickelten Maschinen durchgeführt werden.

Kunden können sich bei Reparatur- und Servicebetrieben, die gemäß der AR100 arbeiten, sicher sein, dass sie Reparaturen vorbildlich und vollumfänglich, gemäß dem aktuellen Stand der Technik erledigen. Durch Befolgen der EASA-Standards wird sichergestellt, dass der Motor nach der Instandsetzung die gleiche Qualität und Wirkungsgrad wie im Neuzustand hat.

### Allgemeine Richtlinien

Zu den Allgemeinen Richtlinien der AR100 gehört die Überprüfung, ob die Maschine über ein Typenschild verfügt und die Typenschilddaten sichergestellt sind. Die Überprüfung dieser Daten hilft dem Reparaturbetrieb, zu beurteilen, ob die Maschine für die jeweilige Anwendung geeignet ist, und sicherzustellen, dass bei Reparatur die ursprünglichen Leistungsdaten beibehalten werden.

Die AR100 empfiehlt außerdem, dass das Reparaturunternehmen die Fehlerursache ermittelt und Maßnahmen aufzeigt, die einen erneuten Schaden zu verhindern helfen. Dies erfordert eine sorgfältige Inspektion und Prüfung der Maschine vor der eigentlichen Reparatur.

### Neuentwicklung

Die Richtlinie beschreibt kompakt auf zwei Seiten die Anforderungen für eine optimale

### Über EASA

Die EASA ist als Organisation weltweit anerkannt für die Standards und Technik in der Instandsetzung von elektrischen Maschinen. Sie besteht seit 1933, gegründet in den USA, und hat derzeit ca. 2000 Mitglieder aus über 70 Ländern. Die EASA ist in zehn Regionen weltweit aufgeteilt. Die Mitgliedsunternehmen der Region 9, zu der auch Deutschland zählt, repräsentieren einen Umsatz von ca. 1 Mrd. US\$.

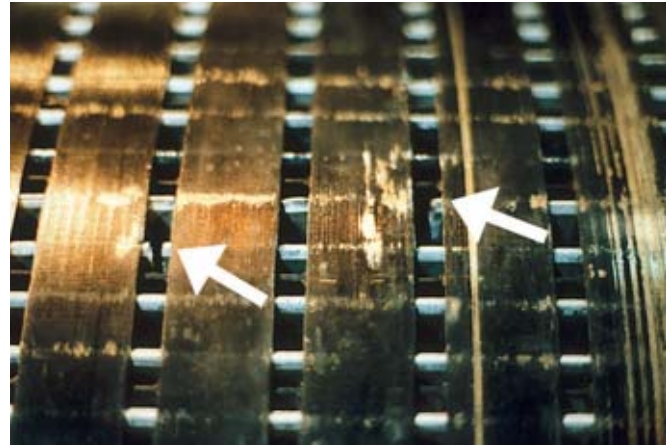
Als internationaler Handelsverband hat es sich die EASA zur Aufgabe gemacht, seinen Mitgliedern umfassenden technischen Support anzubieten und entspre-

chende Materialien zur Verfügung zu stellen. Für die Instandsetzung von elektrischen Maschinen gibt es keinen einheitlichen Standard, sondern lediglich Dokumentationen, wie so etwas durchgeführt wird bzw. Servicehandbücher. Genau diese Lücke will die EASA füllen. Sie verfügt über umfassende Dokumentationen und Datenbanken, über Zeichnungen von Wickeldaten, Betriebsdaten zu Maschinen und Getriebe, Hinweise zu Lagerschmierstoffen, Typenverzeichnisse und vieles mehr, die von den Mitgliedern jederzeit abgerufen werden können ([www.easa9.org](http://www.easa9.org)).





**Bild 1:** Dieser Stator mit Träufelwicklung (runder Magnetdraht) wurde durch Kontakt mit dem Rotor beschädigt



**Bild 2:** Offene Läuferstäbe – wie sie durch die Pfeile gekennzeichnet sind – können durch Sichtprüfung erkannt werden

Neuwicklung eines Motors (siehe auch Kasten »Studie zur Neuwicklung«). Diese soll demnach immer mit einer sorgfältigen Inspektion der Wicklungen (**Bild 1**) und des Rotorkäfigs beginnen. Werden defekte Läuferstäbe oder Ringe (**Bild 2**) nicht erkannt, so kann das zu einem verringerten Anlaufmoment oder zu Vibrationen führen.

Die Eigenschaften der ursprünglichen Wicklung müssen exakt repliziert werden, um die Leistung und Energieeffizienz eines Motors garantieren zu können. Als gute Praxis und Präventivmaßnahme empfiehlt die AR100 daher, vor dem Austausch der alten Wicklung die ursprünglichen Wicklungsdaten im »Ist-Zustand« aufzuzeichnen und zu überprüfen. Zur genauen Erfassung der Wicklungsdaten steht ein Formular zur Verfügung.

Des Weiteren sollte bei der Neuwicklung die ursprüngliche Drahtlänge beibehalten werden. Auch der Drahtquerschnitt sollte gleich oder, wenn möglich, größer sein. So lässt sich gewährleisten, dass der Wicklungswiderstand und die Wicklungsverluste beibehalten oder reduziert werden, was wiederum die Lebensdauer und den Wirkungsgrad der Wicklung erhält oder sogar erhöht.

### Prüfen des Statorpakets

Das Statorpaket besteht aus einem Stapel dünner Bleche, die als Ständerbleche oder Lamellen bezeichnet werden. Jedes Blech ist beidseitig isoliert und hat eine Statorbohrung sowie mehrere Statornuten, in denen die Wicklung eingelegt wird. Wenn sich zwischen den Blechen elektrische Kurzschlüsse entwickeln, führen die zirkulierende Ströme zu einer höheren Erwärmung und damit zur Erhöhung der Verluste des Stators.

Die AR100 enthält Leitfäden für die Inspektion und Prüfung von Statorpaketen, wo-

### Studie zur Neuwicklung

Eine umfassende Studie zum Thema Neuwicklung kam kürzlich zu dem Schluss, dass die Handlungsempfehlungen, die so bereits auch in der älteren Version AR100-2015 enthalten waren, die Effizienz von Premium-Effizienz- und IE3-Motoren erhalten. Daher sollte die Befolgung der verbesserten Empfehlungen in der AR100-2020 zu noch besseren Ergebnissen führen. Die Studie wurde beauftragt von der EASA in Zusammenarbeit mit der Association of Electrical and Mechanical Trades (AEMT), einem britischen Verband von Reparaturbetrieben. Eine Zusammenfassung sowie der vollständige Bericht »The Effect of Repair/Rewinding on Premium Efficiency and IE3 Motors« sind auf [www.easa.com](http://www.easa.com) verfügbar.



**Bild 3:** Der Pyrolyse-Ofen sollte über einen Teilmotorsensor und Wasserspray zur Temperaturregelung verfügen

bei der Schwerpunkt hier auf der Erkennung von Verschlechterungen wie kurzgeschlossenen Blechen liegt. Zum Beispiel schreibt die Richtlinie Prüfungen an Wicklung oder Ständerpaket vor, um den Stator vor und nach Entfernung der Wicklung zu magnetisieren, die Suche nach erhöhten Verlusten am Statorpaket, sowie die Reparatur bzw. Erneuerung von beschädigten Blechen. Mit diesen Maßnahmen lassen sich schadhafte Ständerpakete bereits vor der Reparatur identifizieren und nicht erst danach – oder schlimmer noch, nachdem der Kunde die reparierte Maschine bereits in Betrieb genommen hat.

### Entfernen der alten Wicklung

Das Thema Entfernen der alten Wicklungen vom Statorpaket ohne Beschädigung der Ständerbleche wird in der AR100 besonders berücksichtigt. Insbesondere empfiehlt die Richtlinie, die Wicklungsisolierung in einem temperaturgesteuerten Pyrolyse-Ofen thermisch zu belasten (**Bild 3**), während die Temperatur der Komponenten überwacht wird. So lassen sich die alten Wicklungen einfacher entfernen, ohne dabei das Ständerpaket zu beschädigen.

### Isoliersystem

Die AR100 betont auch, wie wichtig es ist, sicherzustellen, dass das Isoliersystem der neuen Wicklung gleich oder besser als das ursprüngliche ist und kompatible Komponenten verwendet. Die Option »besser als« ist im Normalfall möglich, da Reparaturbetriebe in der Regel Systeme der Klasse H (180°C) für Träufelwicklungen (**Bild 4**) und der Klasse F (155°C) für Formspulenwicklungen verwenden. Die meisten Motorenhersteller verwenden Träufelwicklungen und Formspulenwicklungen der Klasse F (155°C).



**Bild 4:** Anbringen von Träufelwicklungen der Klasse H auf einer halbautomatischen Wickelmaschine



**Bild 5:** Vor der Tauchimprägnierung wurde dieser Stator in einem Ofen erhitzt

### Imprägnierung der Wicklung

Thematisiert wird auch das optimale Verfahren zur Imprägnierung von Wicklungen (Bild 5). Der ausgehärtete Lack bzw. das Harz ist am Ende schließlich das »verbindende Element«, welches alle Wicklungskomponenten zusammenhält. Die Vergussmasse sorgt zudem für eine optimale Wärmeübertragung von der Wicklung zum Statorpaket und in die Kühlluft. Die AR100 empfiehlt unter anderem ein Vorwärmen der Statorwicklung vor dem Tränken sowie die Verwendung von Isolierlacken oder Tränklarzen mit einer ausreichenden Wärmebelastung. Es ist sicherzustellen, dass das Verfahren zur Imprägnierung von Wicklungen sowohl mit dem Isoliersystem kompatibel, als auch für die Anwendungsumgebung geeignet ist.

### Inspektion und Prüfung

Der Abschnitt über die Prüfung von reparierten Maschinen schreibt mehrere Tests vor, um zu gewährleisten, dass die Leistung den Typenschildwerten entspricht. Zu den empfohlenen Prüfverfahren gehören eine sorgfältige Inspektion, gefolgt von einer Messung des Wicklungsisolationswiderstands, einer Überspannungsprüfung und einer Hochspannungsprüfung. Mit Hilfe der Durchführung verschiedener Tests lassen sich Fehler oder Auffälligkeiten aufdecken, die einen vorzeitigen Wicklungsausfall verursachen könnten.

### Inspektion der Wicklungen

Die AR100 empfiehlt vorab eine sorgfältige Überprüfung der Wicklungen und des Isoliersystems auf mögliche Mängel oder Beschädigungen. Das heißt, bevor der Isola-

tionswiderstand geprüft wird und ein Überspannungstest oder eine Hochspannungsprüfung durchgeführt werden, muss eine Inspektion erfolgen. Es ist wichtig, schadhafte Wicklungen vorab zu erkennen, bevor die nächsten Tests durchgeführt werden, denn unentdeckte Mängel, könnten während der Prüfung eine neue oder überholte Wicklung möglicherweise zerstören.

### Isolationswiderstandsmessung

Nach der Inspektion sollte bei der Isolationswiderstandsmessung eine Minute lang eine konstante Prüfspannung angelegt und dann der Wicklungsisolationswiderstand in Megaohm gemessen werden. Die AR100 empfiehlt, diese Messung noch vor der Hochspannungsprüfung durchzuführen, da sie bei einer Wicklung mit schwacher Masseisolation deren Ausfall während der Prüfung verhindern kann.

Die AR100 führt die zulässigen Prüfbereiche für verschiedene Maschineneinstufungen sowie empfohlene Mindestwerte für den Isolationswiderstand, korrigiert für 40 °C auf (Tabelle 1). Erfüllt eine Wicklung diese Mindestwerte nicht, sollte sie keiner Hochspannungsprüfung unterzogen werden.

### Akkreditierungsprogramm

Im Jahr 2014 initiierte die EASA ein Akkreditierungsprogramm (Bild 9) für Reparaturbetriebe, das sie nach AR100 auditiert. Das Programm verwendet eine Audit-Checkliste mit mehr als 70 Kriterien für Servicezentrums-Eigenprüfungen und unabhängige Audits durch Dritte. Derzeit gibt es weltweit mehr als 140 akkreditierte Reparaturbetriebe.

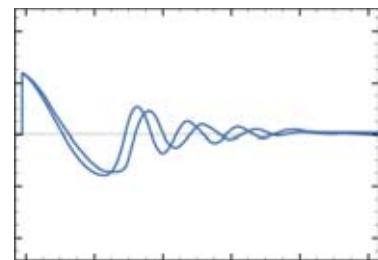
### Überspannungsprüfung

Während Isolationswiderstandsprüfungen nur für das Masseisoliersystem gelten, können Überspannungsprüfungen (Bild 6) Kurzschlüsse innerhalb der Wicklung aufdecken. Die AR100 empfiehlt, dass Stoßspannungsprüfungen bei (Runddraht-)Träufelwicklungen mit dem Doppelten der Schaltungsnennleistung plus 1000 V durchgeführt werden, und führt für Formspulenwicklungen mehrere unterschiedliche Prüfbereiche an, hauptsächlich basierend auf der Nennspannung der Maschine.

### Hochspannungsprüfung

Die Hochspannungsprüfung testet das Isoliersystem der Wicklung zur Masse, sodass die AR100 von ihrer Anwendung abrät, es sei denn, die Prüfergebnisse aus der vorangegangenen Inspektion und der Isolationswiderstandsmessung sind gut.

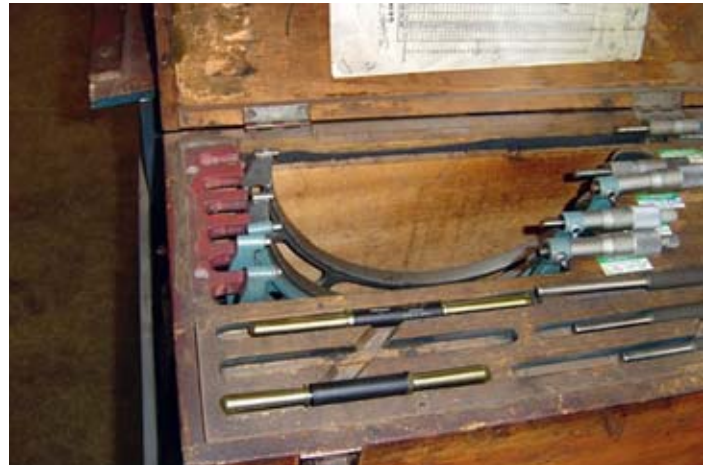
Die EASA-Richtlinie führt die Prüfbereiche für neue, überholte oder nicht überholte Wicklungen auf und liefert umfassende Tabellen zur Veranschaulichung von AC-Prüfspannungen. Die AC-Prüfspannung multipliziert mit dem Faktor 1,7 ergibt die äquivalente DC-Prüfspannung. Zu den Vorteilen der DC-Hochspannungsprüfung gehört,



**Bild 6:** Beispiel für ein fehlerhaftes Überspannungsprüfmuster – ein gutes Muster würde als einzelne Kurve erscheinen



**Bild 7:** Ein für den letzten Testlauf auf dem Prüfstand vorbereiteter Motor



**Bild 8:** Messschrauben mit deutlich sichtbaren Kalibrieretiketten – eine Empfehlung der AR100

dass sie gegenüber Wechselstrom ein Messgerät mit einer viel kleineren Kapazität erfordert, sodass bei einem Ausfall der Schaden geringer ist.

Für eine neue Wicklung ist das Testniveau der in den Tabellen angegebene Maximalwert (100%). Nach der Maschinenmontage beträgt das Testlevel 80% des Maximalwerts. Sowohl die 100%- als auch die 80%-Teststufe sind für einmalige Prüfungen einer Wicklung gedacht. Das heißt, um das Risiko von Isolationsbeschädigungen zu vermeiden, sollte eine Wicklung jeder Teststufe nur einmal in ihrer Lebensdauer unterzogen werden. Wenn nachfolgende Hoch-

spannungsprüfungen gewünscht sind (oder für überholte Wicklungen), schlägt die AR100 vor, bei 65% des maximalen Niveaus für neue Wicklungen zu prüfen.

### Leerlaufprüfung

Nach der Reparatur und Endmontage wird ein Motor in der Regel einer Leerlaufprüfung unterzogen (**Bild 7**). Der Versuch dient auch zur Überprüfung der mechanischen Komponenten. Die AR100 schreibt verschiedene Prüfverfahren vor, die an diesem kritischen Punkt durchzuführen sind, zum Beispiel die Überprüfung der genauen Betriebsgeschwindigkeit, die typischerweise mit einem digitalen Drehzahlmesser gemessen wird.

### Messgerätekalibrierung

Der Abschnitt über die Prüfung schließt mit der Empfehlung, die Messgeräte mindestens einmal jährlich nach einer nationalen Norm kalibrieren zu lassen und sie mit dem Namen und dem Kalibrierdatum des Anbieters eindeutig zu kennzeichnen wie es zum Beispiel in **Bild 8** zu sehen ist.

### Fazit

Endkunden und Anwender können sich sicher sein: Wartungs- und Reparaturbetriebe, welche die Richtlinien der AR100-2020 der EASA befolgen, liefern qualitativ hochwertige Reparaturen ihrer Elektromotoren und Generatoren. Obwohl sich dieser Artikel auf die elektrischen Aspekte der Reparatur von Wechselstrommaschinen konzentriert, bietet die Norm EASA AR100-2020 auch bewährte Verfahren für die Reparatur von Gleichstrommaschinen sowie für die mechanische Reparatur von rotierenden elektrischen Wechselstrom- und Gleichstromgeräten. Die EASA AR100-2020 steht auf [www.easa.com](http://www.easa.com) auf Englisch und Spanisch zum Herunterladen zur Verfügung.



**Bild 9:** Das Logo des EASA-Akkreditierungsprogramms

### FÜR SCHNELLESER

Die überarbeitete EASA-Richtlinie AR100-2020 gibt Anwendern die Möglichkeit an die Hand, die Arbeit verschiedener Reparatur- und Servicebetriebe technisch vergleichen zu können

Die meisten der überarbeiteten Abschnitte beziehen sich auf Verfahren bezüglich der Motorzuverlässigkeit und Effizienzsteigerung

Kommen Reparaturbetriebe den Empfehlungen nach, hat der Motor nach der Instandsetzung die gleiche Qualität und den gleichen Wirkungsgrad wie im Neuzustand

### Empfohlene Mindestwerte für den Isolationswiderstand bei 40 °C (alle Werte in MΩ)

Min. Isolationswiderstand	Prüfling
$IR_{1min} = kV + 1$	Die meisten Wicklungen, hergestellt vor 1970, alle Feldwicklungen, alle anderen Wicklungen, die unten nicht beschrieben werden
$IR_{1min} = 100$	Die meisten AC-Wicklungen, hergestellt nach 1970 (Formspulen)
$IR_{1min} = 5$	Die meisten Maschinen mit Träufelwicklungen und Formspulen mit einer Nennleistung unter 1 kV und DC-Armaturen

#### Anmerkungen:

1)  $IR_{1min}$  ist der empfohlene Isolationswiderstand der gesamten Maschinenwicklung in Megaohm bei 40 °C

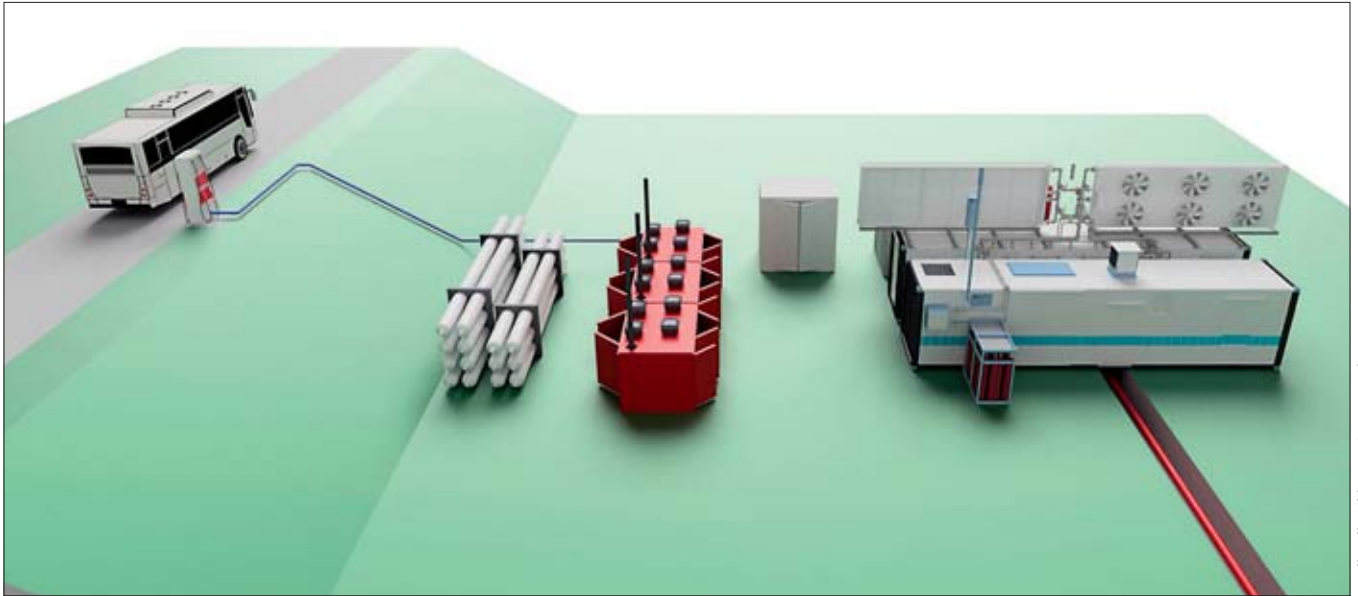
2) kV ist die Nennspannung der Maschine von Klemme zu Klemme in rms kV

Quelle: IEEE-Studie 43, Tabelle 3



#### Autor:

Thomas H. Bishop, PE.  
(Professional Engineer), Senior  
Technical Support Specialist  
EASA, St. Louis, USA



Quelle: alle Bilder Maximator Hydrogen

### Explosionsschutz

# Verbindungen für Wasserstoff-Tankstellen

Wer sein Auto mit Wasserstoff betankt, möchte sicher sein, dass sich das Gas nicht entzündet. Auch die elektrischen Verbindungssysteme müssen hohen Sicherheitsstandards genügen. Maximator Hydrogen – ein Anbieter von modernen Wasserstofftankstellen – und der Kabelanbieter Lapp erarbeiteten eine Kabelvorschlagsliste, die alle technischen Anforderungen und Normen dazu erfüllt.

Fahrzeugen mit Wasserstoff-Antrieb begegnet man auf deutschen Straßen äußerst selten. Und wer eine Wasserstoff-Tankstelle sucht, hat nur geringe Auswahl: Derzeit gibt es in Deutschland weniger als hundert Orte, wo man das leichte und energiereiche Gas tanken kann. Schuld am schleppenden Ausbau waren bisher fehlende Produktionskapazitäten. Doch das hat sich geändert. In Nordhausen im thüringischen Harz befindet sich seit Kurzem das größte Werk für Wasserstoff-Tankstellen in Europa. Eigner ist die Maximator Hydrogen GmbH, die dort ihren Stammsitz hat. Das Unternehmen wurde aus der Maximator GmbH heraus gegründet und steht seit Januar 2022 auf eigenen Beinen.

#### Mit Kompressoren fing es an

Ein Alleinstellungsmerkmal der Maximator GmbH sind Kompressoren und Teststände für Wasserstoff. Seit den 1990er Jahren beschäftigt man sich mit Wasserstofftechnologien und entwickelte ab 2017 gemeinsam mit

Maximator Advanced Technology (MAT) die ersten Wasserstoffverdichter für Tankstellen (Bild 1). Seit 2018 baut und produziert die in Nordhausen ansässige Maximator GmbH auch komplette Wasserstofftankstellen und hat sich in kürzester Zeit durch innovative Technologien eine führende Stellung in diesem Gebiet erarbeitet.

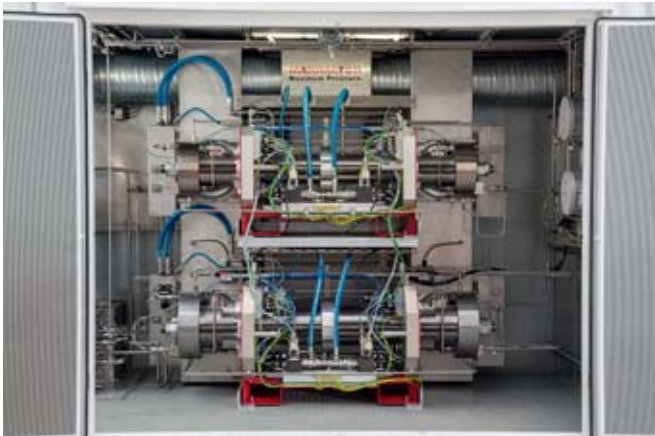
Das erste Großprojekt war 2018 eine Anlage für die Stadtwerke Wuppertal, die in ihrer Müllverbrennungsanlage neben Strom und Wärme auch Wasserstoff zum Betanken von Bussen erzeugen möchte. Maximator lieferte die komplette Technik zur Erzeugung, Speicherung und Betankung. Danach folgten weitere Projekte als Generalunternehmer: In Wien tanken Busse mit der Technik von Maximator Hydrogen, in der Schweiz ist das Unternehmen bei der ambitionierten H2-Initiative des Landes dabei und liefert Gasbefüllstationen entlang eines Wasserstoff-Highways für die Betankung von Lastkraftwagen.

Bis zu 50 Tankstellensysteme will das Unternehmen 2022 ausliefern, bis 2030 sollen

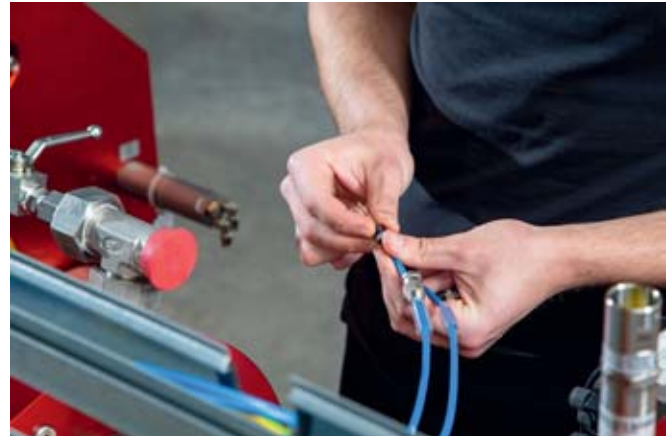
insgesamt 4000 Anlagen »made in Thüringen« in Betrieb sein. Der große Erfolg kommt für Marcel Urban, der mit seinem Team die Elektroplanung verantwortet, nicht überraschend: »Durch unseren Ursprung und die Verbindung zu Maximator greifen wir auf einen großen Erfahrungsschatz und Expertise in der Hochdrucktechnik und Kompressionstechnologie zurück.«

#### Höhere Anforderungen für Kabel im Freien

Wasserstofftankstellen unterliegen hohen Sicherheitsanforderungen. So müssen auch die elektrischen Verbindungssysteme in den Wasserstofftankstellen hohe Anforderungen erfüllen. Maximator Hydrogen setzt seit Jahren auf Lapp, den Weltmarktführer für integrierte Lösungen in der Kabel- und Verbindungstechnologie. »Es gab nur positive Erfahrungen – deshalb sind Bestellungen bei Lapp einfach gute Gewohnheit«, so Marcel Urban. Als Maximator Hydrogen anfang, Anwendungen mit hohen Sicherheitsanforderungen



**Bild 1:** Maximator Hydrogen ist seit vielen Jahren mit dem Bau von Wasserstofftankstellen am Markt



**Bild 2:** Für die Verkabelung der Hochdruckkompressoren wurden u.a. ungeschirmte Ölflex-Leitungen von Lapp verwendet

zu konstruieren, sah die Zusammenarbeit wie folgt aus: Lapp übergab eine Kabelvorschlagsliste, in der die Produkte aufgeführt sind, die für den jeweiligen Einsatzzweck die gültigen Normen erfüllen. Anschließend planten Marcel Urban und sein Team mit den Kabeln und Leitungen aus dieser Liste und konnten sicher sein, dass sie am Ende alle Anforderungen erfüllt hatten.

Mit der Entscheidung, komplette Tankstellen zu bauen, kamen erweiterte Anforderungen an die Kabel und Leitungen hinzu. Nun war das Unternehmen auch für die Verkabelung im Außenbereich zuständig, was bisher die Bauherren der Tankstellen übernommen hatten. »Weitere Anforderungen waren unter anderem der Schutz vor Nagetieren und UV-Strahlung, wobei die Anforderungen zum Explosionsschutz weiterhin bestanden«, so Marcel Urban. Vor diesem Hintergrund wandte sich das Team an René Beitlich, dem zuständigen Lapp Account Manager. Man vereinbarte ein Treffen in Nordhausen, wo sich Beitlich und sein Kollege Olaf Westermann aus der Anwendungstechnik von Lapp die Tankstellen anschauen und bewerten sollten, ob mit den verbauten Kabeln und Leitungen auch im Außenbereich alle Normen eingehalten werden. »Für unsere Kunden sind wir oftmals im Tandem aus Vertrieb und Anwendungstechnik unterwegs. So unterstreichen wir mit unserer Expertise unsere führende Marktposition«, berichtet Beitlich.

### Neue Kabelvorschlagsliste

Nach dem Treffen gab es einen Workshop bei Maximator Hydrogen, in dem die notwendigen Sicherheitsanforderungen noch einmal detailliert besprochen wurden. Gemeinsam habe man eine Checkliste für den Kunden erstellt und eigene Erfahrungen und Auszüge aus Richtlinien für die Betriebssicherheit wie

dem Explosionsschutz nach EN1127-1 eingebracht. »Über den reinen Vertrieb unserer Produkte hinaus wollten wir dem Kunden auch die Normenwelt hinter den Zertifizierungen nahebringen«, so Beitlich.

Daraus folgte eine Anleitung, die zusätzliche Anforderungen an die Kabel und Leitungen aus der Kabelvorschlagsliste beschreibt und diese somit vor den vorherrschenden äußeren Einflüssen wie einem Nagetierbiss und UV-Strahlung schützt. Diese Liste geht an die Integratoren, die vor Ort die Module der Tankstelle elektrisch miteinander verbinden. »Da gibt es keine Diskussion: Die Integratoren müssen die Produkte von Lapp aus dieser Liste verwenden, weil uns das Sicherheit gibt«, so Urban. Ab und zu kommt es vor, dass sich an abgelegenen Orten kein Integrator findet, dann übernimmt Maximator Hyd-

rogen den Zusammenbau selbst, wie kürzlich bei einer Tankstelle in Schweden.

### Eigensichere Stromkreise mit hohem Zündschutz möglich

Ein rundes Dutzend unterschiedliche Leitungen von Lapp steckt nun in den Tankstellen. Eine Schlüsselrolle kommt der Ölflex EB zu, sowohl als geschirmte als auch als ungeschirmte Variante, die eigensichere Stromkreise mit hohem Zündschutz an den Initiatoren der Hochdruckkompressoren verbindet (Bild 2). Weiter dient die Ölflex 400 als Steuerleitung für digitale 24-V-Schaltssignale, die geschirmte Variante für analoge Signale mit 4...20 mA und 0...10 V, die Ölflex 550 P versorgt die Beleuchtung und Heizung mit Netzspannung. Daneben gibt es diverse Leitungen zur Datenübertragung wie die Etherline Cat.5e flex für sämtliche Kommunikationsverbindungen zwischen IT-Komponenten und den Modulen sowie Hitronic HQW3000 Lichtwellenleiter für größere Strecken ab 100 m, was bei Großprojekten wie etwa in Wien häufiger vorkommt.

Mit dem Ergebnis der Zusammenarbeit sind beide Seiten sehr zufrieden. Trotz der pandemiebedingten Hürden fand ein direkter Austausch statt und ein kundenspezifisches Konzept wurde erarbeitet. Angesichts der zuverlässigen Produktqualität, der individuellen Beratung sowie der Expertise seitens Anwendungstechnik und Vertrieb gibt es für Marcel Urban nur ein Fazit: »Auch bei künftigen Projekten wird Lapp wieder mit dabei sein.«

### Wasserstoff aus Sonnenlicht

Der Kreis Düren will bis 2035 klimaneutral werden. Dazu sollen Busse und Bahnen mit Wasserstoff fahren. Der wird mit Sonnenlicht aus dem Solarpark Merscher Höhe in Jülich erzeugt, der kürzlich fertiggestellt wurde. Die 17 000 Photovoltaikmodule auf 9,5 h Fläche leisten 9,2 MW und sammeln über das Jahr 9,7 Gigawattstunden Energie, die den Elektrolyseur speist. Der grüne Strom soll für 170 Tonnen Wasserstoff jährlich reichen und bis zu 20 Züge und 170 Busse speisen. Später kann der Wasserstoff auch auf dem Brainergy-Gelände verbraucht werden, ein Gewerbe- und Innovationspark im Kreis Düren mit einem Schwerpunkt auf erneuerbaren Energien. Sämtliche Kabel und Leitungen kommen von Lapp, darunter 210 km Stringleitungen. Errichtet wurde der Solarpark von der F&S solar service GmbH.

### Autor:

Bernd Müller,  
freier Journalist im Auftrag von Lapp



### Eine juristische Würdigung normativer Vorgaben

# Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen

Die Norm DIN VDE 1000-10 stellt in ihrer Ausgabe vom Juni 2021 klar, dass ein Unternehmer eine originäre Pflicht zur Schaffung einer geeigneten Organisation und zur Einbindung des Arbeitsschutzes in die betriebliche Führungsstruktur hat. Dies soll nach den entsprechenden Paragraphen der DGUV Vorschrift 1 sowie dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) erfolgen. Was bedeutet dies konkret?

So fordert der § 2 Abs. 3 der DGUV Vorschrift 1, dass der Unternehmer die Maßnahmen des Arbeitsschutzes gemäß den Vorgaben des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) zu planen, zu organisieren, durchzuführen und erforderlichenfalls an veränderte Gegebenheiten anzupassen hat. In Ergänzung dazu verpflichtet der § 3 Abs. 2 ArbSchG den Arbeitgeber - unter Berücksichtigung der Art der Tätigkeiten und der Zahl der Beschäftigten - für eine geeignete Organisation zu sorgen und die erforderlichen Mittel bereitzustellen sowie Vorkehrungen zu treffen, dass die Maßnahmen erforderlichenfalls bei allen Tätigkeiten und eingebunden in die betrieblichen Führungs-

strukturen beachtet werden und die Beschäftigten ihren Mitwirkungspflichten nachkommen können.

Mit einfachen Worten gesagt: Der Arbeitgeber ist verantwortlich dafür, dass der Betrieb so sicher organisiert ist, dass vermeidbare Schadenfälle auch tatsächlich vermieden werden.

#### *Bedeutung für die Elektrosicherheit*

Im Bereich der Elektrosicherheit bedeutet das, dass jede Elektrofachkraft eigenverantwortlich die Fachverantwortung für die vom Unternehmer übertragenen elektrotechnischen Arbeiten trägt und im zugewiesenen Tätigkeitsfeld weisungsfrei ist. Da sich zu-

nehmend in der Praxis Situationen ergeben, in denen der disziplinarische Vorgesetzte einer Elektrofachkraft selbst nicht Elektrofachkraft ist, wurde in DIN VDE 1000-10 (VDE 1000-10) die Rolle der »Verantwortlichen Elektrofachkraft« als eine Möglichkeit der innerbetrieblichen Organisation für die Übertragung dieser Rechte und Pflichten sowie die Voraussetzungen hinsichtlich der notwendigen Qualifikation solcher Personen beschrieben.

#### *Aussage der Norm*

Konkret sagt die DIN VDE 1000-10 hierzu unter Ziffer 3.2 zur VEFK: »Person, die als Elektrofachkraft nach 3.1 Fachverantwortung

Quelle: beide Bilder Mebedo



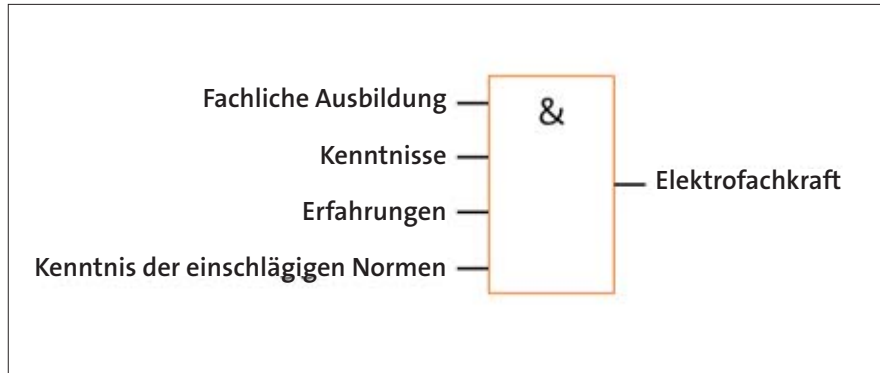
**Bild 1:** Der Arbeitgeber ist verantwortlich dafür, dass der Betrieb sicher organisiert ist

trägt und darüber hinaus mit der Wahrnehmung von Unternehmerpflichten hinsichtlich der elektrotechnischen Anforderungen beauftragt ist. Anmerkung 1 zum Begriff: Unternehmerpflichten sind z. B. Organisations-, Fürsorge-, Auswahl- und Kontrollpflicht.«

Zu 3.1 ist die Elektrofachkraft als eine Person definiert, »die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Normen die ihr übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann«. Hierdurch wird der Forderung der Übertragung der Teilbereiche arbeitgeberseitiger Verantwortung auf fachkundige und zuverlässige Personen gemäß § 13 Abs. 2 ArbSchG entsprochen.

**Was ist die rechtliche Konsequenz?**

Evident und gesetzlich gefordert ist, dass für die verantwortliche fachliche Leitung in ei-



**Bild 2:** Die Definition einer Elektrofachkraft als »UND-Verknüpfung« – nur wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind, ist man Elektrofachkraft

nem elektrotechnischen Betrieb oder Betriebsteil eine Person erforderlich ist, die die Anforderungen an eine VEFK nach 3.2 der DIN VDE 1000-10 erfüllt.

Ebenso versteht es sich als selbstverständlich, dass daraus schlussfolgernd abgeleitet werden muss, dass die unternehmerischen und fachlichen Pflichten nicht allein nur durch arbeitsbezogene Verantwortungen erfüllt werden können, sondern auch von der Aufbauorganisation des Unternehmens sichergestellt werden müssen. »Die originären Pflichten, Organisations-, Fürsorge-, Auswahl- und Kontrollpflicht, gelten für alle Unternehmen und sind durch die Unternehmensleitung/Führungskräfte entsprechend zu beachten und tragfähig umzusetzen.«

Und hierbei gilt nunmehr unter direktem Bezug auf die DGUV Vorschrift 3 »Elektrische Anlagen und Betriebsmittel«, dass die VEFK eigenverantwortlich und selbstent-

scheidend den Teil der unternehmerischen Verantwortung übernimmt, den der sonstige Unternehmer in Ermangelung entsprechender Fachkunde und/oder zeitlicher Ressourcen nicht mit dem erforderlichen Überblick und der gebotenen Sorgfalt erfüllen kann. In Summe lässt sich sagen:

**Die VEFK ist nicht nur das »elektrotechnische Gewissen im Unternehmen«, sondern ebenso der Vordenker und Entscheider in Sachen Elektrosicherheit!**



**Autoren:**  
Stefan Euler, Geschäftsführer u.a. der MEBEDO Akademie GmbH und Hartmut Hardt, Rechtsanwalt, Waltrop

**Für Zonen 1 und 21**

**Ex-d-geschützte Kabelverschraubungen**



Die von der schweizerischen Tochtergesellschaft **Agro AG** der Kaiser Group entwickelten Kabelverschraubungen sind in verschiedenen Zündschutzarten für den Betrieb in den Zonen 1 und 21 nach ATEX und IECEx zertifiziert. Neben Verschraubungssystemen in Ex-e- und Ex-

i-Ausführung beinhaltet das Angebot druckfest gekapselte Modellreihen mit metrischen, zölligen und Pg-Gewinden für Kabeldurchmesser ab 3 mm bis 50 mm. Die aus vernickeltem Messing gefertigten Kabelverschraubungen »Ex Compact MS« erfüllen die Schutzart IP66 bzw. IP68 (30 bar) und sind für einen erweiterten Temperaturbereich zwischen -60°C und +105°C zugelassen. Alle Varianten sind in A2- oder A4-Edelstahlausführungen lieferbar.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122170](http://www.elektro.net/122170)

**Messeneuvorstellung**

**Sortiment an Keramikmaterialien**



**Kyocera** präsentierte auf der Achema 2022 verschiedene Pumpenkomponenten mit ausgezeichneten Materialeigenschaften, darunter Hüllen für magnetische Antriebspumpen oder große, komplexe Keramikkomponenten entsprechend Kundenanforderungen. Wellen,

Gleit- und Dichtringe für Pumpen, die aus gesintertem Siliziumkarbid (SiC) bestehen, bieten verschiedene Vorteile für eine lange Nutzungsdauer. Ein guter chemischer Widerstand sowie die hohe Korrosionsbeständigkeit sind auch bei Betriebstemperaturen von bis zu 1600°C gegeben. »FZM+« ist das neue Zirkonmaterial. Die Temperaturfestigkeit reicht dabei von -200°C bis zu einer maximalen Anwendungstemperatur von über +450°C.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122239](http://www.elektro.net/122239)

### Übersichtlich und mit App Typenschild für alle Fälle



**Dunkermotoren**, eine Marke von Ametek Advanced Motion Solutions, führt ein neues, standardisiertes Typenschild für seine Motoren und Antriebskombinationen ein. Dieses vereint alle relevanten Informationen über den Motor bzw. die komplette Antriebseinheit mit z. B. Getriebe, Geber, Bremse und Elektronik auf einem einzigen Label. Möglich wird dies durch den neuen Data Matrix Code

und die Dunkermotoren-Typelabel-App. Durch Einscannen des Codes mit der App werden die darin beinhalteten Produktinformationen decodiert und sofort auf dem Smartphone oder Tablet angezeigt. Der Kunde bzw. Anwender erhält dabei neben den sichtbaren Angaben auf dem Typenschild weitere nützliche Informationen über den Antrieb und dessen Komponenten. Verfügbar ist die App über den Apple App Store sowie den PlayStore von Google und kann dort kostenfrei heruntergeladen werden. Antriebslösungen mit den bürstenlosen Motoren der Baureihe BG 65 sind seit Mitte Juli 2022 die ersten Produkte, die das neue Typenschild tragen.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122303](http://www.elektro.net/122303)

### Einsatz in rauen Umgebungen

#### Dezentrale Switches mit Schutzart IP67



Dank der IP67-Klassifizierung eignen sich der »Etherline Access PN IP67« als Profinet-Switch sowie der »U IP67« Unmanaged-Industrial-Ethernet-Switch für den Einsatz direkt im Feld und ermöglichen eine durchgängige Ethernet-Vernet-

zung. Die neuen Switches von **Lapp**, mit vielfältigen Managementfunktionen, verbinden bis zu acht Netzwerk-Teilnehmer über M12D-kodierte Anschlüsse und wurden speziell für den Einsatz in rauen industriellen Umgebungen außerhalb des Schaltschranks entwickelt. Aufgrund der Schutzart können sie direkt an oder in der Maschine installiert werden. Der »Etherline Access PN IP67« eignet sich besonders zur Verwendung in Profinet-Netzwerken der Automatisierungstechnik (»Conformance Class B«). Der Unmanaged-Industrial-Ethernet-Switch Etherline Access U IP67 verfügt über acht Ports (10/100Base-T(X)) für D-kodierte M12-Steckverbinder. Beide Switches sind in einem erweiterten Temperaturbereich von -40°C bis +75°C einsetzbar.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122186](http://www.elektro.net/122186)

### Unterschiedliche Hakenlängen

#### Abzieher-Set für flexiblen Einsatz



Müssen Zahnräder, Wälzlager oder weitere Maschinenelemente effektiv und sicher gelöst werden, kommt ein Abzieher zum Einsatz. Eine flexible Zusammenstellung mit drei verschiedenen Hakenpaaren, die an den jeweiligen Anwendungsbereich

angepasst werden können, bietet das Abzieher-Set 1.06/AS von **Gedore**. Das 8-teilige Abzieher-Set umfasst neben der zweiarmigen und 180 mm breiten Traverse und Spindel ebenfalls drei Paare Abziehhaken in unterschiedlichen Längen. Der Abzieher verfügt über eine stufenlos einstellbare, maximale Spannweite von 130 mm und eine Spanntiefe von 100 mm, 200 mm oder 250 mm, je nachdem, welches Hakenpaar an den beiden Armen der Traverse montiert wird. Die schmalen, manganphosphatierten Haken lassen sich dabei an schwer zugänglichen Zwischenräumen, wie Getrieben beispielsweise, mühelos einsetzen.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122187](http://www.elektro.net/122187)

### Interaktiv

#### Konfigurationsplattform für Lineartechnik



**Rollon** bietet ein umfassendes Sortiment an Linearführungen, Teleskopauszügen und Linearrachsen. Damit Anwender künftig schneller und einfacher das für sie passende Produkt finden, wurde die neue interaktive Konfigurationsplattform »myRollon« gestartet. Das Tool ist eine interaktive Plattform für Information, Produktauswahl, Konfiguration, Vorselektion sowie Vergleich von Rollon-Linear-technik und verbindet selbständige Recherche mit persönlicher

Beratung. Ziel ist es, Konstrukteure und Designer bei ihrer Arbeit bestmöglich zu unterstützen und auf dem kürzesten Weg zum passenden Produkt zu führen. Der Anwender erhält alle wichtigen Informationen auf einen Blick und kann darüber hinaus mehrere Produkte hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Ausstattung miteinander vergleichen. Aktuell ist »myRollon« in sechs Sprachen verfügbar.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122226](http://www.elektro.net/122226)



## Für hohe Radial- und Axialkräfte IP65-konformes Winkelgetriebe



Konkret verfügt das »WPLHE« von **Neugart** sowohl über die Verzahnung eines bewährten Economy-Getriebes als auch über eine hoch performante Abtriebslagerung mit vorgespanntem Kegelrollenlager. Damit toleriert das neue Winkelgetriebe hohe Radial- und Axialkräfte bis 8000 N am Abtrieb. So lassen sich beispielsweise auch Rie-

menscheibenantriebe mit hohen Radiallasten als Winkelvariante realisieren. Da der Motor dabei im Vergleich zum koaxialen PLHE um 90° gedreht wird, bietet das WPLHE die ideale Lösung bei beengten Platzverhältnissen, zum Beispiel in Verpackungs- und anderen Sondermaschinen. Laut Anbieter wird es als einziges Economy-Winkelgetriebe optional mit vormontiertem Ritzel angeboten und in Schutzart IP65 angeboten. Es stehen dabei 13 unterschiedliche Ritzel zur Auswahl: sowohl gerad- als auch schrägverzahnt, von Modul 2 bis 3, mit Zähnezahlen von 15 bis 27.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122211](http://www.elektro.net/122211)

## Zehnfache Leistungsdichte Leistungsstarke High-Speed-Motoren



Es gibt Anwendungen, bei denen Pumpen und Kompressoren Antriebsdrehzahlen und Leistungen benötigen, die mit klassischen Elektromotoren nicht zu erfüllen sind. Aktuell kommen Untersetzungsgetriebe oder Dampf- und Gasturbinen zum Einsatz. An dieser Stelle bietet die **VEM GmbH** mit der neuen High-Speed-Motoren-Reihe eine kompakte und leistungsstarke Alternative. Die Leistungs-/Drehzahlkurve verläuft hierbei vom kleinsten Motor mit einer Motorleistung von ca. 1000 kW bei bis zu 20000 min<sup>-1</sup> zu den größten Motoren mit ca. 30000 kW bei 5000 min<sup>-1</sup>. Noch höhere Leistungen bis zu ca. 46000 kW bei 3600 min<sup>-1</sup> sind

angedacht. Die Energiedichte im Läufer kann etwa den zehnfachen Wert gegenüber einem konventionellen 2-poligen Motor mit 3000 min<sup>-1</sup> erreichen. Beherrschbar ist dies nur durch den Einsatz gänzlich neuartiger Kühlkonzepte.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122304](http://www.elektro.net/122304)

## Baugrößen 1200 A, 1600 A und 2000 A Kompaktleistungsschalter



**Siemens** stellt neue Kompaktleistungsschalter-Baugrößen mit hohen Nennströmen vor. Die neuen Leistungsschalter »3VA UL Large Frame« sind weltweit einsetzbar. In den Baugrößen 1200 A und 1600 A erfüllen die Geräte die Anforderungen der IEC- und der UL-Normen. Die erstmals verfügbare Baugröße 2000 A ist ausschließlich für den UL-Markt konzipiert. Alle neuen Baugrößen sind sowohl mit thermisch-magnetischen als auch mit intelligenten elektronischen Auslösern erhältlich. Der

Kompaktleistungsschalter 3VA UL Large Frame mit elektronischem Auslöser bietet vollständig integrierte Kommunikations- und Messfunktionen. Die Energie- und Zustandsdaten werden mit einer Genauigkeit von +/-1% erfasst und an übergeordnete Systeme weitergegeben. Diese Funktion ist direkt in den elektronischen Auslöser (ETU) integriert und erfordert keine zusätzlichen Komponenten im Schalter mehr.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122243](http://www.elektro.net/122243)

## Für E-Ladestationen und Wallboxen Überspannungsschutz



Bis 2025 steigt der Bedarf an privaten und öffentlichen Ladepunkten voraussichtlich auf 250000. Bei allen öffentlich zugänglichen Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge ist ein Überspannungsschutz vorgeschrieben. **Raycap** erweitert deswegen mit dem »ProTec T2C-EV« sein Sortiment an Überspannungsschutz-Komponenten. Dieser Typ 2+3-Überspannungsschutz ist mit seiner kompakten Bauweise eigens dafür ausgelegt, in kleinen Ladestationen oder Wallboxen Platz zu

finden. Damit deckt der ProTec T2C-EV auch private Ladestationen ab, die nicht bereits über den Hausanschluss ausreichend vor Überspannungsschäden geschützt sind. Das Gerät ist dank seiner unterschiedlichen Anschlussmöglichkeiten schnell und einfach zu installieren: Wahlweise mit Fast-on-Anschluss oder einem passenden Kabelset. Letzteres ermöglicht es, die Kabellängen selbst zu konfektionieren.

**Weitere Infos online:**  
[www.elektro.net/122217](http://www.elektro.net/122217)

# Fortbildung und Seminare

Termin	Thema/Bezeichnung des Seminars	Ort	Veranstalter
<b>Elektrische Maschinen und Antriebe</b>			
5.10.2022	Industrielle Bustechnik: ModBus-RTU über RS485	Offenbach	VDE Academy Tel.: (069) 840006 1312, www.essociation.de
11.10.2022	Maßnahmen zur Minimierung von Verschleiß in der Praxis	Ostfildern	TAE Tel.: (0711) 3 40 08-0, www.tae.de
11.10.–19.10.2022	Elektrische Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge (vier Vormittage)	Online	HdT Tel.: (0201) 1803-1, www.hdt.de
17.11.–18.11.2022	Grundlagen elektrischer Maschinen (auch online möglich)	Stuttgart	Etech-Akademie Tel.: (0711) 18422895, www.etch-akademie.de
23.11.–24.11.2022	9. VDI-Fachtagung Welle-Nabe-Verbindungen	Leinfelden-Echterdingen	VDI-Wissensforum Tel.: (0211) 6214-201, www.vdi-wissensforum.de
25.11.–26.11.2022	Funktionale Sicherheit nach ISO EN 13849-1/2 und EN 62061	Online	VDE Academy Tel.: (069) 840006 1312, www.essociation.de
28.11.2022	Entwurf und Berechnung elektrischer Maschinen für Elektrofahrzeuge	Online	Etech-Akademie Tel.: (0711) 18422895, www.etch-akademie.de
1.12.–2.12.2022	Grundlagen elektrischer Maschinen	Berlin	VDI-Wissensforum Tel.: (0211) 6214-201, www.vdi-wissensforum.de
6.12.–7.12.2022	Grundlagen nichtlinearer Schwingungen	Frankfurt/M.	VDI-Wissensforum Tel.: (0211) 6214-201, www.vdi-wissensforum.de
7.12.–8.12.2022	EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	Essen	HdT Tel.: (0201) 1803-1, www.hdt.de

<b>Elektrische Anlagen</b>			
4.10.2022	VDE 0100 – Bestimmungen für das Errichten von Niederspannungsanlagen bis 1000 V	Online	TÜV Saar Tel.: (0 68 97) 506-506, www.tuev-seminare.de
17.10.2022	JU für das Arbeiten unter Spannung (AuS) nach VDE 0105-100 Abs. 6.3 und DGUV Regel 103-011	Hattingen	TÜV Saar Tel.: (0 68 97) 506-506, www.tuev-seminare.de
17.10.2022	Geräteprüfung: Grundlagen und Normen, E-Check-Geräteprüfung (ElkoNet)	Online	BZE Tel.: (040) 25 40 20 – 0, www.bze-hamburg.de
24.10.–28.10.2022	Erst- und Wiederholungsprüfungen an elektrischen Anlagen und Geräten	Stuttgart	TÜV Saar Tel.: (0 68 97) 506-506, www.tuev-seminare.de
27.10.2022	Anlagenprüfung: Thermografie mit Messpraxis	Hamburg	BZE Tel.: (040) 25 40 20 – 0, www.bze-hamburg.de
27.10.2022	Zählerplatzanlagen / TAB	München	ezm, Tel.: (0221) 221-7766-0, <a href="https://vds.de/bildungszentrum">https://vds.de/bildungszentrum</a>
7.11.2022	JU für Elektrofachkräfte nach ArbSchG, BetrSichV, DGUV Vorschrift 1 und 3 und VDE 0105-100 einschl. AuS	Sulzbach	TÜV Saar Tel.: (0 68 97) 506-506, www.tuev-seminare.de
8.11.2022	Anlagenprüfung: Grundlagen und Normen (ElkoNet)	Hamburg	BZE Tel.: (040) 25 40 20 – 0, www.bze-hamburg.de
22.11.–23.11.2022	Prüfen von elektrischen Geräten in Industrie und Gewerbe nach DIN VDE	Leer	FBZ-E Tel.: (0491) 9767270, www.fbz-e.de
25.11.2022	Errichten und Prüfen von Ladestationen	Stuttgart	etz Tel.: (0711) 955916-0, www.etz-stuttgart.de

<b>Betriebsführung</b>			
11.10.2022	Betriebsorganisation	Hannover	e-masters Tel.: (0511) 6159980, www.e-masters.de
17.10.2022	Organisationsverantwortung der anweisenden Elektrofachkraft für Arbeiten unter Spannung (AuS) - Modul 1	Online	TÜV Saar Tel.: (0 68 97) 506-506, www.tuev-seminare.de
24.10.–28.10.2022	Fachkraft für Explosionsschutz	Hattingen	TÜV Saar Tel.: (0 68 97) 506-506, www.tuev-seminare.de
27.10.2022	Arbeitsrecht für Führungskräfte	Online	VDE Academy Tel.: (069) 840006 1312, www.essociation.de

## Hinweis

Aufgrund der Gesundheitskrise führen einige Veranstalter ihr Seminarprogramm nur eingeschränkt in Form von Präsenzveranstaltungen durch. Bitte informieren Sie sich vorab über die abgedruckten Kontakt-

möglichkeiten, ob und in welcher Form (z. B. hybrid oder rein virtuell) das jeweilige Seminar stattfindet. Die aufgezeigten Termine sind von der entsprechenden Webseite des Anbieters, Stand 29.8.2022.



Frank Ziegler  
Gewusst wie  
**Normen und Vorschriften  
im Berufsalltag**  
2018. 152 Seiten. Softcover. € 36,80.  
Fachbuch: ISBN 978-3-8101-0462-5  
E-Book/PDF:  
ISBN 978-3-8101-0463-2

# Normen und Vorschriften

Anhand verschiedener Praxisfälle zeigt dieses Buch auf, wie sich Normen und Vorschriften im Berufsalltag umsetzen lassen.

## Diese Themen werden u.a. behandelt:

- Rechtsgrundlagen
- Praxisfälle und deren normative und praktische Bewertung im Bereich
  - der Schaltanlagen/Verteiler
  - des Blitz- und Überspannungsschutzes/der Erdung
  - der Errichtung von Photovoltaikanlagen
  - der Errichtung von Not- und Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
  - der Überprüfung von elektrischen Anlagen und Arbeitsmitteln
  - der EMV

## BESTELLCOUPON

	Fax: +49 (0) 89 2183-7620
	E-Mail: buchservice@huethig.de
	www.elektro.net/shop



Hier Ihr Fachbuch  
direkt online  
bestellen!

— Ex. Ziegler. Gewusst wie – Normen und Vorschriften im Berufsalltag. € 36,80 (inkl. MwSt., zzgl. Versandkosten).

- Fachbuch: ISBN 978-3-8101-0462-5  
 E-Book: ISBN 978-3-8101-0463-2

— Ich möchte folgenden kostenlosen Newsletter erhalten:

- de  de-Buchshop  
(Bitte E-Mail-Adresse in das @-Feld eintragen.)

Ich bin einverstanden, dass die von mir angegebene E-Mail-Adresse von der Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg verwendet wird, um mir den elektro.net-Newsletter und in regelmäßigen Abständen Informationen zu für mich relevanten Themen aus dem Bereich Elektro zuzusenden. Diese Einwilligung kann ich jederzeit mit Wirkung für die Zukunft per E-Mail an kontakt@elektro.net widerrufen.

### Datenschutzhinweis:

Verantwortlich für die Verarbeitung Ihrer Daten ist die Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg. Ihre vorstehenden personenbezogenen Angaben werden zum Zwecke der Kundenbetreuung und Vertragserfüllung (z.B. Abobestätigung etc.) verarbeitet. Wir nutzen außerdem Ihre Daten für unsere interne Marktforschung und werden die Adressdaten auch an andere Werbetreibende, für gezielte Fachinformationsübermittlung an Sie, weitergeben. Darüber hinaus werden Sie, unabhängig einer ausdrücklichen Einwilligung, über eigene ähnliche Angebote oder Dienstleistungen (z.B. gleiche oder ähnliche Musterprodukte) der Hüthig GmbH per E-Mail informiert. Falls Sie dies nicht möchten oder eine erteilte Werbeeinwilligung widerrufen wollen, können Sie der Verwendung Ihrer Daten jederzeit mit Wirkung für die Zukunft gegenüber der Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg, widersprechen, ohne dass hierfür andere als die Übermittlungskosten nach den Basistarifen entstehen. Schreiben Sie hierzu an: Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg oder per E-Mail an kontakt@elektro.net. Ausführliches zum Datenschutz und zu den Informationspflichten finden Sie unter elektro.net/datenschutz.

WAN 24672

	Firma
	Name, Vorname*
	Straße, Postfach*
	PLZ, Ort*
	Telefon
	E-Mail* (Pflichtfeld bei Newsletter- und E-Book-Bestellung)
	Datum, Unterschrift*

\*Pflichtfeld





das elektrohandwerk

www.elektro.net

MAGAZIN

BUCH

DIGITAL

FACHTAGUNG



André Croissant  
**Elektroinstallationen  
im Ex-Bereich**  
2018. 296 Seiten. Softcover. € 41,80.  
Fachbuch:  
ISBN 978-3-8101-0444-1  
E-Book:  
ISBN 978-3-8101-0445-8

## Installationen im Ex-Bereich

Dieses Buch dient als Leitfaden zur Errichtung elektrischer Installationen und ist Nachschlagewerk für deren Betriebsweisen. Enthalten sind aktuelle Aussagen zur Normung der Reihe DIN EN 60079.

### Diese Themen werden behandelt:

- Gesetzliche Grundlagen,
- Begriffe und Kennzeichnungen,
- Zündschutzarten,
- Staubexplosionsschutz,
- Schutzmaßnahmen zu elektrischen Betriebsmitteln und Antrieben,
- Schaltgeräte,
- explosionsgefährdete Bereiche,
- Beleuchtung.

### Ihre Bestellmöglichkeiten auf einen Blick:



Hier Ihr  
Fachbuch  
direkt online  
bestellen!

	Fax: +49 (0) 89 2183-7620
	E-Mail: buchservice@huethig.de
	www.elektro.net/shop