Hüthig Verlag · 105. Jahrgang · ISSN 0013-5445

ema

ELEKTRISCHE MASCHINEN

5.2026

Einer von uns
Einbeck Elektromotoren GmbH aus Magdeburg

Nachwuchs für die Antriebstechnik
Besuch an der Max-Eyth-Schule Kirchheim u. T.

B2B-Shops
Wenn die KI den Elektromotor auswählt

Organ des Bundesfachbereichs
Elektromaschinenbau im ZVEH

MENZEL
ELEKTROMOTOREN

UNKOMPLIZIERTE ABSPRACHE, SCHNELLE REAKTIONS- UND LIEFERZEITEN



ELEKTRO-MOTOREN BIS 25 MW UND 13.800 V

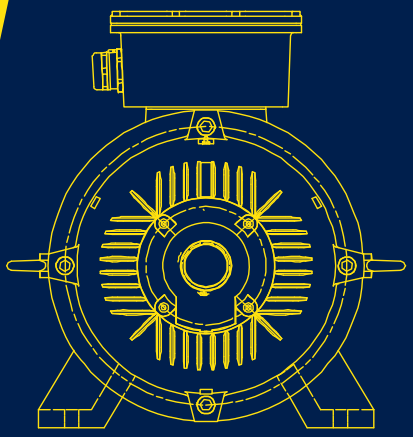
ENGINEERING TRIFFT ANTRIEBSTECHNIK

MOTOREN EXAKT AUSGELEGT FÜR IHRE ANWENDUNG

• Käfigläufermotoren • Schleifringläufermotoren • Gleichstrommotoren

Die **optimale Verfügbarkeit** eines Elektromotors entsteht erst durch eine **exakte Auslegung** des gesamten Antriebssystems. Mit fast **100 Jahren Erfahrung** und eigener Engineering-Abteilung stimmen wir präzise die benötigten Antriebskomponenten aufeinander ab.

Unsere **Experten** analysieren die Netz-, Einschalt- und Betriebsbedingungen und unterstützen bei optimalen Anpassungen unseres Motors an Ihre Anwendung.



UNABHÄNGIGER PRÜFSERVICE IM EIGENEN LASTPRÜFFELD

2.300 kVA, bis 13.800 V,
Umrichter bis 120 Hz

Mit Klimazelt und Winkel-getriebe für Tests unter realen Einbaubedingungen

Technische Beratung und Auslegung
+49-30-349922-0 | menzel-motors.com |

TÜV EASA

Hüthig

shop.huethig.de

Kompakt erklärt!



Das kompakte Taschenbuch beantwortet 50 der wichtigsten Fragen zur neuen Anwendungsregel – präzise, praxisnah und direkt auf den Punkt.

Es erklärt, was sich gegenüber der Vorgängerfassung von 2019 geändert hat, warum die Änderungen notwendig wurden und wie sich die neuen Anforderungen in der täglichen Installationspraxis umsetzen lassen.

Wichtigste Themen dieses Buches:

- Hintergründe und Ziele der Novellierung, Übergangsfrist und Geltungsbereich
- Zählerplätze und Direktmessung: neue Schrankmaße, optionales Verteilerfeld und Hauptschalter-Pflicht
- Wandleranlagen: verbindliche Standardisierung, einheitlicher Aufbau
- Integration steuerbarer Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG und Einspeisemanagement nach § 9 EEG, Steuerbox und Smart-Meter-Gateway
- Zusammenspiel von VDE-AR-N 4100 und VDE-AR-N 4105 bei kombinierten Anlagen (PV, Speicher, Wallbox) sowie TAR und TAB.

Axel Hoffmann, Christian Weinard

Die neue VDE-AR-N 4100

50 Antworten zu den TAR NS 2026-04

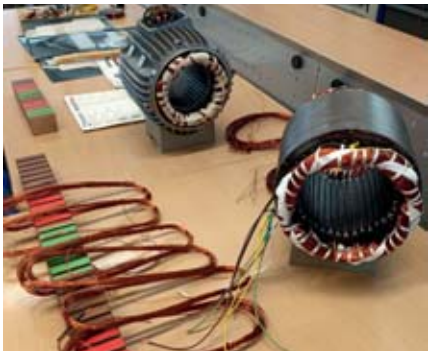
2026.
64 Seiten, Softcover.
€ 15,80
ISBN 978-3-8101-0680-3

Weitere Infos und Bestellung:

Hier Ihr Fachbuch direkt online bestellen!

► shop.huethig.de

ema 5.2026



Quelle: Redaktion »ema«

Für den Nachwuchs: *Beim Besuch der Max-Eyth-Schule in Kirchheim u. Teck gab es auch Wicklungstechnik zum Anfassen (ab S. 10)*



Quelle: Einbeck Elektromotoren

Einer von uns: *Vom Magdeburger Elektromaschinenbau der Nachkriegszeit (li.) zum modernen Dienstleister für Antriebstechnik (re.) – seit 1955 hat sich Einbeck Elektromotoren kontinuierlich weiterentwickelt, ohne seine handwerklichen Wurzeln aus den Augen zu verlieren (ab S. 6)*

Fachbeiträge

Einbeck Elektromotoren Magdeburg 6
Antriebe mit Geschichte

Besuch an der Max-Eyth-Schule 10
Damit Wissen bleibt

Betrieb elektrischer Anlagen 18
VEFK und Mittelspannung

Schwingungsmesstechnik 21
3D-Modalanalyse ohne Roboter

OT-Security nach IEC 62443 24
Sicherheit mit Augenmaß

IT-Security in der Industrie 27
Ransomware stoppt ganze Produktionen

Agentic AI im B2B-Shop 28
Wenn die KI den Elektromotor auswählt

Grundlagen 32
Kraftübertragung und Verhalten von Wälzlagern

KI in der Ausbildung 34
Potenziale nutzen – Risiken beherrschen

Rubriken

Aktuell 4

EMA-Nachrichten des ZVEH 14

Produkte 39

Seminare 42

Titelanzeige: Menzel Elektromotoren, Hennigsdorf

Impressum

REDAKTION
Hultschiner Str. 8, 81677 München,
Tel. (089) 2183-8981,
Fax (089) 2183-8989

Marcel Diehl, staatl. geprüfter Techniker (Redakteur),
Tel. (089) 2183-8983,
E-Mail: marcel.diehl@huethig.de
Dipl.-Ing. Andreas Stöcklhuber (Chefredakteur, verantw.),
Tel. (089) 2183-8980,
E-Mail: andreas.stoecklhuber@huethig.de

HOMEPAGE
www.elektro.net/ema
Redakteur Online
Michael Wanner M.A.,
Tel. (089) 2183-8984,
E-Mail: michael.wanner@huethig.de

REDAKTIONSASSISTENZ
Martina Deil,
Tel. (089) 2183-8981,
E-Mail: martina.deil@huethig.de

ANZEIGEN
Hultschiner Str. 8, 81677 München,
Fax (089) 2183-8989
ANZEIGENLEITUNG
Bettina Landwehr, Head of Sales (verantw.)
Tel. (089) 2183-8988,
E-Mail: bettina.landwehr@huethig.de
MEDIASERVICE
Elena Schwarz, Sales Manager
Tel. (089) 2183-8992,
E-Mail: elena.schwarz@huethig.de
Karin Ratte, Sales Manager
Tel. (089) 2183-9127,
E-Mail: karin.ratte@huethig.de

ASSISTENZ MEDIA SALES
Svenja Anwand, Assistant Sales
Tel. (06221) 489-420,
E-Mail: svenja.anwand@huethig.de
DISPOSITION SALES
Jessica Kunz, Assistant Sales Disposition
Tel. (06221) 489-425,
E-Mail: enet-dispo@huethig.de
Zur Zeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 55 vom 1.10.2025.

VERTRIEB
Im Weiher 10, 69121 Heidelberg,
Fax (06221) 489-443
Karen Dittrich (Teamleitung),
Tel. (06221) 489-603,
E-Mail: karen.dittrich@huethig.de

ABONNEMENT-SERVICE UND ADRESSÄNDERUNG
Hüthig GmbH
Aboservice
65341 Eltville
Tel. (06123) 9238-290,
Fax (06123) 9238-244,
E-Mail: aboservice@huethig.de

Erscheinungsweise:
6 Ausgaben / Jahr

Bezugspreis:
Einzelheft € 11,00 ab Verlag zzgl. Porto. Jahresabonnement Inland € 81,00; Vorzugspreis für Innungsmitglieder € 75,00; Vorzugspreis für Studenten / Azubis / Meisterschüler (nur gegen Nachweis) € 46,00; Preise inkl. MwSt. zzgl. € 21,00 Versandspesen. Ausland und Mehrfachbezug auf Anfrage. Das Abonnement kann jährlich zum 31.12. gekündigt werden. Mindestbezug bei Prämienabos 1 Jahr.

PRODUKTION
Layout
Karin Köhler, Aida Saljic
Hüthig-Medien GmbH

Druck: Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG, Gewerbering West 27, 39240 Calbe (Saale)

Hüthig

VERLAG
Hüthig GmbH,
Hultschiner Str. 8, 81677 München,
Im Weiher 10, 69121 Heidelberg,
Geschäftsführung:
Christian Zaiser
Chief Content Officer:
Andreas Stöcklhuber
Chief Sales & Marketing Officer:
Bettina Landwehr
Leiter digitale Produkte:
Stefan Ambrosch
Leitung Zentrale Herstellung:
Herbert Schiffers
Herstellung: Manuela Erhard
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 ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen, sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar.
Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung & Bearbeitung in elektronischen Systemen. Mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung in dieser Zeitschrift geht das umfassende, ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich unbeschränkte Nutzungsrecht auf den Verlag über. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dergleichen in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zur Annahme, dass solche Namen im Sinne des Warenzeichen- & Markenschutzgesetzgebung 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 Beiträge stellen nicht unbedingt die Meinung der Redaktion dar. Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen 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 interessante 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: Easyfairs

Bild: *Auch 2026 zog die »aaa Zürich« wieder zahlreiche Besucher an – 33 % mehr als 2024*

Lösungen für industrielle Automation

Die »all about automation« fand am 26. und 27. 8.2026 in der Messe Zürich statt (**Bild**). 230 Aussteller präsentierten Lösungen für industrielle Automation, Robotik und Digitalisierung. Parallel dazu zeigte die »maintenance Schweiz« mit 60 Unternehmen Produkte und Dienstleistungen für die industrielle Instandhaltung. Insgesamt kamen mehr als 4 200 Besucher in die Ausstellungshallen.

Neu waren Self Guided Tours, die Interessierte entlang thematischer Routen zu ausgewählten Ausstellern führten. Behandelt wurden unter anderem Robotik für den Mittelstand, Maschinensicherheit, Industrial Cybersecurity und Anschlusstechnik. Darüber hinaus wurde das Vortragsprogramm ausgebaut: Auf zwei Talk Lounges liefen Fachvorträge zu Praxisanwendungen und technologischen Entwicklungen. Schwerpunkte waren digitale Transformation, Künstliche Intelligenz, sichere Automation, Robotik und Retrofit.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129550



Quelle: Siemens AG

Bild: *Rainer Brehm übernimmt zum 1. Oktober 2026 die Leitung der neuen Siemens-Einheit für Automatisierung*

Siemens AG

Automatisierung neu organisiert

Zum 1. Oktober 2026 übernimmt *Rainer Brehm* (**Bild**) die Führung der neuen Einheit bei der **Siemens AG** als President Automation. Er berichtet direkt an *Cedrik Neike*, Mitglied des Vorstands von Siemens und CEO Digital Industries. *Brehm* ist derzeit COO des Automatisierungsgeschäfts und CTO von Digital Industries. Zuvor leitete er die Business Unit Factory Automation.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129598



Quelle: TKD Kabel

Bild: *Max Herrmann, Head of Business Development bei TKD Kabel (r.), und Kristina Braunen sowie Christian Wulff, Bundespräsident a. D.*

Innovationen gewürdigt

Top-100-Siegel für TKD Kabel

TKD Kabel gehört 2026 zu den Trägern des Top-100-Siegels und wurde damit für seine Innovationskraft ausgezeichnet (**Bild**). Die Auszeichnung wird an mittelständische Unternehmen vergeben, die sich durch besondere Innovationsleistungen und wirtschaftlichen Erfolg hervorheben. Insgesamt erhielten 282 Unternehmen das Siegel.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129401



Quelle: Schmidbauer

Bild: *Die erweiterte Geschäftsführung von Schmidbauer mit Dominik Reichl (li.) und Florian Ehgartner*

Schmidbauer Transformatoren

Erweiterte Geschäftsführung

Schmidbauer aus Hebertsfelden hat seine Führungsspitze ausgebaut. Seit dem 1. Juli 2026 gehört *Florian Ehgartner* der Geschäftsführung an. Gemeinsam mit *Dominik Reichl* soll er das weitere Wachstum des Unternehmens gestalten (**Bild**). Er übernimmt die Verantwortung für operative Bereiche, *Reichl* konzentriert sich künftig stärker auf Produktentwicklung, Vertrieb und Strategie.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129426



Quelle: Menzel Elektromotoren

Bild: *Alle Zeichnungen des Malbuchs basieren auf Fotos aus dem Motorenwerk von Menzel in Hennigsdorf*

Menzel Elektromotoren

Malbuch für den Nachwuchs

Menzel Elektromotoren hat ein Malbuch veröffentlicht (**Bild**), das Kindern die Herstellung von Industriemotoren näherbringt. Es soll sich um das weltweit erste Malbuch zum Thema Motorenfertigung handeln. Es richtet sich an Kinder im Kita- und Grundschulalter und soll Interesse an Technik sowie Berufen im Elektromaschinenbau wecken.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129400

Automatisierungstreff 2026

Erfolgreicher Treff unter Fachleuten



Quelle: Strobl GmbH

Bild: *Beim Automatisierungstreff 2026 konnten Besucher Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen in praxisnahen Workshops direkt erproben*

Der **Automatisierungstreff 2026** in Heilbronn stellte praxisnahe Workshops zu KI, Cybersicherheit, industrieller Kommunikation und Digitalisierung in den Mittelpunkt. Das Motto der Veranstaltung: »Anfassen. Ausprobieren. Anwenden.« In den ganztägigen Workshops arbeiteten die Teilnehmer aktiv mit der bereitgestellten Hard- und Software, erprobten Lösungen unmittelbar vor Ort und klärten offene Punkte im Gespräch mit den Fachleuten der Anbieter (**Bild**). Ein Schwerpunkt war der zunehmende Einsatz von KI in Engineering- und Fertigungsprozessen. Darüber hinaus spielte die Umsetzung des Cyber Resilience Act (CRA) eine wichtige Rolle. Maschinen- und Anlagenbauer erhielten Informationen zu den künftigen Anforderungen an die Cybersicherheit ihrer Produkte. Der nächste Automatisierungstreff findet am 14. und 15.4.2027 statt.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129464

Interview mit den Erfindern

Intelligentes Lastmanagement



Quelle: TH Köln

Bild: *Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt (links) und Prof. Dr. Ingo Stadler von der TH Köln haben den »GridMaximizer« entwickelt*

Mit dem Ausbau der Elektromobilität steigt die Belastung der Stromnetze. Die **TH-Köln**-Forscher Prof. Dr. *Eberhard Waffenschmidt* und Prof. Dr. *Ingo Stadler* (**Bild**) haben mit dem »GridMaximizer« ein Verfahren entwickelt, das die verfügbare Ladeleistung anhand dezentraler Netzdaten ermittelt und so die bestehende Ladeinfrastruktur besser ausnutzen soll. Im Interview erklären sie Konzept, Nutzen und Entwicklung ihrer Technologie. Wie lässt sich eine wachsende Zahl von Elektrofahrzeugen laden, ohne die Stromnetze zu überlasten? Mit dieser Frage beschäftigen sich die beiden Forscher des Instituts für Elektrische Energietechnik der TH Köln. Im Interview erläutern sie, wie der »GridMaximizer« funktioniert, welche Vorteile der Ansatz gegenüber herkömmlichen Lösungen bietet und welche Schritte bis zu einer möglichen Markteinführung noch notwendig sind.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129619

Fortführungslösung erreicht

Insolvenz der Saftig GmbH



Quelle: Ingo Bartussek – stock.adobe.com

Bild: *Die Demis GmbH übernimmt den Bereich Elektromaschinenbau von der insolventen Saftig GmbH*

Die **Antriebstechnik Saftig GmbH** ist im Rahmen eines Investorenprozesses an zwei Erwerber verkauft worden. Insolvenzverwalter *Jens Lieser* fand damit eine Fortführungslösung für wesentliche Unternehmensteile. Rund 85 der zuvor etwa 110 Arbeitsplätze bleiben erhalten. Für Elektromaschinenbauer besonders relevant ist die Übernahme des Bereichs Elektromaschinenbau und Antriebstechnik (**Bild**) durch die **Demis GmbH** aus Wölfersheim. Ebenfalls übernommen werden die Bereiche Elektrotechnik und Automatisierung sowie Technischer Service und Industriemontage am Standort Plaidt. Demis erweitert damit ihr bestehendes Geschäft im Elektromaschinenbau und Industrieservice.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129546

Messevorschau

Vernetzte Wartung an WEA

Auf der **Windenergy 2026** in Hamburg werden u. a. Lösungen für Automatisierung, Monitoring und Zustandsüberwachung von Windenergieanlagen (WEA/**Bild**) gezeigt. Basis des Messeauftritts von **Phoenix Contact** ist z. B. die Automatisierungsplattform »PLCnext Technology«, die Steuerungshardware, Software und Cloud-Anbindungen in einem offenen Ökosystem vereint. Angesichts der zunehmenden Vernetzung von WEA rückt außerdem die Cyber Security in den Fokus. Nach Herstellerangaben werden Steuerungen und weitere Infrastrukturkomponenten gemäß IEC 62443 entwickelt und zertifiziert. Mit »Blade Intelligence« steht eine Plattform zur Rotorblattüberwachung im Mittelpunkt, die Eisbildung, mechanische Belastungen und strukturelle Veränderungen erfassen kann.



Quelle: Phoenix Contact

Bild: *Phoenix Contact zeigt auf der Windenergy 2026 Lösungen für Automatisierung und Rotorblattüberwachung*

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129471



Bild 1: *Seit 1997 arbeitet die Einbeck Elektromotoren GmbH am heutigen Standort im Magdeburger Industriegebiet Rothensee – von hier aus betreut das Unternehmen Kunden weit über die Region hinaus*

Quelle: alle Bilder Einbeck Elektromotoren GmbH

Firmenporträt Einbeck Elektromotoren GmbH, Magdeburg

Antriebe mit Geschichte

Wenn in Industrieanlagen Motoren stehen bleiben, Generatoren streiken oder Getriebe ausfallen, zählt oft jede Stunde. Seit sieben Jahrzehnten sorgt die Einbeck Elektromotoren GmbH in Magdeburg (**Bild 1**) dafür, dass Maschinen wieder laufen. Aus einer kleinen Werkstatt entwickelte sich ein moderner Fachbetrieb für elektrische Antriebstechnik, der heute weit über die Region hinaus tätig ist. Dabei lebt das Unternehmen von einer Mischung aus handwerklicher Tradition, technischer Spezialisierung und einem Team, das den Betrieb von der Pike auf kennt.

Wer heute durch das Industriegebiet im Magdeburger Stadtteil Rothensee fährt, sieht einen modernen Handwerksbetrieb mit großzügiger Werkstatt und Servicefahrzeugen. Dass die Geschichte des Unternehmens weit bescheidener begann, gerät dabei fast in Vergessenheit.

Vom Hinterhofbetrieb zum Spezialisten

Die Wurzeln des Unternehmens reichen bis ins Jahr 1955 zurück. Damals übernahm *Heinz Einbeck* einen bestehenden Betrieb für elektrische Maschinen und Apparate (**Bild 2**) und legte damit den Grundstein für die heutige Einbeck Elektromotoren GmbH. Über Jahrzehnte entwickelte sich die Firma kontinuierlich weiter und wurde zu einem der führenden Elektromaschinenbaubetriebe der Region.

Bis 1997 arbeitete das Unternehmen in einer Hinterhofwerkstatt in der Sieverstorstraße in Magdeburg. Mit dem Umzug auf das heutige Gelände begann eine neue Entwicklungsphase. »*Als ich 1997 angefangen habe, waren wir fünf oder sechs Mitarbeiter*«, erinnert sich Geschäftsführer *Dennis Hohenstein* (**Bilder 3** und **4**). Heute beschäftigt der Betrieb 18 Mitarbeiter einschließlich zweier Auszubildender.

Besonders bemerkenswert ist dabei die personelle Kontinuität. Die beiden heutigen Geschäftsführer *Dennis Hohenstein* und *Sebastian Besecke* (**Bild 5**) stammen aus den eigenen Reihen. *Hohenstein* begann seine Ausbildung am 1. August 1997, *Besecke* am 1. September 2004. Beide durchliefen sämtliche Stationen im Betrieb, arbeiteten in der Werkstatt und übernahmen später zunehmend Verantwortung. 2022 erfolgte schließlich die Staffelübergabe durch *Ronald Einbeck*, der den Betrieb zuvor von seinem Vater Heinz übernommen hatte. »*Wir sind praktisch Eigengewächse und immer hier geblieben*«, sagt *Hohenstein*. Gerade diese lange Verbundenheit prägt bis heute die Unternehmenskultur.

Spezialität Generatorentechnik

Die klassische Motorenreparatur gehört weiterhin zum Tagesgeschäft. Doch wer mit den Verantwortlichen spricht, merkt schnell: Die eigentliche Leidenschaft gilt den großen Generatoren (**Bild 6**). »*Das ist unser Steckenpferd*«, erklärt *Hohenstein*. »*Das war lange Zeit unser Alleinstellungsmerkmal am Markt.*«

Bereits in den 1990er-Jahren begann das Unternehmen, die Generatoreninstandsetzung gezielt auszubauen. Einen zusätzlichen Schub erhielt dieses Geschäftsfeld später



Bild 2: *Die Wurzeln des Unternehmens reichen bis 1955 zurück – über Jahrzehnte war Einbeck in einer Magdeburger Hinterhofwerkstatt ansässig, bevor der Umzug an den heutigen Standort erfolgte*

durch den Boom der Biogasanlagen. Seither überholen die Magdeburger Generatoren sowohl direkt beim Kunden als auch im eigenen Werk.

Die Dimensionen beeindrucken: Bis zu zehn Tonnen schwere Maschinen und Leistungen von mehreren tausend kVA haben die Fachleute bereits bearbeitet. Dabei geht es längst nicht nur um den Austausch von Lagern. Vielmehr werden die Maschinen vollständig analysiert, geprüft und gegebenenfalls neu gewickelt. »*Wir hauchen den Generatoren neues Leben ein*«, beschreibt *Hohenstein* das Prinzip. »*Im Grunde ist das echtes Remanufacturing.*«

Genau hier zeigt sich eine Stärke vieler Elektromaschinenbauer: Statt Antriebstechnik vorschnell auszutauschen, werden vorhandene Maschinen technisch und wirtschaftlich sinnvoll instandgesetzt. Das spart Ressourcen, reduziert Ausfallzeiten und verlängert die Lebensdauer bestehender Anlagen.

Breites Portfolio, breite Kundenbasis

Trotz dieser Spezialisierung ist Einbeck bewusst breit aufgestellt. Zum Leistungsspektrum gehören die Instandsetzung und Wartung von Elektromotoren, Generatoren, Getrieben sowie weiterer elektrischer Aggregate (**Bild 7**). Darüber hinaus beschafft das Unternehmen neue Antriebe, Getriebemotoren, Trommelmotoren oder Stromerzeuger.

Ebenso vielfältig wie das Portfolio ist der Kundenkreis. Die Bandbreite reicht von Energieversorgern über die Lebensmittelindustrie bis zur Holzverarbeitung. Gerade diese Mischung sehen die Geschäftsführer als wichtigen Stabilitätsfaktor. »*Wir sind von den Branchen sehr breit gefächert und nicht von einem einzelnen Kunden abhängig*«, betont *Besecke*.

Besonders wichtig ist dabei die Fähigkeit, schnell auf Notfälle zu reagieren (**Bild 8**). Ein wesentlicher Teil dieses Services findet nicht in der Werkstatt, sondern direkt beim Kunden statt. Die Serviceteams sind regelmäßig in Industrieanlagen der Region und darüber hinaus unterwegs, um Lagerwechsel, Wartungen, Zustandsbewertungen und Reparaturen an Generatoren und Motoren vor Ort durchzuführen. Gerade bei großen Generatoren entscheidet oft der Zustand der Anlage darüber, ob eine Generalüberholung in Magdeburg erfolgt oder ob die Arbeiten direkt beim Betreiber ausgeführt werden.

Um die Vielzahl dieser Einsätze zu koordinieren, arbeitet Einbeck mit einer detaillierten Einsatzplanung. Serviceaufträge werden langfristig vorbereitet und die Monteure erhalten ihre Termine frühzeitig. Bemerkenswert ist dabei die Eigenverantwortung der Mitarbeiter. Die Teams organisieren viele

Einbeck auf einen Blick

- Unternehmen: Einbeck Elektromotoren GmbH
- Standort: Magdeburg-Rothensee
- Gründung: 1955
- Mitarbeiter: 17, davon zwei Auszubildende
- Schwerpunkte: Instandsetzung, Wartung und Wicklung von Elektromotoren, Generatoren und Getrieben
- Spezialgebiet: Generalüberholung und Service von Generatoren bis in den Mehr-MVA-Bereich
- Besonderheit: Geschäftsführung aus den eigenen Reihen hervorgegangen
- Qualität: Zertifiziertes Qualitätsmanagement nach DIN ISO 9001
- Kunden: Industrieunternehmen verschiedenster Branchen, Energieversorgung, Biogasanlagen, Lebensmittel- und Holzindustrie.

Quelle: www.einbeck-elektromotoren.de



Bild 3: *Geschäftsführer Dennis Hohenstein begann 1997 als Auszubildender bei Einbeck und kennt den Betrieb von Grund auf*



Bild 4: *Frühe Jahre bei Einbeck: Dennis Hohenstein auf einer Aufnahme aus dem Jahr 2002. Heute führt er gemeinsam mit Sebastian Besecke das Unternehmen*



Bild 6: *Die Überholung großer Generatoren zählt zu den Spezialgebieten des Magdeburger Elektromaschinenbauers – das Geschäftsfeld prägt das Unternehmen seit den 1990er-Jahren*

Abläufe selbstständig und stimmen Einsatzänderungen untereinander ab. »*Wir planen die Einsätze, aber die Jungs organisieren vieles im Team selbst*«, beschreibt *Hohenstein* die Praxis. Das funktioniere nicht nur effizient, sondern komme auch den Bedürfnissen der Mitarbeiter entgegen. Moderne digitale Werkzeuge unterstützen diesen Ansatz. Serviceberichte werden zunehmend per Tablet erfasst, Prüfprotokolle direkt vor Ort erstellt und Informationen ohne Medienbruch ins Büro übertragen. Dadurch lassen sich Reaktionszeiten verkürzen und Doppelarbeiten vermeiden.

Handwerk bleibt Handwerk

Die Bedeutung handwerklicher Grundlagen erschließt sich den beiden heutigen Geschäftsführern nicht nur aus ihrer Funktion heraus, sondern aus eigener Erfahrung. Beide haben ihre Ausbildung bei Einbeck absolviert und kennen die Werkstatt seit ihrer Lehrzeit.

Als *Sebastian Besecke* (Bild 5) am 1.9.2004 bei Einbeck startete, ahnte er wohl kaum, dass er eines Tages die Geschicke des Unternehmens mitlenken würde. Über die Jahre sammelte er Erfahrung in Werkstatt und Service, absolvierte seinen Meister in Oldenburg und übernahm zunehmend Verantwortung, bis hin zur heutigen Position als Geschäftsführer.

Auch *Dennis Hohenstein* verbindet viele prägende Erinnerungen mit seinen ersten Jahren im Unternehmen. Als er 1997 seine Ausbildung begann, gehörte das Wickeln von Motoren noch viel stärker zum Tagesgeschäft. Die Begeisterung für die Arbeit ging dabei weit über das Pflichtprogramm der Berufsausbildung hinaus. So fuhr er nach dem Unterricht der Berufsschule teilweise freiwillig noch einmal in den Betrieb, um weitere Motoren zu wickeln und praktische Erfahrung zu sammeln: »*Der eigene Anspruch war damals einfach: Feierabend war, wenn die Arbeit fertig war*«. Gerade das unmittelbare Arbeiten an Maschinen, das Erlernen handwerklicher Fertigkeiten und das ständige Dazulernen hätten ihn motiviert.



Bild 5: *Auch Sebastian Besecke ist ein Eigengewächs des Unternehmens – die Ausbildung zum Elektroniker Fachrichtung Maschinen und Antriebstechnik begann er am 1. August 2004*

Diese Erfahrungen prägen auch ihren Blick auf die Ausbildung heute. Zwar hätten sich die Rahmenbedingungen verändert, doch die Grundidee sei dieselbe geblieben: Wer im Elektromaschinenbau erfolgreich sein wolle, brauche Interesse an Technik, Lernbereitschaft und den Willen, sich praktische Fertigkeiten anzueignen. Entsprechend setzt Einbeck weiterhin auf die eigene Ausbildung und darauf, Nachwuchskräfte möglichst früh an die vielfältigen Aufgaben des Berufs heranzuführen.

Dass dabei sogar die heutige Geschäftsführung aus den eigenen Reihen hervorgegangen ist, unterstreicht den Stellenwert dieser Philosophie. Aus zwei Auszubildenden wurden zunächst Fachkräfte in der Werkstatt, später Meister und schließlich Geschäftsführer des Unternehmens. Für viele junge Fachkräfte ist das ein Beispiel dafür, welche Entwicklungsmöglichkeiten ein mittelständischer Elektromaschinenbaubetrieb bieten kann.

Digitalisierung mit Augenmaß

Digitalisierung spielt bei Einbeck nicht nur im Außendienst, sondern zunehmend im gesamten Betriebsablauf eine Rolle. Allerdings geschieht sie weniger spektakulär, als es manche Schlagworte vermuten lassen. Statt künstlicher Intelligenz oder vollautomatisierter Prozesse stehen zunächst praktische Verbesserungen im Mittelpunkt. Während früher Schadensmeldungen per Fax eingingen und Serviceberichte handschriftlich erstellt wurden, werden heute sämtliche Arbeitsschritte dokumentiert und fotografisch festgehalten.

Vom Wareneingang über die Befundung bis zur fertigen Lackierung entstehen digitale Dokumentationen, die Kunden jederzeit nachvollziehen können. Servicetechniker arbeiten zunehmend mit Tablets, um Prüfprotokolle direkt vor Ort zu erfassen und Doppelarbeit zu vermeiden. »*Das muss für die Kollegen und für uns im Büro eine Verbesserung sein*«, sagt *Sebastian Besecke*. »*Und wirtschaftlich muss es natürlich auch funktionieren.*« Damit beschreibt er eine Haltung, die typisch für viele mittelständische Elektromaschinenbaubetriebe ist: Digitalisierung wird nicht um ihrer selbst willen umgesetzt, sondern dort, wo sie echten Nutzen bringt.

Mitarbeiter als Schlüssel

Die größte Herausforderung der kommenden Jahre sehen die Geschäftsführer nicht in der Technik, sondern beim Nachwuchs. Wie viele Betriebe der Branche kämpft auch Einbeck mit dem Fachkräftemangel. Geeignete Auszubildende zu finden, sei schwierig geworden. Gleichzeitig investiert das Unter-



Bild 7: *Generalüberholte und neu lackierte Riesenradantriebe nach Abschluss der Instandsetzung – solche Projekte zeigen die Bandbreite der bei Einbeck bearbeiteten Antriebssysteme*



Bild 8: *Ein wesentlicher Teil des Geschäfts findet außerhalb der Werkstatt statt – die Serviceteams übernehmen Wartungen, Lagerwechsel und Zustandsbewertungen direkt in den Industrieanlagen ihrer Kunden*

nehmen weiterhin konsequent in die Entwicklung eigener Nachwuchs- und Fachkräfte.

Die Hälfte der Belegschaft wurde im Haus ausgebildet. Ergänzt wird das Team durch Quereinsteiger, die gezielt angelernt werden. Darüber hinaus engagiert sich der Betrieb bei Ausbildungsmessen und in sozialen Medien, um den vergleichsweise unbekannten Beruf sichtbarer zu machen.

Blick nach vorn

Die Zukunft der elektrischen Antriebstechnik sehen die Magdeburger insgesamt positiv. Zwar sorgen wirtschaftliche Unsicherheiten derzeit vielerorts für Zurückhaltung bei Investitionen. Gleichzeitig steigt der Energiebedarf kontinuierlich. Neue Rechenzentren, Ersatzstromanlagen, dezentrale Energieversorgung und moderne Generatorentechnik eröffnen zusätzliche Möglichkeiten. Gerade in diesem Umfeld erwartet man bei Einbeck neue Aufgabenfelder.

Hinzu kommt ein Trend, der vielen Elektromaschinenbauern entgegenkommt: Nachhaltigkeit durch Instandsetzung. Anstatt funktionsfähige Maschinen vorschnell auszutauschen, setzen viele Betreiber wieder stärker auf Wartung, Reparatur und Generalüberholung.

Für Unternehmen wie Einbeck ist das eine gute Nachricht. Denn hier treffen jahrzehntelange Erfahrung, technische Kompetenz und ein hoher Qualitätsanspruch auf einen Markt, der funktionierende Lösungen benötigt. Oder, wie *Dennis Hohenstein* es formuliert: »*Wenn wir etwas schneller sind, die Qualität stimmt und der Preis passt, dann ist eigentlich alles gut.*«

FÜR SCHNELLLESER

Seit 1955 hat sich Einbeck vom Hinterhofbetrieb zum modernen Antriebstechnik-Dienstleister entwickelt

Die besondere Stärke liegt in der Instandsetzung großer Generatoren

Eigene Ausbildung, kurze Reaktionszeiten und hohe technische Kompetenz prägen den Betrieb bis heute



Autor:
Marcel Diehl,
Redaktion »ema«





Bild 1: *Max-Eyth-Schule Kirchheim unter Teck – die gewerbliche Schule des Landkreises Esslingen ist zentrale Berufsschule für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Maschinen- und Antriebstechnik in Baden-Württemberg*

Nachwuchs für die Antriebstechnik

Damit Wissen bleibt

Die Max-Eyth-Schule Kirchheim unter Teck (MESK) ist für angehende Elektroniker für Maschinen- und Antriebstechnik weit mehr als nur eine Berufsschule (**Bild 1**). Sie ist landesweiter Treffpunkt, Wissensspeicher und Praxislabor zugleich. Beim Besuch der »ema«-Redaktion wurde deutlich, mit welchem Engagement das Kollegium ein Gewerk pflegt, dessen Know-how vielerorts knapp wird.

Wenn in einer Werkstatt Elektromotoren zerlegt, neu gewickelt und anschließend wieder in Betrieb genommen werden, dann lebt ein Handwerk weiter, das für die Energiewende, die Industrieautomation und die Instandhaltung unverzichtbar ist. An der Max-Eyth-Schule (MESK) in Kirchheim unter Teck (Baden-Württemberg) wird dieses Wissen nicht nur vermittelt, sondern aktiv gepflegt und weiterentwickelt. Die gewerbliche Schule (**Bild 1**) ist die zentrale Berufsschule in Baden-Württemberg für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Maschinen- und Antriebstechnik. Für die Branche ist sie damit ein wichtiger Knotenpunkt.

Beim Besuch der »ema« zeigte sich eine Einrichtung, in der Lehrkräfte, Industriepartner und Schüler gemeinsam daran arbeiten, traditionelles Wicklungswissen mit moderner Antriebstechnik zu verbinden. Dabei stehen nicht allein Lehrpläne und Prüfungen im Mittelpunkt. Ebenso wichtig ist die Frage, wie junge Menschen aus dem ganzen Bundesland für dieses anspruchsvolle Berufsfeld begeistert und auf ihrem Weg unterstützt werden können.

Die einzige Adresse im Land

Ab dem zweiten Ausbildungsjahr führt der Weg für angehende Elektroniker für Maschinen- und Antriebstechnik in Baden-Württemberg regelmäßig nach Kirchheim unter Teck. Die MESK ist nach Angaben der Schule die einzige Berufsschule im Land, die diesen Beruf ausbildet. Damit trägt sie eine besondere Verantwortung. Sie muss Schüler mit ganz unterschiedlichen Vorkenntnissen zusammenführen. Während das erste Ausbildungsjahr noch an regionalen Berufsschulen stattfindet, kommen die Jugendlichen später aus allen Teilen Baden-Württembergs an die MESK.

Für die Lehrkräfte bedeutet das einen ständigen Spagat. Manche Klassen bringen bereits ein solides elektrotechnisches Fundament mit, andere haben bestimmte Themen bislang kaum behandelt. »*Wir müssen da ein bisschen zusammenkommen. Auf einen Nenner*«, beschreibt Gewerbeschulrat (GSR) und Dipl-Ing. *Matthias Pallinger* die Situation. Erst danach beginnt die eigentliche fachliche Vertiefung. Die Herausforderung besteht also nicht nur darin, komplexe Inhalte zu vermitteln. Zunächst müssen unterschiedliche Wissensstände harmonisiert werden, damit die Klassen gemeinsam vorankommen können.

Mehr als Unterricht

Besonders bemerkenswert ist jedoch der hohe Praxisanteil. Nach Angaben der beteiligten Lehrkräfte erhalten die Schüler die Möglichkeit, während ihrer Ausbildungszeit gleich zweimal komplette Wicklungen auszuführen. Im zweiten Lehrjahr wird eine Einschichtwicklung gefertigt, im dritten Lehrjahr folgt eine Zweischichtwicklung. Solch eine praktische Vertiefung ist selbst im bundesweiten Vergleich keineswegs selbstverständlich.



Quelle: J. Lis

Bild 2: *v.l. Marcus Jaksch zeigt dem staunenden Redakteur sowie Melina Schwarz und Matthias Pallinger die von Schülern im vorangegangenen Unterrichtsblock erstellte vierpolige Zweischichtwicklung eines Drehstromasynchronmotors*



Quelle: J. Lis

Bild 3: *Praxislehrer Jochen Straub erklärt die Besonderheiten der Wickeltechnik, die es für die Schüler zu erlernen gilt*

Hinter diesem Ausbildungskonzept steht ein Netzwerk aus engagierten Lehrkräften und Industriepartnern. Initiiert wurde das aktuelle Projekt von Schuldirektor *Ralf Möhle*, seinem Stellvertreter *Michael May* sowie dem Abteilungsleiter Elektrotechnik *Joachim Grund*. *Johann Lis,* pensionierter Dr.-Ing. Elektrotechnik, bereitete die Grundlagen zur praktischen Realisierung der Drehstromwicklungen vor. Gemeinsam mit der Firma Küenle Antriebssysteme GmbH & Co. KG wurden mehre Probewicklungen aufgebaut und so lange optimiert, bis sie sich von den Auszubildenden mit den vorhandenen Mitteln erfolgreich anfertigen ließen. Der Drehstrommotor mit neu bewickeltem Stator wird dann montiert und in Betrieb genommen.

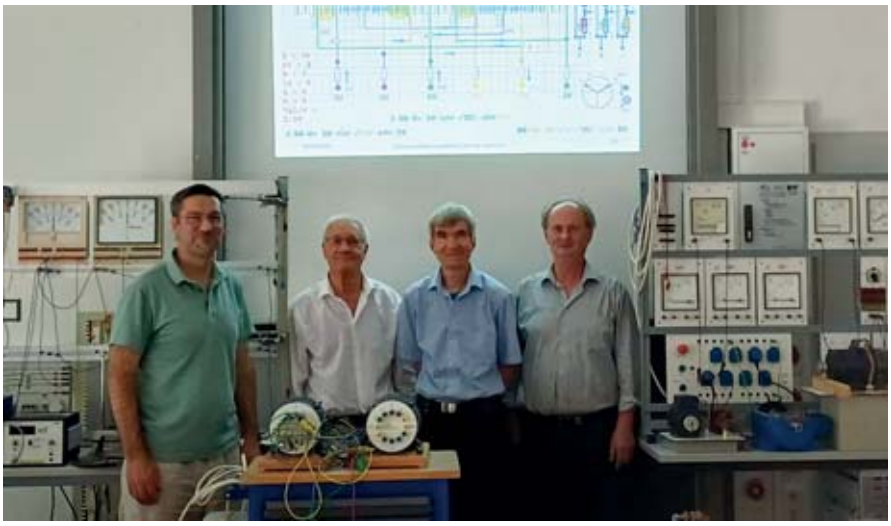
Zum Ausbildungsteam gehören zudem die Lehrkräfte der allgemeinbildenden Fächer: *Marion Meyer* (Technisches Englisch), *Timo Röcker* (Gemeinschaftskunde und Deutsch) sowie *Alexander Nitzschke* (Wirtschaftskompetenz). Sie alle tragen mit ihrem Einsatz zur Ausbildung des Berufsnachwuchses bei.

Externe Unterstützung kam und kommt von regionalen Industrieunternehmen, wie z. B. eine erste Wickeltechnikschulung für eine Einschichtwicklung bei der Elektromotoren Oswald GmbH. Diese wurde noch vom Seniorchef selbst durchgeführt. AMKmotion aus Kirchheim brachte Praxiswissen direkt in die Ausbildung ein. So führte AMK-Fachmann *José Azevedo* eine Schulung zur Zweischichtwicklung durch und vermittelte Lehrkräften und Auszubildenden wertvolle Einblicke in aktuelle Wickelverfahren. Von diesem Know-how profitierten insbesondere die praxisorientierten Unterrichtseinheiten von *Markus Jaksch* und *Jochen Straub*, die maßgeblich an der Umsetzung der Labor- und Werkstattprojekte beteiligt sind (**Bilder 2**/**3**).

Gerade in Zeiten, in denen vielerorts erfahrene Wickler und Spezialisten in den Ruhestand gehen, ist dieser enge Austausch zwischen Schule und Industrie von großer Bedeutung. Er sorgt dafür, dass praktisches Wissen nicht verloren geht, sondern unmittelbar an die nächste Generation weitergegeben wird.

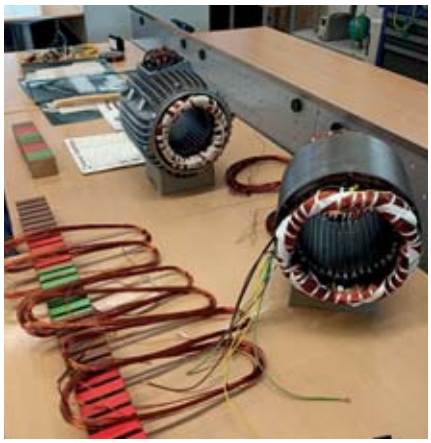
Eine Schule mit Leidenschaft für die Praxis

Beim Redaktionsbesuch fiel vor allem eines auf: Hinter vielen Projekten stehen Menschen, die sich weit über das normale Maß hinaus engagieren. Ein aktuelles Beispiel ist das Wicklungsprojekt mit Asynchronmotoren. Ausgangspunkt war die Spende von 40 neuen Motoren durch die Firma TKM aus Mosbach. Geschäftsführer *Franz Koller* (**Bild 4**), Mitinitiator des Projekts sowie Ressortleiter Elektromaschinenbau des Fachver-



Quelle: MESK

Bild 4: *Gemeinsam für den Nachwuchs im Elektromaschinenbau (v. l.): Matthias Pallinger, Johann Lis, ema-Redakteur Marcel Diehl und Franz Koller – die Spende von 40 Asynchronmotoren durch dessen Firma TKM bildete die Grundlage für ein neues praxisnahes Wicklungsprojekt an der MESK*



Quelle: Redaktion »ema«

Bild 5: *Wicklungstechnik zum Anfassen – die Ausbildung an der MESK verbindet theoretische Grundlagen mit praktischen Arbeiten an der Fertigung von Wicklungen elektrischer Maschinen; einen besonderen Stellenwert nehmen dabei Drehstromwicklungen ein*



Quelle: Redaktion »ema«

Bild 6: *Das Multifunktions-Didaktik-Modul »FU-DASM« mit Belastungsbremse und verschiedenen Motorschutz-Funktionsmodulen auf einem an der Schule entwickelten Versuchswagen in Kombination mit Lernmodulen der Firma SEW Eurodrive*

bands Elektro- und Informationstechnik Baden-Württemberg, unterstützte damit ein Lehrkonzept, das den Schülern praktische Erfahrungen an realen Maschinen ermöglicht.

Weitere Unterstützung kam von der Firma Fritz Diel Isoliermaterial für die Elektrotechnik GmbH & Co. KG, die Isolierstoffe und Wicklungsdraht bereitstellte. Gemeinsam mit Küenle Antriebssysteme entwickelte die Schule außerdem eine Wicklungsausführung, die einerseits industrienah ist und andererseits von den Auszubildenden erfolgreich umgesetzt werden kann.

Die Schüler bearbeiten dabei keine abstrakten Schulungsmodelle, sondern echte Maschinen. Sie erleben unmittelbar, wie aus Berechnung, Wicklungstechnik und handwerklicher Präzision ein funktionsfähiger Antrieb entsteht. Gerade in einem Beruf, dessen Spezialwissen vielerorts knapp wird, besitzt dieser Praxisbezug einen hohen Stellenwert.

Know-how aus der Industrie kehrt zurück

Eine besondere Stärke der MESK ist die enge Verbindung von schulischer Ausbildung und jahrzehntelanger Industriepraxis. Dafür steht *Johann Lis* beispielhaft. Der promovierte Elektroingenieur war über 25 Jahre im Geschäftsbereich Elektromaschinenbau von Liebherr in Biberach tätig und verantwortete dort unter anderem Entwicklung, Konstruktion und Fertigung elektrischer Maschinen für Bau- und Mininganwendungen. Er arbeitete an Asynchron- und Synchronmaschinen bis in den Megawattbereich, betreute Forschungsprojekte und war an mehreren Patenten beteiligt.

Seit seinem Ruhestand bringt *Johann Lis* dieses Wissen in die Ausbildung ein. An der MESK unterrichtet er nicht nur im Bereich Elektromaschinen und Antriebstechnik, sondern entwickelt gemeinsam mit dem Kollegium auch praxisnahe Ausbildungsmittel (**Bild 5**) und Laboraufbauten, wie sie im Hintergrund von Bild 4 zu sehen sind. Viele Versuchseinrichtungen entstanden, um technische Zusammenhänge unmittelbar erlebbar zu machen. So werden reale Industrievorgänge in der Antriebstechnik anschaulicher Unterricht (**Bild 6**).



Quelle: Redaktion »ema«

Bild 7: *Generationenwechsel an der MESK: Johann Lis bringt jahrzehntelange Erfahrung aus Entwicklung, Konstruktion und Fertigung elektrischer Maschinen in den Unterricht ein – mit Melina Schwarz wächst gleichzeitig eine neue Lehrergeneration in den Bereich Maschinen- und Antriebstechnik hinein*

Gleichzeitig zeigt sich an der MESK auch der Generationswechsel im Kollegium. Unterstützung erhält *Johann Lis* unter anderem durch die junge Lehrerin *Melina Schwarz*. Nach ihrer Ausbildung zur Mechatronikerin und dem anschließenden Studium der Ingenieurpädagogik verstärkt sie nach dem Referendariat den Bereich Maschinen- und Antriebstechnik. Das Zusammenspiel aus erfahrenen Industrieexperten und einer neuen Lehrergeneration schafft ideale Voraussetzungen, um Fachwissen langfristig zu sichern und weiterzugeben.

Für die Branche ist dieses Zusammenspiel von besonderer Bedeutung. Viele Unternehmen erleben derzeit, wie erfahrene Spezialisten in den Ruhestand gehen und wertvolles Know-how verloren zu gehen droht. Die MESK wirkt dieser Entwicklung entgegen und schafft einen Ort, an dem Wissen nicht nur bewahrt, sondern aktiv an die nächste Generation weitergegeben wird.

Das zweite Ausbildungsjahr beginnt mit einer Hürde

So positiv die fachliche Seite der Ausbildung ist, so offen sprechen Lehrkräfte und Schüler über die Herausforderungen des Blockunterrichts. Ab dem zweiten Ausbildungsjahr kommen die Auszubildenden aus dem gesamten Bundesland nach Kirchheim unter Teck. Wer nicht aus der Region stammt, benötigt für die Blockwochen eine Unterkunft. Andere nehmen lange tägliche Anfahrtswege in Kauf. Für viele Jugendliche bedeutet dies die erste längere Zeit fernab des gewohnten Umfelds. Neben dem Unterricht müssen Unterkünfte organisiert, Fahrten geplant und der Alltag in einer fremden Stadt bewältigt werden.

Organisatorischer Aufwand als Belastung

Zusätzlichen Aufwand verursachen Unterkunfts- und Fahrtkostenzuschüsse. Zwar bestehen Fördermöglichkeiten, doch die Antragstellung gilt als zeitintensiv und die Auszahlungen erfolgen oft erst mit erheblicher Verzögerung. Für die Auszubildenden bedeutet dies, dass sie Kosten zunächst vorstrecken müssen. Aus Sicht der Schule ließen sich Prozesse durch eine stärkere Digitalisierung und schnellere Bearbeitung deutlich vereinfachen.

Wohnen auf Zeit

Eng mit der Förderthematik verbunden ist die Unterbringung während der Schulblöcke. Nach Einschätzung der Lehrkräfte fehlt es an ausreichend verfügbaren und gleichzeitig bezahlbaren Wohnmöglichkeiten. Zwar finden

Die Max-Eyth-Schule Kirchheim unter Teck (MESK)

Die Max-Eyth-Schule ist die gewerbliche Schule des Landkreises Esslingen in Kirchheim unter Teck. Das Bildungsangebot reicht vom Technischen Gymnasium über Berufsfachschulen bis hin zu verschiedenen Ausbildungs- und Weiterbildungsgängen. Besonders bekannt ist die Schule für ihre technische Ausrichtung sowie ihre enge Zusammenarbeit mit Industrie und Handwerk.
Für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Maschinen- und Antriebstechnik nimmt die MESK eine Sonderstellung ein: Sie ist die zentrale Berufsschule für diesen Beruf in Baden-Württemberg. Auszubildende aus dem gesamten Bundesland besuchen die Schule deshalb blockweise ab dem zweiten Ausbildungsjahr.
Zum Ausbildungskonzept gehören moderne Labor- und Werkstatteinrichtungen sowie ein ausgeprägter Praxisbezug. Die Schüler lernen unter anderem das Wickeln elektrischer Maschinen, die Inbetriebnahme von Antriebssystemen, die Fehlersuche und Instandsetzung sowie den Umgang mit moderner Steuerungs- und Regelungstechnik (Quelle: https://www.mesk.de).

viele Schüler individuelle Lösungen, doch gerade bei längeren Blockphasen bleibt das Thema präsent. Die Schule sieht deshalb Potenzial in Einrichtungen, die ähnlich wie moderne Jugendherbergen kostengünstige Übernachtungen und Verpflegung anbieten. Solche Angebote könnten den organisatorischen Aufwand deutlich reduzieren und den Einstieg in die Blockbeschulung erleichtern. Für einen Beruf, der ohnehin um Nachwuchs wirbt, wäre das ein nicht zu unterschätzender Standortvorteil.

Zwischen Digitalisierung und Werkbank

Wie viele Bildungseinrichtungen steht auch die MESK vor der Aufgabe, digitale Technologien sinnvoll in den Unterricht einzubinden. *Matthias Pallinger* beobachtet, dass vielerorts intensiv nach den richtigen Werkzeugen gesucht wird. Gleichzeitig warnt er davor, die eigentlichen Grundlagen des Lernens aus dem Blick zu verlieren. Junge Menschen bräuchten Räume, in denen sie Dinge anfassen, ausprobieren und miteinander diskutieren können. Gerade in einem handwerklich geprägten Beruf bleibt dies unverzichtbar.

Die Stärke der Schule scheint genau in dieser Verbindung zu liegen: moderne Technik dort, wo sie sinnvoll ist, und praktische Arbeit an Maschinen dort, wo Verständnis nur durch eigenes Erleben entstehen kann.

Warum die Branche die MESK braucht

Im Gespräch mit Unternehmen erlebt die Schule immer häufiger, wie wertvoll das vorhandene Wissen geworden ist. Erfahrene Mitarbeiter gehen in den Ruhestand, Spezialkenntnisse verschwinden und geeignete Fachkräfte sind auf dem Arbeitsmarkt kaum zu finden.

Genau hier kommt die Rolle der MESK zum Tragen. Sie bildet nicht nur Nachwuchskräfte aus, sondern bewahrt zugleich ein technisches Know-how, das für Reparatur, Modernisierung und Entwicklung elektrischer Maschinen unverzichtbar bleibt. Die Schule versteht sich deshalb nicht als reine Bildungseinrichtung, sondern als Bindeglied zwischen Handwerk, Industrie und der nächsten Generation von Fachkräften. Das Engagement des Kollegiums, die Unterstützung der Industriepartner und der hohe Praxisanteil zeigen, wie dieses Ziel erreicht werden kann.

Bleibt zu hoffen, dass die organisatorischen Rahmenbedingungen künftig besser mitziehen. Denn wer junge Menschen für einen anspruchsvollen Beruf gewinnen will, sollte ihnen den Weg zur Ausbildung nicht unnötig erschweren.

FÜR SCHNELLLESER

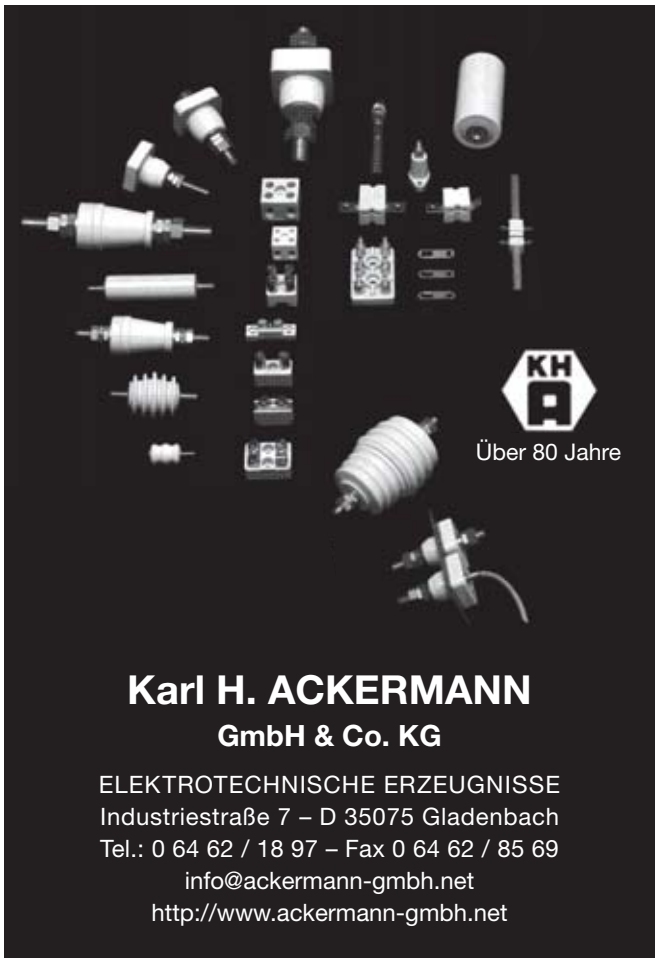
Die MESK ist die einzige Berufsschule in Baden-Württemberg für Elektroniker für Maschinen- und Antriebstechnik.

Lehrkräfte und Industriepartner investieren viel Engagement in praxisnahe Projekte, damit klassisches Wicklungswissen und moderne Antriebstechnik erhalten bleiben

Die größten Herausforderungen liegen nicht im Unterricht, sondern in Unterkunft, Fahrtkosten und dem hohen organisatorischen Aufwand des Blockunterrichts



Autor:
Marcel Diehl,
Redaktion »ema«



Gesetz gilt vollständig seit 31. Juli 2026

»Recht auf Reparatur«: Neue Vorgaben betreffen auch E-Handwerksbetriebe



Bild: Viele Motoren lassen sich auch heute noch wirtschaftlich instandsetzen

Quelle: Shutterstock – wachirawit_kamai

Das Gesetz zur Umsetzung der europäischen Richtlinie über das Recht auf Reparatur ist im Bundesgesetzblatt verkündet worden. Neben neuen Pflichten für Hersteller enthält es Änderungen des Kaufrechts, die auch für E-Handwerksbetriebe von Bedeutung sind.

Seit dem 31. Juli 2026 gilt das sogenannte »Recht auf Reparatur« vollständig. Mit dem Gesetz soll die Reparatur von Waren gestärkt und eine längere Nutzung von Produkten gefördert werden. Es sieht insbesondere Reparaturpflichten für Hersteller bestimmter Produktgruppen vor. Zugleich werden das Kauf- und Verbrauchsgüterkaufrecht angepasst und neue Anforderungen an Verkäufer eingeführt.

Damit betrifft das jetzt gültige Gesetz auch E-Handwerksbetriebe. Das gilt vor allem für Betriebe, die Elektrogeräte oder andere Waren an Verbraucher verkaufen. Sie müssen ihre betrieblichen Abläufe bei Reklamationen und der Nacherfüllung überprüfen und an die neuen Informations-, Dokumentations- und Verjährungsregelungen anpassen. Auch Vertragsunterlagen, Allgemeine Geschäftsbedingungen sowie Produkt- und Kundeninformationen sollten auf möglichen Anpassungsbedarf geprüft werden.

Weitere Infos zum Gesetz

Eine HTML-Ansicht und die Möglichkeit zum PDF-Download in allen EU-Sprachen erhalten Sie über diesen QR-Code:

Für E-Handwerksbetriebe als Reparaturdienstleister können sich zugleich neue Chancen ergeben. Hersteller können zur Erfüllung ihrer gesetzlichen Reparaturpflichten qualifizierte Handwerksbetriebe einbinden. Eine allgemeine Verpflichtung von Reparaturbetrieben, jeden angefragten Reparaturauftrag anzunehmen, wird durch das Gesetz jedoch nicht begründet.

Der ZVEH begrüßt grundsätzlich das Ziel, Reparaturen zu stärken, Produktlebenszyklen zu verlängern und Elektroschrott zu vermeiden. Positiv ist insbesondere, dass bei der nationalen Umsetzung weitgehend auf zusätzliche Verschärfungen gegenüber den europäischen Vorgaben verzichtet wurde. Entscheidend bleibt, dass Ersatzteile, Werkzeuge, Software und technische Informationen für die E-Handwerke tatsächlich zu wirtschaftlich tragfähigen Bedingungen verfügbar sind. ■

EU-Politik

ZVEH im Gespräch mit EU-Politikern: Elektrifizierung und Energiewende als wichtige europäische Zukunftsthemen



Quelle: ZVEH

Die e-handwerkliche Organisation nutzte die Brüssel-Reise für Gespräche mit Mitgliedern des EU-Parlamentes sowie mit Vertreter/-innen unterschiedlicher EU-Kommissionen. Wichtige Themen waren dabei die Energie- und Digitalpolitik, aber auch die Berufsbildung.

Zwei Tage weilten der ZVEH-Vorstand und die Geschäftsführung von ZVEH und ArGe Medien im ZVEH in Brüssel – 48 Stunden, die die Vertreter/-innen der e-handwerklichen Organisation für viele produktive Gespräche, erfolgreiches Netzwerken sowie auch dafür nutzten, auf EU-Ebene für die Interessen der E-Handwerke zu werben.

Was alle Gespräche verdeutlichten: Anders als hierzulande, wo die Energiewende immer wieder gegen die Wirtschaft ausgespielt wird, sehen die Europa-Politiker den Transformationsprozess wie auch die damit verbundene Elektrifizierung als wichtige Zukunftsthemen – auch im Hinblick auf mehr europäische Resilienz und Unabhängigkeit in puncto »Energie«.

Wichtige politische Vertreter/-innen

Insgesamt wurden Gespräche mit vier hochrangigen Mitgliedern des Europa-Parlaments sowie mit drei Vertreter/-innen der EU-Kommission geführt. Als EU-Parlamentarier nahmen sich Lena Düpont (CDU/EVP, MdEP und Koordinatorin im Ausschuss für bürgerliche Freiheiten, Justiz und Inneres), Dr. Peter Liese (CDU/EVP, MdEP), Svenja Hahn (Renew Europe/FDP, MdP und Mitglied im Ausschuss für Binnenmarkt und Verbraucherschutz) sowie Andrea Wechsler (EVP, MdP und Mitglied und Koordinatorin im Ausschuss für bürgerliche Freiheiten, Justiz und Inneres) Zeit für einen Austausch mit Vertreter/-innen der e-handwerklichen Organisation.
Aus der EU-Kommission konnten ZVEH-Vorstand und -Geschäftsführung mit Martin le Vrang (Generaldirektion Beschäftigung bei der EU-Kommission; stv. Leiter des Referats »Berufsabschlüsse und Kompetenzen für Wettbewerbsfähigkeit«), Stefan Fuehring (Generaldirektion Energie der EU-Kommission; Leiter des Referats »Wohlstand und Wettbewerbsfähigkeit«) und Ana Maria Sánchez Infante (Generaldirektion Energie der EU-Kommission; Länderkoordinatorin für DE, AT und LU) sowie mit Till Spannagel, dem Abteilungsleiter Wirtschaft in der ständigen Vertretung der BRD bei der EU, sprechen. In den von allen Beteiligten als sehr konstruktiv empfundenen Gesprächen – diese waren mit Unterstützung des ZDH vermittelt worden – ging es ganz wesentlich um die aktuelle Energie-, Klima, Digital- und Wettbewerbspolitik sowie ums Thema »Berufsbildung«.

Von ETS 2 bis Netzanschluss

Zwar standen beim Austausch mit Düpont, Liese, Wechsler und Hahn das Emissionshandelssystem 2 (ETS 2), das Thema »Datenzugang für Handwerk sowie kleine und mittlere Unternehmen« (KMU), aber auch der Digitale Produktpass (DPP) oder die Beschleunigung/Digitalisierung von Anerkennungsverfahren beziehungsweise die Ausweitung gemeinsamer Ausbildungsrahmen auf der Agenda. Der ZVEH-Vorstand und die hauptamtlichen Vertreter der e-handwerklichen Organisation diskutierten mit den Abgeordneten aber auch über beschleunigte Netzanschlüsse beziehungsweise Netzanschlussverfahren, den »Electrification Action Plan« der EU sowie wie auch über den Smart-Meter-Rollout und das europaweit immer wichtiger werdende Thema »Energiesicherheit«.

Was sich in der Diskussion mit den EU-Vertretern Sánchez Infante, le Vrang und Fuehring herausstellte: Die Elektrifizierung als eigenständiges politisches Thema ist in Europa weitaus präsenter als hierzulande. Darüber hinaus erfuhren die Vertreter/-innen der deutschen E-Handwerke, dass die Einführung des vom ZVEH befürworteten ETS 2 zwar weiterhin für 2028 geplant ist. Der Widerstand innerhalb bestimmter Mitgliedsstaaten gegen dieses wichtige Steuerungsinstrument für die Energie- und Klimapolitik wächst jedoch. Erfreulich hingegen: Im Gespräch mit le Vrang konnte der ZVEH mit Nachdruck auf die Bedeutung der dualen Ausbildung in Deutschland hinweisen. ▶



Quelle (2): ZVEH

Nahm sich tatsächlich ganz spontan Zeit für den Austausch: EU-Parlamentarierin Lena Düpont (2. v. r.).



Auch mit MdEP Dr. Peter Liese (l.) konnte die ZVEH-Delegation wichtige e-handwerkliche Themen besprechen.

Chance genutzt, den DPO vorzustellen

Mit Dr. Peter Liese, einem der Haupt-Verhandler für das »ETS 2«, war man sich insofern einig, dass es zu keinen Wettbewerbsverzerrungen zwischen ETS 1 und 2 kommen darf, weil die Nutzung von Strom im Gebäude andernfalls gegenüber fossilen Energieträgern wie Gas oder Öl benachteiligt würde. Beim Gespräch mit Svenja Hahn stand hingegen das Thema »Datennutzung« im Vordergrund. Für den ZVEH eine gute Gelegenheit, den Digital Project Organizer (DPO) als handwerkseigene Lösung beziehungsweise als logische Fortsetzung des Digitalen Produktpasses (DPP) zu präsentieren.

Und bei Lena Düpont drehte sich schließlich alles um Themen wie »Sicherheit«, »Resilienz« und »Zivilschutz«. Während der ZVEH die Bedeutung der E-Handwerke bei der Aufrechterhaltung kritischer Infrastruktur hervorhob und hier noch einmal darauf hinwies, dass Photovoltaik-Anlagen in Kombination mit Batteriespeichern oft nicht in der Lage sind, die Stromversorgung im Fall eines Blackouts aufrechtzuerhalten – dazu braucht es schwarzstartfähige Wechselrichter –, war es ein Herzensanliegen Düponts, zu vermitteln, dass der Zivilschutz – im Wissen um das steigende Katastrophen-, Kriegs- und Sabotagerisiko – noch besser in der Gesellschaft und in den Betrieben etabliert werden müsse.

Fazit: Der ZVEH präsentierte sich in Brüssel als überaus engagierte Vertretung der deutschen Elektrohandwerke sowie als Befürworter der Energiewende und konnte im Gespräch mit den politischen Vertretern/-innen Akzente zu wichtigen e-handwerklichen Kernpositionen setzen. ■

ELKOnet-Qualifizierungen

Damit aus Fachkräften Experten und Spezialisten werden

Berufliche Weiterbildung und Qualifizierung sind heute weit mehr als nur ein Mittel zum beruflichen Aufstieg. Sie sind Ausdruck von Eigenverantwortung, Anpassungsfähigkeit und persönlicher Entwicklung in einer hochdynamischen Arbeitswelt, in der technologischer Wandel und immer neue Anforderungen dafür sorgen, dass einmal erworbenes Wissen nicht mehr ausreicht, um dauerhaft auf dem aktuellen Stand der Technik zu bleiben.



Quelle: Elektro Technologie Zentrum (etz) Stuttgart

Weiterbildung wirkt sich positiv auf die Karriere aus. Und auch der Arbeitgeber profitiert davon, wenn seine Mitarbeiter/-innen sich qualifizieren.

Wert am Arbeitsmarkt steigern

Eng mit dem Aspekt der Qualifikation verbunden ist die Beschäftigungsfähigkeit: Wer bereit ist, sich weiterzuentwickeln, erhöht seine Chancen auf dem Arbeitsmarkt erheblich. Denn (Handwerks-)Unternehmen suchen Mitarbeitende, die lernbereit, flexibel und offen für neue Aufgaben sind. Berufliche Qualifizierung bedeutet deshalb nicht nur, bestehende Fähigkeiten zu erhalten, sondern auch die eigene Zukunftsfähigkeit zu sichern. Weiterbildung wird damit zu einer Art beruflicher Vorsorge und sie kann ganz wesentlich dazu beitragen, die eigene berufliche Rolle bewusster zu gestalten.

Darüber hinaus besitzt Weiterbildung eine gesellschaftliche und wirtschaftliche Wertigkeit. Gut qualifizierte Menschen stärken Unternehmen, fördern Innovation und tragen zur Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens bei. Gleichzeitig bedeutet Qualifizierung immer auch Investition – sowohl finanziell als auch zeitlich. Der tatsächliche Wert entsteht daher nicht allein durch Zertifikate oder Abschlüsse, sondern vor allem durch die praktische Anwendbar-

»Experten-/Spezialistenprofile«	
Seminarbeginn	**ELKOnet-Bildungszentrum**
Level 1: SPS Programmierung: elementare Funktionen **28.09.2026 – 02.10.2026** Level 2: SPS Programmierung: erweiterte Funktionen **19. – 23.10.2026** Level 3: SPS Programmierung: Automatisierungslösungen **09. – 13.11.2026** SPS – Vorbereitung und Prüfung zum/r Automatisierungstechniker/in (ZVEI) **01. – 03.12.2026** Messtechnik – Prüfungen nach DIN EN 60204 (DIN VDE 0113) **12.11.2026** Frequenzumrichtertechnik **08. – 10.12.2026**	etz Stuttgart / www.etz-stuttgart.de / info@etz-stuttgart.de / Tel.: 0711 9559160
Level TIA 1: Elementare Funktionen **28.09. – 02.10.2026** Level TIA 2: Erweiterte Funktionen **14. – 18.09.2026** **19. – 23.10.2026** Level TIA 3: Automatisierungslösungen **21. – 25.09.2026** **09. – 13.11.2026** Automatisierungstechniker (Service) nach ZVEI (S7-Classic oder TIA) **14. – 17.12.2026** TIA: industrielle Vernetzung mit SIMATIC S7 **16. – 20.11.2026** Prüfungen nach DIN EN 60204 (VDE 0113) **08.10.2026** Frequenzumrichter – Grundlagen und Netzrückwirkungen **18. – 20.08.2026**	BFE-Oldenburg / www.bfe.de / info@bfe.de / Tel.: 0441 340920
Auf Anfrage	BZL Lauterbach / www.bzl-lauterbach.de / info@bzl-lauterbach.de / Tel.: 06641 91170

Die Kursdurchführung hängt von den Anmeldezahlen ab.

keit des Gelernten sowie durch die persönliche Weiterentwicklung.

In 3 Stufen zum/zur Expert/-in

Als etabliertes Kompetenznetzwerk in der Elektro- und Informationstechnik bieten die sechs ELKOnet-Weiterbildungszentren flexible Lösungen für den Auf- und Ausbau von fundiertem Expertenwissen an. Die bundesweit angebotenen Weiterbildungskonzepte sind dabei bewusst flexibel gehalten und modular aufgebaut. Sind die Pflichtmodule (Stufe 1) absolviert, erfolgt die Ernennung zum/zur Spezialisten/-in (ELKOnet). Wurde auch die erforderliche Anzahl von Ergänzungsmodulen (Stufe 2) erfolgreich absolviert, resultiert daraus die Benennung zum/zur Experten/-in (Stufe 3).

Beispielhaft hierfür besteht der/die Spezialist/-in (ELKOnet) für Industrieautomation« bzw. der/die »Experte/-in (ELKOnet) für Industrieautomation«. Für die Stufe des Spezialisten sind die Module »SPS Programmierung: erweiterte Funktionen (Level 2)« zu besuchen. Als Ergänzungsmodule zum Erreichen der Stufe des Experten stehen unter anderem »SPS Automatisierungslösungen (Level 3)«, »Frequenzumrichtertechnik« und »Prüfen elektrischer Steuerungen nach DIN EN 6024« zur Auswahl.

Weitere Informationen zu diesem sowie zu weiteren Experten-Profilen stehen unter www.elkonet.de bereit.

Bildungspass als Kompetenznachweis

Für jede ELKOnet-Expertenqualifizierung gibt es einen personengebundenen Bildungspass. In diesem werden alle erfolgreich absolvierten Module und Prüfungen dokumentiert. Auf diese Weise haben sowohl die Passinhaber selbst als auch die ELKOnet-Bildungsträger jederzeit einen Einblick in den aktuellen Stand der Qualifizierung. Gleichzeitig ist der Bildungspass ein wertvoller Kompetenznachweis gegenüber Arbeitgebern und Personalentscheidern. ■

Das ELKOnet-Kompetenznetzwerk

Grundidee des ELKOnet-Konzeptes ist es, kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) mithilfe einheitlicher Qualifizierungsstrategien und moderner Qualifizierungslösungen den Zugang zu Know-how zu ermöglichen und sie so zum Einstieg in innovative und wachstumsstarke Geschäftsfelder zu befähigen.

Verlag und Herausgeber: Hüthig GmbH, München/Heidelberg, Hultschinerstraße 8, 81677 München, Telefon (089) 21 83 - 89 81, Fax (089) 21 83 - 89 89. »E-Nachrichten«, Redaktion im ZVEH: Maren Cornils und Yvonne Welker, Lilienthalallee 4, 60487 Frankfurt a.M., Telefon 069 247747-28, E-Mail: presse@zveh.de, Internet: www.zveh.de, Druck: westermann druck GmbH, Georg-Westermann-Allee 66, 38104 Braunschweig. Die »EMA-Nachrichten« erscheinen regelmäßig in jeder Ausgabe der Zeitschrift »ema«.

Betrieb elektrischer Anlagen

VEFK und Anlagenbetreiber

In Industrieunternehmen mit eigenen Transformatorenstationen überschneiden sich die Aufgaben von Verantwortlicher Elektrofachkraft (VEFK) und Anlagenbetreiber Elektrotechnik häufig. Für den sicheren Betrieb von Mittelspannungsanlagen sind dabei sowohl die organisatorischen Anforderungen aus Arbeitsschutz- und Energiewirtschaftsrecht als auch die Vorgaben der einschlägigen VDE-Regelwerke zu beachten. Zudem stellt sich in der Praxis regelmäßig die Frage, welche Qualifikationen erforderlich sind und unter welchen Voraussetzungen externe Dienstleister Schalthandlungen ausführen dürfen [1].



Quelle: Redaktion »ema« (KI-generiert)

Bild 1: *Inspektion einer Mittelspannungs-Schaltanlage – der sichere Betrieb von Transformatorenstationen erfordert klare Zuständigkeiten, qualifiziertes Personal und eine wirksame Organisation der Elektrosicherheit*

Werden Transformatorenstationen und Mittelspannungsanlagen in Eigenverantwortung betrieben, müssen Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten und Qualifikationen eindeutig geregelt sein. Grundlage hierfür bilden unter anderem das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) sowie die Normen VDE 1000-10 »*Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen*« und VDE 0105-100 »*Betrieb elektrischer Anlagen*«. Insbesondere die Rollen der Verantwortlichen Elektrofachkraft (VEFK) und des Anlagenbetreibers Elektrotechnik stehen dabei im Fokus. Hinzu kommen Anforderungen an Fort- und Weiterbildungen sowie an die Vergabe von Schaltberechtigungen für Mittelspannungsanlagen.

Verantwortung im elektrotechnischen Betrieb

Das Arbeitsschutzgesetz verpflichtet den Unternehmer/Arbeitgeber, Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit sicherzustellen. Dabei muss er sich den Vorgaben unterschiedlicher Regelsetzer bedienen.

Gemäß § 3 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) ist er verpflichtet, eine geeignete Organisation zu schaffen, die der Art der Tätigkeiten entspricht. Zusätzlich muss er laut § 7 ArbSchG sicherstellen, dass die Beschäftigten die für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Aufgabenerfüllung relevanten Bestimmungen und Maßnahmen einhalten können. Bei der Gestaltung der Organisationsstruktur im Bereich der Elektrotechnik sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik, insbesondere die VDE-Normen, zu berücksichtigen. Diese Normen haben durch ihre Nennung in § 49 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) einen quasi-rechtsverbindlichen Charakter.

Neben der VDE 1000-10 »Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen« ist auch die VDE 0105-100 »Betrieb elektrischer Anlagen« zu beachten. Besonders hervorzuheben ist, dass die VDE 1000-10 seit ihrer Neuerscheinung im Juni 2021 klarstellt, dass alle elektrotechnisch Tätigen für ihre Handlungen und Tätigkeiten verantwortlich sind und über die erforderlichen Qualifikationen verfügen müssen.

Stellung im Unternehmen und konkludentes Handeln

Die VEFK-Verantwortung kann allein durch die Stellung im Unternehmen übernommen werden, auch ohne explizite schriftliche Beauftragung. Die VDE 1000-10 erläutert dies im Anhang A unter Abs. zu 3.2: »*Ist eine Stellenbeschreibung vorhanden oder liegt ein Alleinstellungsmerkmal wie Elektromeister als Werkstattleiter vor, ist eine zusätzliche Beauftragung als VEFK aufgrund der eindeutigen fachlichen Verantwortung nicht erforderlich.*«

Darüber hinaus kann die VEFK-Verantwortung auch durch sogenanntes konkludentes Handeln übernommen werden, also durch schlüssiges Verhalten, das eindeutig als Willenserklärung zu verstehen ist. Verhält sich ein Mitarbeiter beispielsweise so, als würde er die VEFK-Verantwortung tragen und kümmert sich um die Elektrosicherheit sowie die entsprechenden Vorgaben, kann

dies unter Umständen auch entsprechend ausgelegt werden.

Es ist wichtig zu verstehen, dass Verantwortung nicht erst mit der Unterzeichnung eines Dokuments beginnt. Je mehr sich ein designierter Verantwortungsträger im künftigen Verantwortungsbereich bewegt, Informationen einholt und Maßnahmen veranlasst oder umsetzt, desto mehr tritt er auch »automatisch« in die eigentliche Verantwortung ein.

Verantwortliche Elektrofachkraft (VEFK) und Anlagenbetreiber Elektrotechnik

Die Begriffe Verantwortliche Elektrofachkraft (VEFK) und Anlagenbetreiber Elektrotechnik sind eng miteinander verwandt. Die VDE 1000-10 definiert die VEFK im Absatz 3.2 als Elektrofachkraft, die Fachverantwortung trägt und zusätzlich Unternehmerpflichten im Bereich der elektrotechnischen Anforderungen wahrnimmt. Diese Pflichten umfassen laut Anmerkung 1 die Organisation, Fürsorge, Auswahl und Kontrolle.

Im Abschnitt 4 »Anforderungen« der VDE 1000-10, genauer gesagt im Absatz 4.4, wird festgelegt, dass für die verantwortliche fachliche Leitung in einem elektrotechnischen Betrieb oder Betriebsteil eine Person erforderlich ist, die die Anforderungen an eine VEFK nach Absatz 3.2 erfüllt. Dafür ist in der Regel eine Ausbildung nach Absatz 4.3 b), c), d) oder e) erforderlich, also beispielsweise der Abschluss als staatlich geprüfter Techniker, Industriemeister, Handwerksmeister, Diplomingenieur, Bachelor oder Master im Bereich Elektrotechnik.

Laut VDE 0105-100 Abs. 3.2.1 ist der Anlagenbetreiber für den sicheren Betrieb der elektrischen Anlage verantwortlich und legt die Regeln und Randbedingungen der Organisation fest. Wie in der VDE-Schriftenreihe 13 »*Betrieb von elektrischen Anlagen*« erläutert, umfasst die klassische Aufgabe des Anlagenbetreibers die Sicherstellung des ordnungsgemäßen und sicheren Betriebs seiner elektrischen Anlagen durch Inspektionen, Instandsetzungen und Wartungen. Der Anlagenbetreiber muss nicht zwingend Elektrofachkraft sein. Ist er es nicht, muss er die aus seiner Verantwortung entstehenden Rechte und Pflichten durch Beauftragung einer Elektrofachkraft übertragen, um den sicheren Betrieb der Anlagen zu gewährleisten (**Bild 1**).



Bild 2: *VEFK und Anlagenbetreiber Elektrotechnik in einer Person*

Die VEFK ist in erster Linie für die Durchführung elektrotechnischer Tätigkeiten und die Überwachung der Mitarbeiter verantwortlich. Aus Sicht der VEFK müssen auch die Anlagen, an denen gearbeitet wird, sicher sein, was in die Zuständigkeit des Anlagenbetreibers Elektrotechnik fällt. Der Anlagenbetreiber Elektrotechnik ist vorrangig für den sicheren und ordnungsgemäßen Zustand der elektrischen Arbeitsmittel, Anlagen und Maschinen verantwortlich. Er hat auch ein Interesse daran, dass qualifizierte Mitarbeiter fachgerecht tätig werden, was in die Zuständigkeit der VEFK fällt.

Die Funktion der VEFK nach VDE 1000-10 entspricht in weiten Teilen der Rolle des Anlagenbetreibers Elektrotechnik nach VDE 0105-100. Beide vertreten wechselseitige Interessen im Bereich der Elektrotechnik. Obwohl es möglich ist, diese beiden Funktionen beziehungsweise Rollen auf zwei Personen aufzuteilen, wird dies in der betrieblichen Praxis in der Regel vermieden. Dies trägt dazu bei, die Abgrenzungs- und Schnittstellenthematik zu vereinfachen.

Fort- und Weiterbildungen

Es gibt keine spezifische Regel, die vorschreibt, in welchen Bereichen sich eine Verantwortliche Elektrofachkraft wie oft fortbilden muss. Diese Entscheidung liegt beim Unternehmer oder der VEFK. Neben fachlichen Themen sollten auch rechtliche und organisatorische Aspekte in der Weiterbildungsplanung berücksichtigt werden. Es ist üblich, dass eine VEFK mindestens einmal jährlich an einer Schulung zum Erhalt der Fachkunde oder einer Fachtagung teilnimmt. Je nach Tätigkeitsschwerpunkt, z. B. bei Arbeiten unter Spannung, im Bereich Schaltbefähigung für Mittelspannungsanlagen oder als zur Prüfung befähigte Person, können sich zusätzliche Anforderungen ergeben, die ebenfalls regelmäßig aktualisiert werden müssen.

Für angehende Verantwortliche Elektrofachkräfte ist die Teilnahme an einem Grundlagenseminar zum Thema VEFK sinnvoll. Allerdings ersetzt eine solche Schulung nicht die kontinuierliche fachliche Weiterentwicklung. Ebenso zweckmäßig und häufig erforderlich ist die Erlangung einer Schaltbefähigung für Mittelspannungsanlagen, wenn entsprechende Anlagen zum Verantwortungsbereich gehören oder Mitarbeiter an diesen Anlagen tätig werden sollen.

Die Fort- und Weiterbildung einer Verantwortlichen Elektrofachkraft oder eines Anlagenbetreibers Elektrotechnik ist stets individuell und hängt stark von der Person, ihrem bisherigen Tätigkeitsfeld und dem übertragenen Verantwortungsumfang ab. Während einige Themen durch Fort- oder Weiterbildung vermittelt werden müssen, können andere Bereiche im Selbststudium aufgearbeitet werden. Für bestimmte Anlagen oder Techniken kann zudem eine zusätzliche Vor-Ort-Einweisung mit praktischen Übungen erforderlich sein. Pauschal lässt sich sagen, dass bei Defiziten oder Lücken, die die Arbeitsleistung beeinträchtigen, Handlungsbedarf

ENGINEERING IM ELEKTROHANDWERK SEIT 1920
BEHNCKE ELEKTROMOTORENHANDEL
VEM SIEMENS
● BEHNCKE Drehstrommotoren
● SIEMENS Antriebssysteme
● VEM Drehstrommotoren
● Montage & Inbetriebnahme
● Reparatur & Wartung
● herstellerzertifizierter Umbau
Elektrowerk Hannover Behncke Motorenhandel GmbH | Kornstr. 20, 30167 Hannover | Tel.: 0511-708 355
behncke.de



Bild 3: *Fort- und Weiterbildungen sind häufig erforderliche Maßnahmen*

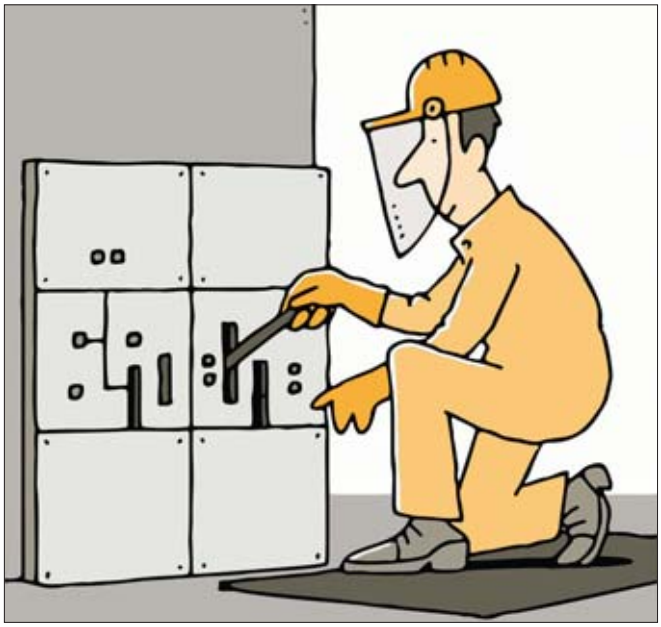


Bild 4: *Schalthandlungen bedürfen der besonderen Kontrolle*

Quelle: Bilder 2 bis 4 Mebedo Consulting

besteht. Die konkrete Umsetzung sollte personenbezogen erfolgen.

Um Qualifizierungsbedarfe systematisch zu ermitteln, hat sich in der Praxis die sogenannte Qualifikationserhebung in Form eines Gesprächsleitfadens bewährt. Dieses Gespräch findet in der Regel vertraulich zwischen der zu befragenden Person und einem fachkundigen Interviewer (z. B. GVEFK oder externer Berater) statt. Anhand der Auswertung des Gesprächs werden dann Maßnahmen zur Aufarbeitung vorgeschlagen, wie beispielsweise die Teilnahme an Schulungen und Seminaren oder das Selbststudium von Regelwerken und Fachbüchern (**Bild 2**).

Beauftragung von Mittelspannungsschalthandlungen

Um die Zuständigkeiten für Mittelspannungsanlagen eindeutig zu klären, müssen zunächst die Netzbetreiber- beziehungsweise Versorgungsverträge betrachtet werden. Darüber hinaus können Markierungen an den Anlagen, Zeichnungen, Stromlaufpläne oder Schlösser an den Zugängen Hinweise auf die Betreiberverantwortung geben.

Bei Transformatorenstationen in industriellen Kundenanlagen endet die Zuständigkeit des Netzbetreibers häufig am Einspeisebeziehungsweise Übergabefeld der Mittelspannungsschaltanlage. Die Verantwortung für die nachgelagerten Anlagenteile liegt dann beim jeweiligen Unternehmen beziehungsweise dessen Anlagenbetreiber.

Im Sinne der Betreiberschaft obliegt diesem die Verantwortung für den sicheren Betrieb der elektrischen Anlage. Hierzu zählen Inspektions-, Instandsetzungs-, Wartungs- und Prüfarbeiten ebenso wie die Auswahl, Organisation und Kontrolle der an den Anlagen tätigen Personen.

Unabhängig davon, ob interne Mitarbeiter oder externe Dienstleister eingesetzt werden: Personen, die Schalthandlungen in Spannungsbereichen über 1 000 VAC oder 1 500 VDC ausführen, benötigen eine Berechtigung des Anlagenbetreibers. Diese Berechtigung wird in der Regel schriftlich erteilt, nachdem die Schaltbefähigung durch entsprechende Schulungen nachgewiesen wurde (**Bild 3**). Laut VDE-Schriftenreihe 79 »*Schaltberechtigung für Elektrofachkräfte und befähigte Personen*« sind neben der Qualifikation als Elektrofachkraft Orts- und Anlagenkenntnisse, Kenntnisse des Netzes und des Lastflusses, Kenntnisse der Brandbekämpfung und der Ersten Hilfe sowie gegebenenfalls weitere Spezial- und Prozesskenntnisse erforderlich.

Fazit

Die VEFK hat sicherzustellen, dass Mitarbeiter nachweislich qualifiziert sind, während der Anlagenbetreiber Elektrotechnik aussagekräftige Befähigungsnachweise von Dienstleistern einfordern und erforderliche Kenntnisse durch Ein- und Unterweisungen vor Ort vermitteln muss. Vor der Durchführung von Tätigkeiten sind Auswahl- und Organisationspflichten nachweisbar zu erfüllen. Während und nach der Ausführung müssen zudem die Kontrollpflichten angemessen wahrgenommen werden, mindestens stichprobenartig.

Die konkrete Bewertung von Verantwortlichkeiten, Qualifikationsanforderungen und Schaltberechtigungen ist stets von den örtlichen Betreiberzuständigkeiten, dem übertragenen Verantwortungsumfang sowie den vorhandenen Kompetenzen der verantwortlichen Personen abhängig. ●

Quellenhinweis

[1] Dem Beitrag liegt der Inhalt des Praxisproblems PP25139 zugrunde – es ist für »de«-Abonnenten per QR-Code abrufbar

FÜR SCHNELLLESER

Die Rollen von Verantwortlicher Elektrofachkraft (VEFK) und Anlagenbetreiber Elektrotechnik sind eng miteinander verknüpft und tragen gemeinsam Verantwortung für den sicheren Betrieb elektrischer Anlagen

Für den Betrieb von Transformatoren- und Mittelspannungsanlagen sind neben der fachlichen Grundqualifikation regelmäßige Fortbildungen sowie gegebenenfalls eine Schaltbefähigung erforderlich

Schalthandlungen in Mittelspannungsanlagen dürfen auch durch externe Dienstleister ausgeführt werden, sofern die erforderliche Qualifikation nachgewiesen ist und eine entsprechende Berechtigung durch den Anlagenbetreiber vorliegt



Autor:
Michael Wulf, Prokurist der Mebedo Consulting GmbH und BDSH e.V. geprüfter Sachverständiger Elektrotechnik



Quelle: Polytec

Bild 1: *Industrieroboter ermöglichen automatisierte Schwingungsmessungen, sind für viele Laboranwendungen jedoch zu aufwendig – die »RoboVib Bench« von Polytec verfolgt einen deutlich kompakteren Ansatz*

Schwingungsmesstechnik

3D-Modalanalyse neu gedacht

Die Validierung von Simulationsmodellen und die Analyse von Schwingungsverhalten erfordern präzise 3D-Messdaten. Bislang war die Vermessung kleiner und mittelgroßer Objekte jedoch mit hohem Aufwand verbunden. Ein kompaktes System aus Drehplattform, Laservibrometern und intelligenter Software automatisiert die Schwingungsmessung und reduziert Platzbedarf, Kosten und Einrichtungsaufwand.

Schwingungsmessungen liefern wichtige Informationen über das dynamische Verhalten von Bauteilen und dienen unter anderem der Validierung von Simulationsmodellen, der Ursachenanalyse von Fehlern sowie der Bewertung neuer Werkstoffe. Für die dreidimensionale Vermessung kleiner und mittelgroßer Objekte kamen bislang häufig aufwendige Messaufbauten mit manuell positionierten Sensoren oder Industrierobotern zum Einsatz. Mit der »RoboVib Bench« stellt Polytec eine kompakte Alternative vor, die das Messobjekt auf einer motorisierten Drehplattform bewegt und so eine automatisierte 3D-Modalanalyse bei deutlich geringerem Platz- und Kostenbedarf ermöglicht.

Warum Laservibrometrie?

Die Laservibrometrie findet breite Anwendung in Forschung und Entwicklung von Strukturkomponenten in verschiedenen Branchen. Dazu zählen unter anderem Anwendungen aus Luft- und Raumfahrt, Automobilindustrie oder Unterhaltungselektronik, bei denen die gezielte Dämpfung von Schwingungen und die Vermeidung von Resonanzen eine zentrale Rolle spielen. Da die Schwingungen auch Aufschluss über den inneren Aufbau von Produkten geben, sind Modalanalysen ein probates Mittel, Fehlerquellen aufzuspüren und Konstruktionskonzepte bereits in der Prototypenphase zu verifizieren. Eine dreidimensionale Vermessung war bislang jedoch mit erheblichem Aufwand verbunden. Gerade im Laborbetrieb wurde oft manuell positioniert, weil gängige Industrieroboterlösungen für solche Aufgaben zu groß waren und spezifische Messräume sowie geschultes Personal für die Programmierung und Sicherheit erforderten (**Bild 1**). Mit einer kompakten Alternative für eine vollautomatische, dreidimensionale Vermessung kleiner und mittelgroßer Objekte setzt die Polytec GmbH aus Waldbronn nun neue Standards. Die »RoboVib Bench« genannte Lösung spart Platz, Zeit und Kosten.

Präziser »Präsentierteller«

Grundsätzlich gibt es zwei Ansätze, um ein 3D-Messobjekt wie beispielsweise ein Ge-



Quelle: Polytec

Bild 2: *Die kompakte, motorbetriebene Drehplattform reduziert Kosten und Messzeit*



Quelle: Polytec

Bild 3: *Das Messsystem benötigt nur wenig Raum*

triebegehäuse vollständig zu erfassen: Entweder wird der Sensor um das Objekt herumgeführt oder das Objekt selbst rotiert vor dem Sensor um seine eigene Achse. Kommen für eine 3D-Messung mehrere Sensoren zum Einsatz, erfordert die Neupositionierung der Sensoren um das Objekt sehr viel Arbeit. Auch dafür können Industrieroboter eingesetzt werden, für kleinere Messobjekte ist das jedoch ein hoher Aufwand. Der neue Ansatz setzt daher auf die Bewegung des Objektes über eine motorbetriebene Drehplattform, um Kosten und Messzeit zu reduzieren. Die Plattform hat einen Stützplattendurchmesser von 600 m und wiegt nur 34 kg inklusive Montagerahmen (**Bild 2**). Mit dem System können Objekte bis zu einem Durchmesser von einem Meter und max. 50 kg auf einfache Weise vermessen werden. Damit eignet es sich auch für größere Bauteile wie Motoren- oder Getriebegehäuse.

Die Lasersensoren werden an festen Positionen um den Drehteller positioniert. Durch die Drehung lässt sich die gesamte Objektoberfläche, abgesehen von sehr tiefen Einschnitten und Hinterschnitten, präzise vermessen. Bis auf die Montagefläche können alle fünf sichtbaren Seiten ohne Umspannen analysiert werden. Ein Getriebegehäuse kann beispielsweise mit der offenen Seite nach unten montiert werden, dann sind alle messrelevanten Oberflächen im Blick der Sensoren. Doch auch für die Messung der verdeckten Seite gibt es über die Software eine einfache Lösung: In einer zweiten Aufspannung wird die fehlende Seite vermessen und dann automatisch mit der ersten Messung zu einem gemeinsamen Datenmodell »gestitcht«. Die Stützplatte bietet wahlweise eine metrische oder zöllige Teilung für die Montagegewindelöcher mit 50-mm oder 2-Zoll-Abstandsraster. Das Messsystem benötigt nur wenig Raum, ein Labortisch für Drehplattform und Messauswertung sowie der notwendige Platz zum Aufstellen der Scanning-Vibrometer genügen (**Bild 3**). Zusätzliche Sicherheitsbereiche, wie sie beim Einsatz von Industrierobotern erforderlich sind, entfallen.

Wichtige Begriffe der Schwingungsanalyse

- **EMA (Experimentelle Modalanalyse)**: Verfahren zur Bestimmung der dynamischen Eigenschaften eines Bauteils. Dabei werden Eigenfrequenzen, Dämpfungen und Schwingungsformen experimentell ermittelt.
- **FEM (Finite-Elemente-Methode)**: Numerisches Simulationsverfahren zur Berechnung mechanischer, thermischer oder dynamischer Eigenschaften von Bauteilen und Systemen.
- **Modalanalyse**: Untersuchung des Schwingungsverhaltens eines Objekts. Sie zeigt, bei welchen Frequenzen ein Bauteil besonders stark schwingt und wie sich die Schwingungen räumlich ausbreiten.
- **Laservibrometrie**: Berührungslose Messtechnik zur Erfassung von Schwingungen. Die Bewegung einer Oberfläche wird dabei mithilfe eines Laserstrahls hochpräzise gemessen.
- **UFF / ATFX / SVD**: Standardisierte Datenformate beziehungsweise Analyseverfahren für die Auswertung und den Austausch von Mess- und Modaldaten zwischen Mess- und Simulationswerkzeugen.

Vibrationsanalyse: virtuell vorbereiten …

Die Messexperten aus Waldbronn haben für die Messung eine intuitiv bedienbare Software entwickelt, die ohne lange Einarbeitungszeit schnell Ergebnisse liefert. Um dem Alltag des Entwicklungsingenieurs entgegenzukommen, gibt es zwei Messmodi: Liegt ein Geometriemodell aus CAD- oder FEM-Daten vor, wird dieses importiert und anhand von drei bis vier Referenzpunkten mit dem Messobjekt in der Software abgeglichen. Aber auch ohne Geometriedaten kommt man weiter. Dabei nutzt das Messsystem den 3D-Lidar-Sensor »Vibroscan QTec Xtra« mit einer Genauigkeit im Sub-mm-Bereich. Dabei erstellt die Funktion »Automatic Polygone« mithilfe KI-gestützter Algorithmen automatisch ein geeignetes Messraster auf Grundlage der erfassten Geometrie. Durch die Geometriemessung entfällt die Notwendigkeit der »3D-Objektausrichtung«. Damit liegen in beiden Fällen die Messpunkte fest.

Die Automatisierung eines EMA-Tests (Experimentelle Modal Analyse), wie er für die Modellvalidierung benötigt wird, ist ebenfalls möglich. Der mechanische Aufbau benötigt nur wenige Schritte: Die Scanköpfe müssen auf Stativen positioniert und ausgerichtet werden. Nachdem die Position der Scanköpfe mittels eines automatischen Ab-



Quelle: Polytec

Bild 4: *Durchdachte Zubehörkomponenten beschleunigen den Messaufbau*

gleichs ermittelt wurde, wird die Rotationsachse bestimmt. Nun wird der Prüfling und die Anregungsquelle auf dem Drehtisch montiert und bei Bedarf die Objektausrichtung vorgenommen. Nachdem die Geometrie des Prüflings (3D-Daten) importiert oder gemessen und das Koordinatensystem abgeglichen wurde, kann der automatische Scanvorgang gestartet werden.

... und automatisch messen

In seinem Finite-Elemente-Modell hat der Simulationsingenieur bereits die Punkte ausgemacht, die für seine Messung relevant sind. Auch diese Information wird im System hinterlegt. Mit all diesen geometrischen Vorgaben arbeitet das Messsystem dann automatisch und übernimmt nach dem Aufbau die komplette Messung autark. Dadurch werden manuelle Fehlerquellen konsequent ausgeschlossen. Die Vibrometer-Software (PSV) steuert in Verbindung mit der Robo-Vib-Bench-Software den Drehteller und die Vibrometer, optimiert die Punktezuordnung und führt eine Datensatzfusion durch. Die so aufgenommenen Messwerte werden intern verarbeitet und als modale Testdatensätze, also in Form von Auslenkungsformen oder Übertragungsfunktionen pro Knotenpunkt, im SVD-, UFF- oder ATFX-Format ausgegeben.

So entsteht ein kompaktes Messsystem, das die automatisierte 3D-Modalanalyse mit deutlich geringerem Platz- und Investitionsbedarf ermöglicht als klassische Roboterlösungen. Gleichzeitig bleibt die Flexibilität für die Validierung von FE-Modellen erhalten. Dazu tragen durchdachte Zubehörkomponenten bei, die den Messaufbau zusätzlich vereinfachen – etwa ein automatischer Modalhammer mit Anregungsfrequenzen bis 40 kHz oder ein kompakter Inertialshaker mit einem Frequenzbereich von 250 Hz bis 13 000 Hz bei nur 1,8 g Gewicht (**Bild 4**). ●

FÜR SCHNELLLESER

Die 3D-Modalanalyse benötigt nicht zwingend einen aufwendig programmierten Roboter

Eine motorisierte Drehplattform übernimmt die Positionierung des Messobjekts für die automatische Schwingungsmessung

Dadurch lassen sich Messaufwand, Kosten und Platzbedarf im Labor deutlich reduzieren





Autoren:
Dipl.-Ing. Frank Schmälzle, Strategisches Produktmarketing, Polytec GmbH und

Dipl. Chem. Andreas Zeiff, Redaktionsbüro Stutensee

Hüthig

Das Neueste aus dem Hüthig Shop direkt in Ihren Posteingang!

Jetzt abonnieren:
shop.huethig.de/newsletter



Hüthig GmbH, Im Weiher 10, D-69121 Heidelberg

OT-Security nach IEC 62443

Sicherheit mit Augenmaß

Mit der Maschinenverordnung (MVO) rückt die Cybersecurity von Maschinen und Anlagen stärker in den Fokus. Viele Hersteller erwarten jedoch hohe Kosten und komplexe Schutzmaßnahmen. Ein Blick auf die Anforderungen der IEC 62443 zeigt, dass das tatsächlich erforderliche Sicherheitsniveau in vielen Anwendungen deutlich niedriger liegt als häufig angenommen (**Bild 1**). Entsprechend überschaubar können auch die notwendigen Maßnahmen ausfallen.



Quelle: Indu-Sol

Bild 1: *Sieben Maßnahmen der IEC 62443 mit der die notwendigen Security-Level erreicht werden können.*



Quelle: Indu-Sol

Bild 2: *René Heidl, Geschäftsführer Technik & Entwicklung bei der Indu-Sol GmbH. »Die Angst vor der Maschinenverordnung halte ich für überzogen. Oft sind die notwendigen Security Level deutlich geringer, als viele befürchten und dementsprechend die Kosten und notwendigen Maßnahmen.«*

René Heidl, Geschäftsführer Technik & Entwicklung bei Indu-Sol (**Bild 2**), sieht die aktuelle Diskussion daher deutlich entspannter als viele Marktteilnehmer. Aus seiner Sicht kann der Maschinenbau bei der Umsetzung der Security-Anforderungen auf Erfahrungen aus den Bereichen elektrische Sicherheit und Functional Safety zurückgreifen. In vielen Fällen seien die erforderlichen Maßnahmen einfacher und kostengünstiger als vielfach befürchtet.

Angst vor der MVO ist unbegründet

Was ist das Ziel von Security-Maßnahmen, die in der MVO, dem Cyber Resilience Act oder NIS2 gefordert werden? Viele denken schnell an den Schutz vor russischen Hackerangriffen oder Ähnlichem; also an hochkompetente Angreifer mit einer großen Motivation, Schaden anzurichten. Dieses Szenario führt zu Angst und diese eher zu einem Erstarren als zu positivem Handeln. Ein genauerer Blick in die Verordnung zeigt allerdings, dass diese Angst in der Regel unbegründet ist, weil sie den Großteil der Maschinenbauer nicht betrifft.

Raus aus der Kaninchenstarre

Das Thema »Security« ist an sich nichts Neues. Ähnliches hat der Maschinenbau bereits erlebt in Bezug auf die elektrische Sicherheit von Maschinen oder die Safety von Industrieanlagen. Bevor es hier rechtliche Vorgaben gab, wurde elektrische Sicherheit bzw. Safety bei der Entwicklung von Maschinen und Anlagen kaum berücksichtigt. Es kam zu Schäden, Verletzungen oder gar Todesfällen. Diese führten einerseits zu Forderungen von Ausgleichszahlungen, andererseits aber auch zur Verbesserung der Sicherheit. Diese wurde unter anderem von Versicherungen vorangetrieben, deren Interesse am Auszahlen von Schadensersatzzahlungen naturgemäß gering ist. Es entstand über Richtlinien, Gesetze und Verordnungen ein Stand der Technik, an den sich Maschinenbauer fortan halten mussten.

Eine Risikobetrachtung in Bezug auf die elektrische Sicherheit oder die Safety einer Maschine oder Anlage zum Abschätzen benötigter Schutzmaßnahmen ist für einen Maschinenbauer heute nichts Fremdes, ebenso wie das Einhalten von Performance Leveln (PL a bis e) oder Safety Integrity Leveln (SIL 1 bis 4). Sehr ähnlich verhält es sich im Grunde ab Januar 2027 mit den »Security Leveln«. Bislang führten mangelnde Security-Maßnahmen nicht zu rechtlichen oder finanziellen Konsequenzen bei Maschinenbauern. Die Versicherungen übernahmen die Schadensersatzzahlungen. Mit Inkrafttreten der Maschinenverordnung tun sie das nur noch dann, wenn der Maschinenbauer nachweisen kann, dass er in Bezug auf seine Security-Maßnahmen nicht grob fahrlässig gehandelt hat. Das schafft ein Maschinenbauer aber leichter als gedacht.

Security Level verstehen

Auch in Bezug auf die Security steht eine Risikobewertung am Anfang, und zwar nach der IEC 62443. Diese ermittelt ein Target Security Level (SL-T), also das Schutzniveau, das von dem System mindestens gefordert ist. Ähnlich wie beim SIL definieren auf der anderen Seite Hersteller für ihre Komponenten eine Security-Level-Capability (SL-C), also welches Niveau die Komponente in Bezug auf Security erreichen kann. Dann schlägt die IEC 62443 sieben Maßnahmen vor, mit



Quelle: KI-generiertes Bild - ChatGPT, 2026

Bild 3: *Überblick über die Security-Level und jeweiligen Angreiferprofile*

Über Indu-Sol

Der Aufwand für die Vernetzung in automatisierten Maschinen/Anlagen nimmt stetig zu. Die Connectivity-Anforderungen der fortschreitenden Digitalisierung stellen die Automatisierer vor schier unlösbare Aufgaben und erhöhen die Kosten. Gut gestaltete Netzwerke gewährleisten die notwendige Connectivity bei gleichzeitig hoher Security und geringen Kosten. Für derartige OT-Netzwerke sieht sich Indu-Sol als kompetenter Partner, angefangen von Netzwerkconsulting/-planung über die Lieferung von Komponenten (Infrastruktur und Diagnose) bis hin zur Unterstützung bei Inbetriebnahme, Wartung und Fehlersuche. Praxisorientierte Schulungen komplettieren das Angebot. (**www.indu-sol.de**).

deren Hilfe die geforderten Security-Level erreicht werden können (**Bild 1**). Die Komponente allein muss es allerdings nicht »richten«, sondern sie ist wiederum Teil des gesamten Systemdesigns (Achieved Security Level – SL-A), das ebenfalls Einfluss nehmen kann auf die Security. Kurz gesagt: Der geforderte Target-Security-Level muss vom Achieved-Security-Level abgedeckt werden. Die Komponente spielt dabei eine wichtige, aber nicht die einzige Rolle. *René Heidl* fragt: »*Was ist denn aber, wenn der geforderte Security-Level deutlich geringer ist, als viele denken? Das eingangs beschriebene Szenario mit den russischen Hackern wäre ein SL4, die meisten Anwendungen in der Industrie fordern aber höchsten SL2, manche vielleicht auch SL3 wie die SL-Grafik in zeigt*« (**Bild 3**).

Betrachten wir dazu den SL2 anhand eines Beispiels. Hier geht es um den »*Schutz vor vorsätzlichem Missbrauch*« mit folgendem Angreiferprofil: Angreifer mit einfachen Mitteln, geringen Ressourcen, allgemeinen Fähigkeiten und niedriger Motivation. »*Welchen Grund hätte ein Angreifer, z.B. die Temperatur eines Kessels aufwändig aus einem SPS-Protokoll auszulesen?*«, fragt *Heidl* und antwortet gleich darauf: »*Vielleicht, um die Temperatur zu manipulieren und damit die Produktionscharge zu zerstören? Aber was hätte er davon? Davon mal abgesehen, gelänge ihm das nicht mit einfachen Mitteln. Er müsste einen Spiegelport an einem Switch einrichten können und sich dann per Wireshark einhacken, um den Datenverkehr auszulesen und anschließend zu manipulieren. Das macht man nicht mit allgemeinen Fähigkeiten, geringen Ressourcen und einfachen Mitteln. Und andersrum gesagt: Wer über die nötigen Mittel verfügt, hätte keinerlei Interesse am Angriff, weil es keinen Nutzen bringt.*«

Die meisten Industrieanlagen sind vor diesem Hintergrund für externe Hacker schlicht uninteressant. Anders sieht das aus, wenn man zum Beispiel wertvolle Rezepte, personenbezogene Daten oder dergleichen stehlen kann. Aber dieses Problem betrifft nur den kleinsten Teil industrieller Anlagen.

Schlimmster anzunehmender SL2-Angreifer

Ohnehin wäre das Absichern eines Angriffs von außen Sache derjenigen, die die Lösung für den Fernzugriff bereitstellen, nicht der internen Netzwerkkommunikation und die Connectivity von »außen« endet heute noch in 95 % aller Fälle an der SPS, ohne direkte Verbindung in das Maschinennetzwerk.

Interessanter ist es daher, einen Blick auf den schlimmsten anzunehmenden Level-2-Angreifer zu werfen. Der kommt nämlich nicht von außerhalb des Unternehmens, sondern von innen. *Heidl* beschreibt: »*Denken Sie an einen Mitarbeiter, dem aus seiner Sicht zu Unrecht gekündigt wurde und der nun sauer ist. Ihm ist es ein Leichtes, sich über den USB-Port seines Handys, oder mit einem Laptop, ans Maschinennetzwerk anzuschließen und unbewusst (da SL 2, »allgemeine Mittel und Fähigkeiten«) z.B. einen Windows-Wurm einzuschleusen, welcher den Visualisierungs-PC lahmlegt.*«



Quelle: Indu-Sol

Bild 4: *Anders als in der Büro-Welt ist es in der OT-Welt kaum möglich, den Zugang zum Netzwerk physisch zu unterbinden. Switches sitzen in Schaltschränken, die sich per Schaltschrankschlüssel einfach öffnen lassen*



Quelle: Indu-Sol

Bild 5: *Der Pro-mesh-Diagnose-Switch ist derzeit der einzige managed OT-Switch am Markt, der eine Meldung absetzen kann, wenn eine neue MAC-Adresse im Netzwerk auftaucht*



Quelle: Redaktion »ema« (KI-generiert)

Bild 6: *Wie bei der »Safety« bestimmen auch bei der »Security« Risiko und Anwendung das erforderliche Schutzniveau, die IEC 62443 (MVO 2023/1230) beschreibt dafür »Target«, »Capability« und »Achieved Security Level« (Schutzziel – Sicherheitsfähigkeit – erreichtes Sicherheitsniveau)*

Anders als in der Büro-Welt ist es in der OT-Welt nämlich kaum möglich, den Zugang zum Netzwerk physisch zu unterbinden. Switches sitzen in Schaltschränken, die sich per Schaltschrankschlüssel einfach öffnen lassen (**Bild 4**) und an den Enden von Linien sitzen an vielen Stellen in der Maschine/Anlage, Profinet-Geräte mit einem offenen Port. *Heidl* ergänzt: »*Anhand des Beispiels wird deutlich, wie wenig Sinn es ergibt, in »trusted zones« und »untrusted zones« zu unterscheiden. Viel wichtiger ist es, solche Eingriffe von Internen ins Netzwerk zu erkennen und darauf rechtzeitig zu reagieren.*«

Gefahr erkannt, Gefahr gebannt?

Diese Erkenntnisse führen zu einer zweiteiligen Lösung. Erstens müssen Maschinenbauer in Bezug auf ihre OT-Netzwerkkommunikation glaubhaft nachweisen können, dass sie eine Security-Risikoanalyse durchgeführt haben, die zur Erkenntnis führt, dass im konkreten Fall z. B. ein Security Level 2 benötigt wird. »*Das ist kein Hexenwerk*«, berichtet *Heidl.* »Dennoch unterstützen wir unsere Kunden gern auch beim Erstellen des Nachweises.« Zweitens müssen dann die notwendigen Maßnahmen umgesetzt werden. Im beschriebenen Fall ginge es dabei um Lösungen, die den Angreifer zeitnah entdecken und aufgreifen lassen, um im besten Fall den Schaden zu vermeiden und im schlimmsten Fall für einen Schaden haftbar machen zu können.

»*Auch das ist leichter als gedacht*«, weiß *Heidl.* »*Ich kann ja sehr genau sagen, welche Geräte Teil meines Netzwerks sind und welche neu hinzukommen. Jeder Managed Switch hat einen Überblick über alle vergebenen MAC-Adressen im Netzwerk. Derzeit sind unsere Switches jedoch die einzigen am Markt, die eine Meldung absetzen können, wenn eine neue MAC-Adresse im Netzwerk auftaucht. Natürlich können wir das auch mit unserer Software ‚PROmanage' oder dem ‚Profinet-Inspektor' überwachen, samt weiterer interessanter Informationen. Aber in den meisten Fällen ist ein ‚Pro-Mesh'-Diagnose-Switch die ausreichende und kostengünstigste Lösung* (**Bild 5**). *Genau genommen entstehen keine zusätzlichen Kosten, weil ein Switch für die Netzwerkkommunikation ohnehin benötigt wird.*«

Security einfach mal einfach

Die vorherrschende Angst in Bezug auf die MVO ist, dass eine Anlage durch die Umsetzung von Security-Maßnahmen im fünfstelligen Bereich teurer wird. Da in einem Großteil der Maschinenbauanwendungen aber keine personenbezogenen Daten oder wertvolle Informationen wie patentierte Rezepte übertragen werden, ist das meist nicht der Fall. *Heidl* resümiert: »*Wichtig ist doch, dass Maschinenbauer jetzt endlich aus dem Knick kommen und konkrete Lösungen entwickeln. Wir beraten gerne dabei, welche Lösung in jeweiligen Fall sinnvoll ist oder übernehmen auf Wunsch auch die Risikobewertung.*« ●

FÜR SCHNELLLESER

Security-Anforderungen sind im Maschinenbau häufig deutlich einfacher umzusetzen als zunächst befürchtet

Entscheidend ist die realistische Bewertung des tatsächlichen Risikos und Angreiferprofils



Autoren:
Dipl.-Ing. (FH)
Nora Crocoll und



Dipl.-Wirt. Ing.
Alex Homburg,
beide Redaktionsbüro Stutensee

SIL ist nicht gleich Security Level

Wer mit funktionaler Sicherheit arbeitet, kennt Safety Integrity Level (SIL) und Performance Level (PL) seit vielen Jahren. Die Security Level (SL) der IEC 62443 (MVO 2023/1230) folgen zwar einem ähnlichen Prinzip, verfolgen jedoch ein anderes Schutzziel (**Bild 6**).

Safety betrachtet unbeabsichtigte Ereignisse. Im Fokus stehen technische Defekte, Fehlfunktionen oder Bedienfehler, die Menschen, Umwelt oder Anlagen gefährden können. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Zuverlässigkeit sicherheitsgerichteter Funktionen.

Security beschäftigt sich dagegen mit vorsätzlichen Handlungen. Die IEC 62443 bewertet, gegen welche Art von Angreifern ein System geschützt werden muss. Die Security Level SL1 bis SL4 unterscheiden sich dabei vor allem hinsichtlich Wissen, Ressourcen, Motivation und Möglichkeiten potenzieller Angreifer.

Während ein SIL-Wert die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Sicherheitsfunktion beschreibt, definiert ein Security Level die Widerstandsfähigkeit eines Systems gegen Cyberangriffe. Beide Ansätze beginnen mit einer Risikobetrachtung und führen zu abgestuften Schutzmaßnahmen, bewerten jedoch unterschiedliche Risiken. Für Maschinen- und Anlagenbauer bedeutet das: Die Einführung der Maschinenverordnung erfordert kein völlig neues Denken. Viele Schritte, etwa Risikobeurteilung, Dokumentation und Nachweisführung, sind aus der »Safety« bereits bekannt. Neu ist vor allem die Betrachtung vorsätzlicher Eingriffe in Systeme und Netzwerke.

Cybersicherheit in der Industrie

Wie Ransomware Produktionen stoppt

Ransomware gefährdet Industrieunternehmen zunehmend über IT- und OT-nahe Systeme statt durch direkte Angriffe auf Steuerungen. Ein aktueller Dragos-Report zeigt: Bereits der Ausfall von Virtualisierungs-, Fernzugriffs- oder Überwachungssystemen kann Produktionsprozesse erheblich beeinträchtigen.



Quelle: Redaktion »ema«/ KI-generiert

Wenn von Cyberangriffen auf Industrieunternehmen die Rede ist, stehen häufig manipulierte Maschinen oder kompromittierte Steuerungen im Fokus. Ein aktueller Bericht des OT-Cybersicherheitsanbieters Dragos zeigt jedoch, dass Angreifer Produktionsprozesse oft schon über IT- und OT-nahe Systeme empfindlich stören können.

Moderne Produktionsumgebungen umfassen heute weit mehr als SPS- und SCADA-Systeme. Cloud-Anbindungen, IoT-Geräte, Fernzugriffslösungen und weitere unterstützende Systeme beeinflussen zunehmend physische Prozesse. Dragos fasst diese erweiterte Angriffsfläche unter dem Begriff »Extended Operational Technology« (xOT) zusammen.

Wie groß die Auswirkungen sein können, zeigt ein von Dragos analysierter Vorfall: Nach der Kompromittierung eines VPN-Zugangs verschafften sich Angreifer Zugriff auf ein OT-nahes Virtualisierungssystem und verschlüsselten mehrere virtuelle Maschinen mit Ransomware. Die Produktionsanlagen selbst blieben zwar funktionsfähig, wichtige Überwachungs- und Steuerungsfunktionen fielen jedoch aus. Der Betrieb wurde dadurch erheblich verzögert.

Ransomware weiterhin große Bedrohung

Laut Dragos bleibt Ransomware eine der größten Bedrohungen für die Industrie. Das Unternehmen identifizierte 119 aktive Ransomware-Gruppen, die Industrieunternehmen gezielt angreifen. Betroffen waren rund 3 300 Unternehmen. Allein im ersten Quartal 2026 registrierte Dragos weltweit 1 020 Vorfälle in industriellen Umgebungen, besonders häufig in der Fertigungsindustrie.

Auffällig ist, dass die Angriffe meist nicht über OT-spezifische Schadsoftware erfolgen. Stattdessen nutzen Täter kompromittierte Zugangsdaten, VPN-Portale oder andere Fernzugänge als Einstiegspunkt. Besonders häufig geraten virtualisierte Infrastrukturen ins Visier, auf denen SCADA-Systeme, HMIs, Historian-Datenbanken oder Engineering-Anwendungen laufen. Fällt diese Infrastruktur aus, kann die Produktion trotz intakter Steuerungstechnik beeinträchtigt werden.

Fernzugänge im Fokus der Hacker

Zusätzliche Risiken entstehen entlang der industriellen Lieferkette. Engineering-Dienstleister, Systemintegratoren und Hersteller von OT-Komponenten verfügen oft über Fernzugänge oder sensible Kundendaten. Bereits 2025 und auch im ersten Quartal 2026 zählten diese Unternehmen zu den bevorzugten Angriffszielen.

Dragos (**www.dragos.com**) empfiehlt daher eine umfassende Transparenz über die gesamte Infrastruktur, die kontinuierliche Überwachung kritischer Systeme sowie eine konsequente Absicherung von Fernzugängen, Identitätsmanagement und virtualisierten Umgebungen. Diese sollten genauso geschützt werden wie klassische OT- und ICS-Systeme.

Den vollständigen Artikel lesen Sie unter **www.elektro.net/129490**.



Autor:
Jan Hoff, DFIR Lead / Principal Industrial Incident Responder, Dragos

Agentic AI im B2B-Shop

Wenn die KI den Elektromotor auswählt

KI-Systeme werden künftig nicht nur Informationen suchen, sondern Produkte vergleichen, Angebote einholen und Bestellungen vorbereiten. Für mittelständische Händler entsteht daraus nicht zwangsläufig eine Bedrohung. Wer seine Produktdaten, Verfügbarkeiten und Beratungskompetenz digital nutzbar macht, kann über KI sogar neue Kunden erreichen.



Anlaufbild – Quelle: Redaktion »ema« (KI-generiert)

Ein Instandhalter steht vor einer ausgefallenen Anlage. Er benötigt kurzfristig einen Ersatzmotor und gibt nicht mehr nur einzelne Suchbegriffe bei Google ein. Stattdessen beschreibt er einem KI-Assistenten seine vollständige Anforderung: »*Ich brauche einen Drehstrommotor mit 1,5 Kilowatt, 1500 Umdrehungen pro Minute, Bauform B3, Schutzart IP55 und Effizienzklasse IE3. Der Motor muss spätestens übermorgen in Nordrhein-Westfalen eintreffen. Zeige mir passende Modelle und berücksichtige verfügbare Alternativen, falls das Original nicht lieferbar ist.*«

Die Suche im Internet hat sich verändert

Die KI sucht nicht einfach nach dem Begriff »Elektromotor«. Sie zerlegt die Anfrage in technische und kaufmännische Kriterien, vergleicht Anbieter und stellt eine Vorauswahl zusammen. Perspektivisch könnte sie auch ein Angebot anfordern, Verfügbarkeiten prüfen oder eine Bestellung zur Freigabe vorbereiten. Genau hier beginnt Agentic Commerce im industriellen B2B-Handel.

Es geht dabei nicht darum, dass eine KI morgen eigenständig über eine größere Investition entscheidet. Bei technisch anspruchsvollen Produkten, individuellen Anwendungen und sicherheitsrelevanten Komponenten wird menschliche Fachberatung weiterhin notwendig bleiben. Aber die Schritte vor dem ersten Gespräch verändern sich: Welche Anbieter werden gefunden? Welche Produkte kommen in Betracht? Und welcher Händler schafft es überhaupt auf die Vorauswahlliste?

Die KI übernimmt zunehmend die Recherche

KI-gestützte Beschaffung ist kein reines Zukunftsszenario mehr. Nach Angaben von Forrester [1] berichteten 2025 bereits 94 Prozent der befragten Geschäftskunden, KI in ihrem B2B-Kaufprozess zu nutzen (Agentic AI noch ausgeschlossen). Generative KI und dialogorientierte Suchsysteme wurden dabei häufiger als besonders relevante Informationsquellen genannt als Anbieter-Websites, Produktexperten oder der klassische Vertrieb.

Gleichzeitig bleibt dieser Prozess komplex. Die aktuelle B2B-Pulse-Studie von McKinsey [2] basiert auf den Antworten von knapp 4000 Entscheidern aus 13 Ländern. Demnach nutzen Geschäftskunden im Durchschnitt zehn verschiedene Kanäle während ihrer Einkaufsentscheidung. 71 Prozent der untersuchten B2B-Unternehmen bieten bereits E-Commerce an. Bei diesen Unternehmen wird im Durchschnitt rund ein Drittel des Umsatzes über digitale Kanäle erzielt. Inkonsistente Informationen und fehlender

Zugang zu kompetenter Unterstützung gehören laut der Studie zu den wichtigsten Gründen für einen Anbieterwechsel.

Damit entsteht eine neue Situation: Der Shop bleibt wichtig, ist aber nicht mehr zwingend der Ausgangspunkt der Recherche. Ein potenzieller Kunde muss nicht mehr jede Produktseite selbst aufrufen und mehrere Anbieter manuell vergleichen. Die KI kann einen Teil dieser Arbeit übernehmen.

- **Für Shop-Betreiber lautet die entscheidende Frage deshalb künftig nicht nur: *Ist mein Shop für Menschen verständlich*?**
- **Sondern zusätzlich: *Kann ein digitales System meine Produkte, meine Leistungsfähigkeit und meinen fachlichen Mehrwert eindeutig erfassen? Was muss eine KI über einen Elektromotor wissen?***

Bei einem einfachen Konsumartikel reichen häufig Produktname, Farbe, Preis und Lieferzeit aus. Bei einem Elektromotor ist die Situation deutlich anspruchsvoller. Eine belastbare Produktauswahl kann unter anderem folgende Angaben erfordern:

- Leistung und Drehzahl
- Spannung und Frequenz
- Bauform und Baugröße
- Effizienzklasse
- Schutzart und Wärmeklasse
- Gehäusematerial
- Wellen- und Flanschmaße
- Gewicht
- Temperatur- und Überlastschutz
- Einsatzbereich / Umgebungsbedingungen
- verfügbare Optionen und Zubehör
- Hersteller- und Artikelnummern
- Kompatibilität mit bestehenden Anlagen
- Nachfolge- oder Alternativprodukte
- Preis, Bestand und realistischer Liefertermin.

Für einen erfahrenen Vertriebsmitarbeiter sind diese Zusammenhänge selbstverständlich. Ein KI-System kann solche Zusammenhänge umso zuverlässiger berücksichtigen, je strukturierter und eindeutiger die Informationen digital vorliegen.

Eine PDF-Datei mit einem technischen Datenblatt kann hilfreich sein. Noch wertvoller sind die Informationen, wenn sie zusätzlich als strukturierte Produktmerkmale vorliegen. Die KI muss beispielsweise erkennen können, dass »IM B3« eine Bauform bezeichnet, »IP55« die Schutzart beschreibt und »230/400 V D/Y« eine Spannungsangabe ist.

Genau diese Übersetzungsarbeit zwischen technischer Fachlogik und digitaler Datenstruktur wird künftig zu einer wichtigen Handelskompetenz.



Quelle: Redaktion »ema« (KI-generiert)

Bild 1: *Eine KI analysiert die technischen Daten eines Elektromotors, vergleicht automatisch kompatible Alternativen, berücksichtigt Verfügbarkeit und Produktspezifikationen und unterstützt den Instandhalter bei der Produktauswahl. Die endgültige Entscheidung bleibt dabei beim Menschen – komplexe Anwendungsfälle erfordern weiterhin die fachliche Bewertung und Beratung durch Experten*

Der Shop von Erich Schäfer als Praxisbeispiel

Der Onlineshop der ***Erich Schäfer GmbH & Co. KG*** zeigt bereits wesentliche Grundlagen eines digitalen B2B-Angebots. Über einen Produktkonfigurator können Kunden Elektromotoren unter anderem nach Leistung, Drehzahl, Baugröße, Bauform und Fabrikat eingrenzen. Unterschieden wird zwischen Fuß-, Flansch- sowie kombinierten Fuß- und Flanschbauformen. Als Fabrikate werden unter anderem Innomotics, TEE und VEM geführt.

Auch auf den Produktseiten sind zahlreiche relevante Informationen vorhanden. Bei einem beispielhaft betrachteten Drehstrommotor nennt der Shop unter anderem:

- Typ und Artikelnummer
- Aluminiumgehäuse
- Bauform B3
- 1,5 kW Leistung
- 1 500 min^{-1}
- Gewicht
- Spannung und Frequenz
- Schutzart IP55
- Wärmeklasse
- Abmessungen des Wellenendes
- Preis
- Lagerstatus
- Lieferzeit von etwa ein bis drei Werktagen
- konfigurierbare Optionen.

Das ist eine solide Basis. Der Shop macht damit deutlich mehr als ein digitaler Produktkatalog. Er verbindet technische Auswahl, Konfiguration, Verfügbarkeit und Bestellung.

Hinzu kommen Informationen zu Zahlungsarten und Versand. Der Versand erfolgt laut Shop derzeit innerhalb Deutschlands. Die Kosten werden anhand des Gewichts berechnet; größere Lieferungen sind unter definierten Bedingungen versandkostenfrei. Expresslieferungen sind grundsätzlich möglich.

Die entscheidende nächste Frage lautet jedoch: Sind diese Informationen nur innerhalb der sichtbaren Benutzeroberfläche vorhanden oder können sie auch von Suchmaschinen, KI-Systemen, Einkaufsplattformen und künftig von Beschaffungsagenten strukturiert abgerufen werden?

Diese Frage lässt sich durch die Betrachtung einzelner Seiten allein nicht abschließend beantworten. Sie wäre Gegenstand eines technischen Daten- und Schnittstellenaudits. Sie zeigt aber, worauf Shop-Betreiber künftig achten müssen.

»Auf Lager« reicht möglicherweise nicht mehr

Für einen menschlichen Einkäufer ist die Information »Auf Lager« zunächst hilfreich. Für einen digitalen Einkaufsagenten bleiben jedoch Fragen offen:

- Wie viele Einheiten sind verfügbar?
- Ist der Bestand bereits für andere Aufträge reserviert?

- Bis zu welcher Uhrzeit kann für einen Versand am selben Tag bestellt werden?
- Gilt die angezeigte Lieferzeit auch für die gewünschte Stückzahl?
- Wird das Produkt als Paket oder per Spedition versendet?
- Ist eine Expresslieferung tatsächlich für die Zieladresse möglich?
- Was geschieht, wenn eine Konfigurationsoption gewählt wird?
- Verlängert sich dadurch die Bearbeitungszeit?

Agentic Commerce macht aus diesen operativen Detailfragen kaufentscheidende Informationen.

Auch die technischen Spezifikationen von OpenAI für Produktfeeds zeigen diese Richtung [3]. Händler sollen dort strukturierte und aktuelle Informationen zu Produkten, Preisen und Verfügbarkeiten bereitstellen, damit Produkte korrekt indexiert und dargestellt werden können.

Google verfolgt mit dem Universal Commerce Protocol ebenfalls das Ziel, KI-Interaktionen mit kommerziellen Prozessen zu verbinden [4]. Händler sollen ihre Produkt- und Transaktionsinformationen so zur Verfügung stellen, dass Produkte über KI-Oberflächen gefunden und perspektivisch direkt gekauft werden können. Der Händler bleibt Vertragspartner bzw. »Merchant of Record« und behält die Kontrolle über seine Geschäftslogik.

Diese Lösungen sind derzeit noch stark vom Konsumgüterhandel geprägt und lassen sich nicht unverändert auf jeden industriellen B2B-Prozess übertragen. Sie zeigen aber, wohin sich die technische Infrastruktur entwickelt: Produktdaten, Verfügbarkeit, Versand, Service und Check-out werden über standardisierte Schnittstellen für externe Systeme nutzbar.

Für einen Händler von Elektromotoren ist deshalb nicht die sofortige Einführung eines bestimmten KI-Protokolls der wichtigste Schritt. Vorrangig ist eine ***belastbare Datenbasis***, die später über unterschiedliche Kanäle, Plattformen und Schnittstellen ausgespielt werden kann.

Verliert der Mittelstand künftig seine Kunden?

Ein spezialisierter Mittelständler wird nicht plötzlich unsichtbar, nur weil er keine autonome Bestellfunktion für KI-Agenten anbietet. Bestehende Kundenbeziehungen, technische Beratung, schnelle Problemlösung, Ersatzteilwissen und persönliche Erreichbarkeit bleiben starke Wettbewerbsvorteile. Gerade bei einem Maschinenausfall kann ein erfahrener Ansprechpartner entscheidender sein als ein vollständig automatisierter Prozess. ***Das Risiko liegt an einer anderen Stelle: bei der Gewinnung neuer Kunden***.



Quelle: B. v. Brevern

Bild 2: *Boris von Brevern ist Gründer der BORIS Consulting GmbH (Buy Online Return In Store) in Hamburg*

Ein Unternehmen, das den Händler noch nicht kennt, beginnt seine Recherche möglicherweise künftig bei ChatGPT, Gemini, Copilot oder einem spezialisierten Beschaffungssystem. Wird der Anbieter dort nicht genannt, weil technische Informationen fehlen, Produktmerkmale nicht eindeutig zugeordnet werden können oder Verfügbarkeiten unklar sind, erhält er möglicherweise keine Anfrage. Der Händler verliert dann keinen bestehenden Kunden im klassischen Sinne. Er verliert eine Geschäftschance, von deren Existenz er nie erfahren hat.

Gerade für spezialisierte Anbieter kann Agentic AI aber auch den gegenteiligen Effekt haben. Eine KI kann mehr Anbieter und deutlich größere Produktsortimente berücksichtigen als ein Mensch, der sich meist auf bekannte Namen und die ersten Suchergebnisse konzentriert. Ein kleinerer Anbieter kann deshalb sichtbar werden, wenn er für eine konkrete technische Anforderung eine besonders gute und nachvollziehbare Antwort liefert.

Beratungskompetenz muss digital auffindbar werden

Viele mittelständische Unternehmen besitzen wertvolles Fachwissen, das digital kaum sichtbar ist. Ein erfahrener Mitarbeiter weiß beispielsweise:

- welcher aktuelle Motor ein älteres Modell ersetzen kann
- wann eine andere Bauform verwendet werden darf
- welche Ausführung für einen Frequenzumrichter geeignet ist
- welche Besonderheiten bei einem Schweranlauf zu beachten sind
- welche Schutzart für die jeweilige Umgebung erforderlich ist
- welche Alternative kurzfristig lieferbar wäre
- wann ein Standardprodukt nicht ausreicht und eine individuelle Beratung notwendig ist.

Dieses Wissen befindet sich häufig in den Köpfen der Mitarbeiter, in E-Mails, Tabellen oder internen Unterlagen. Für externe KI-Systeme und digitale Beschaffungsagenten ist dieses Wissen damit weitgehend unsichtbar.

Die Aufgabe besteht nicht darin, sämtliche Beratung zu automatisieren. Vielmehr sollte das wiederkehrende Fachwissen strukturiert dokumentiert und digital zugänglich gemacht werden.

Denkbar sind beispielsweise:

- technische Auswahlhilfen
- verständliche Erklärungen zu Bauformen und Effizienzklassen
- Vergleichstabellen
- dokumentierte Austausch- und Nachfolgeprodukte
- anwendungsbezogene FAQ
- Branchen- und Einsatzbeispiele
- Entscheidungshilfen für typische Störungsfälle
- Hinweise auf Grenzen der Selbstkonfiguration
- klar definierte Übergaben an einen Fachberater.

Damit erhöht der Händler nicht nur seine Sichtbarkeit in KI-Systemen. Er verbessert auch den Service für Kunden, die den Shop weiterhin direkt nutzen.

Über den Autor

Nach fast drei Jahren erfolgreicher Solo-Selbstständigkeit gründete Boris von Brevern (**Bild 2**) die BORIS Consulting GmbH (Buy Online Return In Store) in Hamburg (**https://borisconsulting.de**). Als Eigentümer und Mastermind des Unternehmens verbindet er Zielorientierung, Leidenschaft für Handel und Logistik sowie einen klaren Blick auf die Anforderungen einer zunehmend KI-gestützten Commerce-Welt. Boris von Brevern ist ein Kenner seiner Branche, immer mit Fokus auf den Endkunden. Mit dem Leitprinzip »Customer Value always brings Business Value« verbindet er IT, Operations, Strategie und KI-gestützte Entscheidungslogiken.

Fünf Aufgaben für einen KI-fähigen B2B-Shop

Shop-Betreiber müssen jetzt nicht in Aktionismus verfallen. Sie sollten jedoch prüfen, ob ihre digitale Grundlage für die nächste Entwicklungsstufe ausreicht.

1. Technische Produktdaten standardisieren
Jedes kauf- und anwendungsrelevante Merkmal sollte als eigenständiges Datenfeld gepflegt werden. Freitexte und PDF-Dokumente bleiben sinnvoll, sollten aber nicht die einzige Informationsquelle sein. Besonders wichtig sind eindeutige Hersteller- und Artikelnummern, technische Klassifikationen, Synonyme, Nachfolgeprodukte, Alternativen und Kompatibilitäten.

2. Bestand und Lieferfähigkeit konkretisieren
»Auf Lager« oder »kurzfristig lieferbar« sind häufig zu ungenau. Benötigt werden belastbare Informationen darüber, welche Menge zu welchem Zeitpunkt und unter welchen Versandbedingungen geliefert werden kann. Das Shop-Versprechen muss mit Warenwirtschaft, Lagerbestand und tatsächlicher Versandfähigkeit übereinstimmen.

3. Fachwissen in beantwortbare Fragen übersetzen
Shop-Betreiber sollten analysieren, welche Fragen Kunden vor einer Bestellung tatsächlich stellen. Diese Fragen sollten nicht nur in Verkaufsgesprächen beantwortet werden, sondern auch in strukturierten und fachlich belastbaren Inhalten. Nicht die Menge des Contents entscheidet. Entscheidend ist, ob konkrete Beschaffungs- und Anwendungsfragen eindeutig beantwortet werden.

4. Externe Zugänglichkeit vorbereiten
Produktdaten sollten nicht ausschließlich innerhalb eines grafischen Konfigurators oder nach einer Anmeldung nutzbar sein. Sinnvoll sind Produktfeeds, strukturierte Webdaten und dokumentierte Schnittstellen. Im Shop von ***Erich Schäfer*** ist für die Fortsetzung der Bestellung eine Registrierung vorgesehen [5]. Für einen klassischen B2B-Shop ist das nachvollziehbar, etwa wegen kundenspezifischer Konditionen oder der Rechnungsprüfung. Für agentenbasierte Prozesse muss jedoch langfristig geklärt werden, wie Identitäten, Berechtigungen, Kundenkonten und Bestellfreigaben sicher abgebildet werden können.

5. Die Übergabe an Menschen verbessern
Je komplexer die Anwendung, desto wichtiger bleibt der Fachberater. Ein guter KI-fähiger Shop erkennt deshalb nicht nur, welches Produkt passen könnte. Er erkennt auch, wann die digitale Auswahl nicht ausreicht. Dann muss der Übergang in eine qualifizierte Beratung einfach erfolgen – idealerweise mit den bereits erfassten technischen Angaben, damit der Kunde seine Anforderung nicht erneut erklären muss (**Bild 1**).

So kann KI neue Kunden generieren

Agentic AI ist nicht nur ein zusätzlicher Vermittler zwischen Händler und Kunde. Richtig genutzt, kann sie zu einem neuen Vertriebskanal werden. Ein spezialisierter Händler kann profitieren, wenn er:

- besonders detaillierte und verlässliche Produktinformationen liefert
- auch bei ungewöhnlichen technischen Anfragen passende Alternativen anbieten kann
- seine Beratungskompetenz anhand konkreter Anwendungsfälle sichtbar macht
- aktuelle Bestände und realistische Liefertermine kommuniziert
- schnelle Kontakt- und Angebotsmöglichkeiten bereitstellt
- nachvollziehbar erklärt, warum ein bestimmtes Produkt geeignet ist
- seine Daten nicht nur für den eigenen Shop, sondern für verschiedene digitale Kanäle nutzbar macht.

Hersteller wie ***Innomotics*** bieten selbst bereits digitale Auswahl- und Konfigurationswerkzeuge an. Kunden können Motoren anhand technischer Anforderungen auswählen und die dazugehörige Dokumentation abrufen. Für den Handel bedeutet das nicht, dass er überflüssig wird. Er muss jedoch deutlicher zeigen, welchen zusätzlichen Wert er bietet – etwa durch Verfügbarkeit, markenübergreifende Alternativen, persönliche Beratung, Anpassungen, kurzfristige Lieferung oder Unterstützung im Störungsfall.

Nicht die KI entscheidet über die Zukunft des Shops
Die entscheidende Veränderung durch Agentic AI besteht nicht darin, dass Maschinen plötzlich alle Einkaufsentscheidungen treffen. Sie besteht darin, dass immer mehr Recherche, Vergleiche und Vorauswahl außerhalb des eigentlichen Shops stattfinden können.

Ein mittelständischer Händler wird deshalb nicht allein wegen der Existenz von KI Kunden verlieren. Gefährlich wird es erst, wenn seine Produkte digital nicht eindeutig verstanden werden, seine Lieferfähigkeit nicht überprüfbar ist und seine Beratungskompetenz online unsichtbar bleibt. Gleichzeitig entsteht eine erhebliche Chance. Gerade spezialisierte Anbieter verfügen häufig über genau das, was KI-gestützte Beschaffung benötigt: tiefes Fachwissen, ein klar umrissenes Sortiment, technische Erfahrung und die Fähigkeit, konkrete Probleme zu lösen.

Die Aufgabe besteht darin, diese Stärke aus den Köpfen der Mitarbeiter und den internen Systemen in eine digital lesbare Form zu überführen. Denn wenn künftig ein KI-Agent nach dem passenden Elektromotor sucht, gewinnt nicht automatisch der größte oder bekannteste Anbieter. Eine zentrale Voraussetzung, überhaupt berücksichtigt zu werden, ist, dass das Angebot eindeutig verstanden werden kann. Und überzeugen wird weiterhin derjenige, der das technische und logistische Versprechen anschließend auch tatsächlich einhält.

Quellen und weiterführende Informationen
[1] Forrester: Nutzung generativer KI in B2B-Beschaffungsprozessen, Januar 2026
[2] McKinsey: Global B2B Pulse Survey 2026 mit knapp 4000 Entscheidern aus 13 Ländern
[3] OpenAI: Spezifikation strukturierter Produktfeeds für Agentic Commerce
[4] Google: Universal Commerce Protocol für KI-gestützte Commerce-Prozesse
[5] Stichprobenartige Betrachtung des Shops der Erich Schäfer GmbH & Co. KG, insbesondere Produktkonfigurator, beispielhafte Produktseite sowie Versandinformationen, Stand Juli 2026.

FÜR SCHNELLLESER

Agentic AI verändert die B2B-Beschaffung: Recherche, Vergleich und Vorauswahl verlagern sich zunehmend

Strukturierte Produktdaten, verlässliche Verfügbarkeiten und digitales Fachwissen werden zur entscheidenden Grundlage

Die KI unterstützt die Auswahl, doch bei komplexen Anwendungen bleibt Fachberatung unverzichtbar

Autor:
Boris von Brevern,
BORIS Consulting GmbH,
Hamburg



Quelle: Redaktion »ema« (KI-generiert)

Lagerungen in Maschinen – Wälzlager (2)

Kraftübertragung und Lagerverhalten

Nach der Betrachtung von Aufbau und Bauformen (»ema« 4.2026, S. 36-37) rückt nun das mechanische Verhalten von Wälzlagern in den Mittelpunkt. Entscheidend dafür ist, wie Kräfte im Lager wirken und übertragen werden. Druck- und Lastwinkel geben dabei Aufschluss über die Richtung und Verteilung der Belastung und bilden die Grundlage für die Auswahl geeigneter Lagerbauformen.

Der vorhergehende Beitrag stellte Aufbau, Wirkprinzip und grundlegende Bauformen von Wälzlagern vor. Dabei wurde deutlich, dass sich die verschiedenen Lagerarten nicht nur in ihrer Geometrie unterscheiden, sondern auch in ihren Einsatzmöglichkeiten und ihrem Tragverhalten.

Für das Verständnis dieses Verhaltens ist es erforderlich, die wirkenden Kräfte genauer zu betrachten. In der Praxis treten selten rein radiale oder rein axiale Belastungen auf; vielmehr handelt es sich meist um Kombinationen beider Komponenten. Wie diese Kräfte im Lager aufgenommen und innerhalb der Kontaktzonen übertragen werden, hängt wesentlich von der geometrischen Anordnung der Wälzkörper und ihrer Kontaktflächen ab.

Zentrale Kenngrößen zur Beschreibung dieser Zusammenhänge sind der Druckwinkel und der Lastwinkel. Sie bestimmen maßgeblich, wie sich Belastungen auf das Lager verteilen, welche Tragfähigkeit erreicht werden kann und wie sich das Lager im Betrieb verhält.

Druck- und Lastwinkel bei Wälzlagern

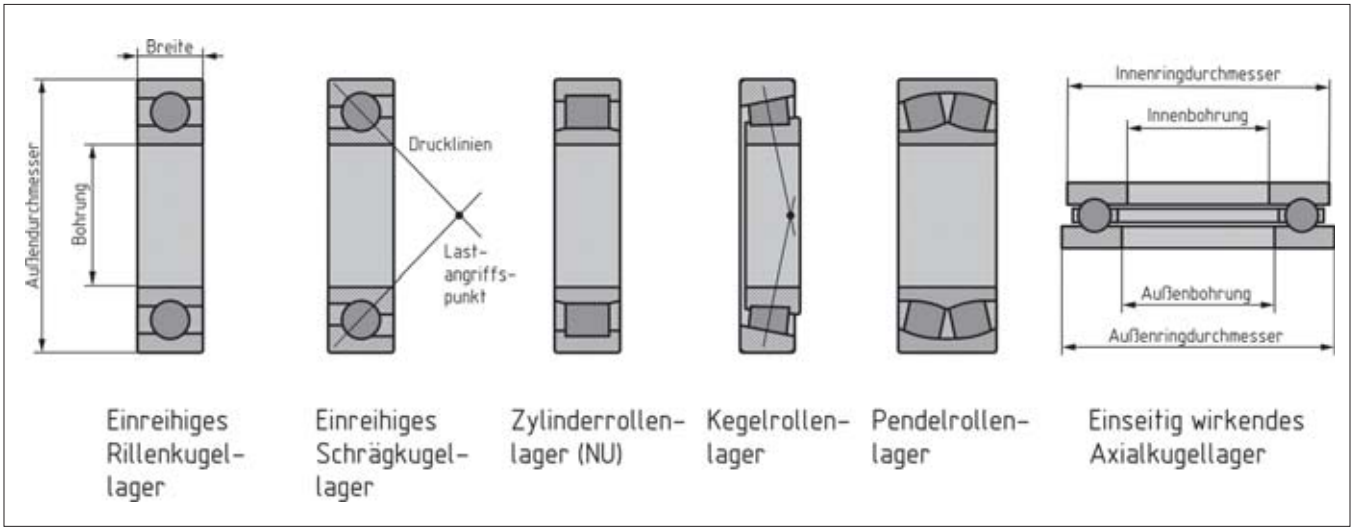
Der Druckwinkel (auch Kontaktwinkel genannt) und der Lastwinkel sind zentrale Kenngrößen, die das Tragverhalten von Wälzlagern maßgeblich bestimmen. Sie geben Aufschluss darüber, wie die Kräfte zwischen Lager und Welle übertragen werden und welche Beanspruchungen die Lagerkomponenten erfahren.

- **Druckwinkel** α – Der Druckwinkel ist der Winkel zwischen der Normallinie der Kontaktfläche der Wälzkörper (z. B. Kugeln oder Rollen) und der Achse der Lagerung. Er entsteht durch die axiale Komponente der Belastung und beeinflusst die Verteilung der Kontaktkräfte.
- **Lastwinkel** β – Der Lastwinkel beschreibt das Verhältnis von radialer zu axialer Belastung und wird häufig als Winkel zwischen der resultierenden Belastungslinie und der radialen Achse angegeben. Er ist ein Maß für die Richtung der wirkenden Last im Lager.

Durch die gezielte Wahl beider Winkel kann das Lager optimal an die jeweiligen Betriebsbedingungen angepasst werden, was zu einer erhöhten Lebensdauer, geringeren Wärmeentwicklung und verbesserten Leistungsmerkmalen führt (**Tabelle 1**). Typische Druckwinkel für gängige Lagerarten sind:

- Rillenkugellager: 0°…5°
- Schrägkugellager: 15°…45° (abhängig von Bauart)
- Zylinderrollenlager (schräg): 15°…30°.

Der Lastwinkel gibt Aufschluss darüber, wie stark das Lager axial belastet wird. Ein hoher Lastwinkel (nahe 90°) bedeutet, dass die axiale Komponente dominant ist, während ein niedriger Lastwinkel (nahe 0°) auf überwiegend radiale Belastung hinweist.



Quelle: S. Schwarzwälder

Bild 3: *Druck- und Lastwinkel*

- **Auslegung auf axiale Belastungen** – Bei hohen Lastwinkeln ist die Wahl eines Lagers mit großem Druckwinkel (z. B. Schrägkugellager) empfehlenswert, da diese Lager axiale Kräfte besser aufnehmen können.
- **Kombinierte Belastungen** – In vielen Anwendungen (z. B. Getriebe, Pumpen) wirken gleichzeitig radiale und axiale Kräfte. Der Lastwinkel hilft, das Verhältnis zu quantifizieren und die geeignete Lagerart zu bestimmen.

Funktionsweise und Einsatzgebiete

Die Funktionsweise von Wälzlagern lässt sich im Wesentlichen auf die Umwandlung von Relativbewegungen in rollende Bewegungen zurückführen. Beim Anlauf wird die Lagerbuchse von der Welle mit einer Drehbewegung versetzt, während die Rollkörper zwischen den beiden Laufbahnen rollen und so die Reibung minimieren.

Hierbei mindert die Schmierung den Verschleiß, verbessert die Laufeigenschaften und sorgt für eine geringe Geräuschentwicklung. Im stationären Betrieb entsteht ein Schmierfilm, der die Kontaktflächen trennt und die Verschleißrate weiter reduziert. Die Schmierung kann dabei ölbasiert, fettiert oder durch Festschmierstoffe erfolgen, je nach Anforderung an Temperaturbeständigkeit, Belastung und Umgebungsbedingungen.

Die Bauformen von Wälzlagern variieren stark, um den unterschiedlichen Anforderungen in Maschinenbau und Fertigungstechnik gerecht zu werden. Innenring und Außenring können ein- oder beidseitig Laufbahnen besitzen, wobei bei einseitigen Lagern nur eine Seite mit einer Laufbahn versehen ist und die Gegenlage über eine andere Lagerung oder eine feste Lagerbuchse realisiert wird. Bei beidseitigen Lagern besitzen beide Ringe Laufbahnen, die entweder parallel oder schräg zueinander ausgerichtet sein können.

Die Geometrie der Rollkörper bestimmt maßgeblich das Lastverhalten des Lagers:

- **Kugeln** besitzen einen nahezu isotropen Kontakt, wodurch sie besonders für hohe Drehzahlen geeignet sind, jedoch nur begrenzte axiale Kräfte aufnehmen können. Zylinderrollen haben eine längliche Kontaktfläche, die die Tragfähigkeit in radialer Richtung erhöht, während sie bei axialen Belastungen je nach Bauform unterschiedliche Leistungen erbringen.
- **Kegelrollen** besitzen konische Kontaktflächen, die eine kombinierte Aufnahme von radialen und axialen Kräften ermöglichen, wobei die Kegelgeometrie zu einer gleichmäßigen Verteilung der Belastung über die gesamte Rollkörperlänge führt.
- **Nadellager** verwenden sehr kurze, nadelförmige Rollen, die besonders platzsparend sind und hohe Tragzahlen bei geringem Bauraum ermöglichen, jedoch eine begrenzte Drehzahl zulassen.
- **Pendelkugellager** kombinieren die Vorteile von Kugellagern und Schrägkugellagern, indem sie schräg angeordnete Kugeln in einer Pendelstellung besitzen, wodurch axiale Kräfte aufgenommen werden können, während die Pendelbewegung die Lastverteilung auf mehrere Kugeln verbessert und die Lagerlebensdauer erhöht.

Tabelle 1: Einfluss des Druckwinkels auf das Lagerverhalten

Auswirkung	Beschreibung
Tragfähigkeit	Ein größerer Druckwinkel erhöht die axiale Tragfähigkeit, weil die Kontaktfläche stärker in axialer Richtung belastet wird.
Drehmomentübertragung	Durch die erhöhte axiale Komponente kann das Lager höhere Drehmomente übertragen, was besonders bei schrägverzahnten Zahnrädern wichtig ist.
Verschleiß und Lebensdauer	Ein zu hoher Druckwinkel führt zu höheren Kontaktspannungen, was den Verschleiß beschleunigen und die Lebensdauer verkürzen kann.
Temperaturentwicklung	Größere Kontaktkräfte erzeugen mehr Wärme; ein optimaler Druckwinkel minimiert den Temperaturanstieg.

(Fortsetzung folgt)



Autor:
Dipl. Gwl. Stefan Schwarzwälder, Lehrer für Mechatronik und Physik, Carl-Engler-Schule, Karlsruhe



Quelle: Redaktion »de« (KI-generiert)

ChatGPT & Co.

KI in der Lehre: Potenziale nutzen – Risiken beherrschen

Künstliche Intelligenz (KI) – insbesondere große Sprachmodelle wie ChatGPT – verändert Lehr- und Lernprozesse spürbar. Der Beitrag ordnet die Technologie ein, erläutert Funktionsprinzipien und zeigt konkrete Einsatzmöglichkeiten in der Aus- und Weiterbildung. Gleichzeitig werden Risiken, typische Fehlanwendungen und Anforderungen an einen verantwortungsvollen Einsatz beleuchtet.

Bevor konkrete Einsatzszenarien und didaktische Fragen in den Blick kommen, ist eine begriffliche Einordnung sinnvoll: Was verbirgt sich hinter »Künstlicher Intelligenz« (KI) – und wie haben sich die zugrunde liegenden Technologien entwickelt?

Was ist KI?

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Teilgebiet der Informatik, das sich mit der Entwicklung von Systemen befasst, die menschenähnliche Intelligenzleistungen erbringen können. Dazu gehören unter anderem:

- **Lernen**: Die Fähigkeit, aus Erfahrungen zu lernen und sich anzupassen
- **Problemlösen**: Die Fähigkeit, Probleme zu analysieren und Lösungen zu finden
- **Spracherkennung und -verarbeitung**: Die Fähigkeit, menschliche Sprache zu verstehen und zu generieren
- **Mustererkennung**: Die Fähigkeit, Muster in Daten zu erkennen.

Historische Eckpunkte

Die Anfänge von künstlicher Intelligenz reichen bis in die 1950er-Jahre zurück. In dieser Phase konzentrierte sich die Forschung auf symbolische Ansätze, bei denen versucht wurde, menschliches Denken durch logische Regeln und formale Strukturen nachzubilden; auch der Turing-Test entstand in diesem Kontext als Maßstab für maschinelle Intelligenz. In den 1960er- und 1970er-Jahren folgten erste praktische Erfolge: Programme konnten klar umrissene Aufgaben übernehmen, etwa Schach spielen oder einfache Probleme lösen.

Auf diesen Fortschritt folgte jedoch in den 1970er- und 1980er-Jahren eine Phase der Ernüchterung, die rückblickend als »KI-Winter« bezeichnet wird. Begrenzte Rechenleistung und ausbleibende Durchbrüche führten zu einem deutlichen Rückgang von Forschungsgeldern und Erwartungen. Erst ab den 1990er- und frühen 2000er-Jahren gewann das Feld wieder an Dynamik, als leistungsfähigere Rechner und große Datenmengen das ma schinelle Lernen voranbrachten. Algorithmen konnten nun aus Daten eigenständig Muster erkennen und Vorhersagen treffen.

Seit den 2010er-Jahren prägt schließlich das »Deep Learning« die Entwicklung. Diese Form des maschinellen Lernens nutzt künstliche neuronale Netze und ermöglicht erhebliche Fortschritte in Bereichen wie Bild- und Spracherkennung sowie der Verarbeitung natürlicher Sprache.

GPTs (Generative Pre-trained Transformers)

GPTs sind eine Klasse von Sprachmodellen, die auf der Transformer-Architektur basieren. Sie werden mit großen Mengen an Textdaten trainiert und können menschenähnliche Texte generieren.

GPTs lernen, die Wahrscheinlichkeit des nächsten Wortes in einem Satz basierend auf den vorherigen Wörtern vorherzusagen. Durch das Training mit riesigen Textmengen erlernen sie grammatikalische Strukturen, semantische Beziehungen und sogar Wissen über die Welt. GPTs werden für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt, darunter:

- Textgenerierung (z. B. das Verfassen von Artikeln, Gedichten oder E-Mails) und Textzusammenfassung
- Übersetzung
- Chatbots
- Code-Generierung.

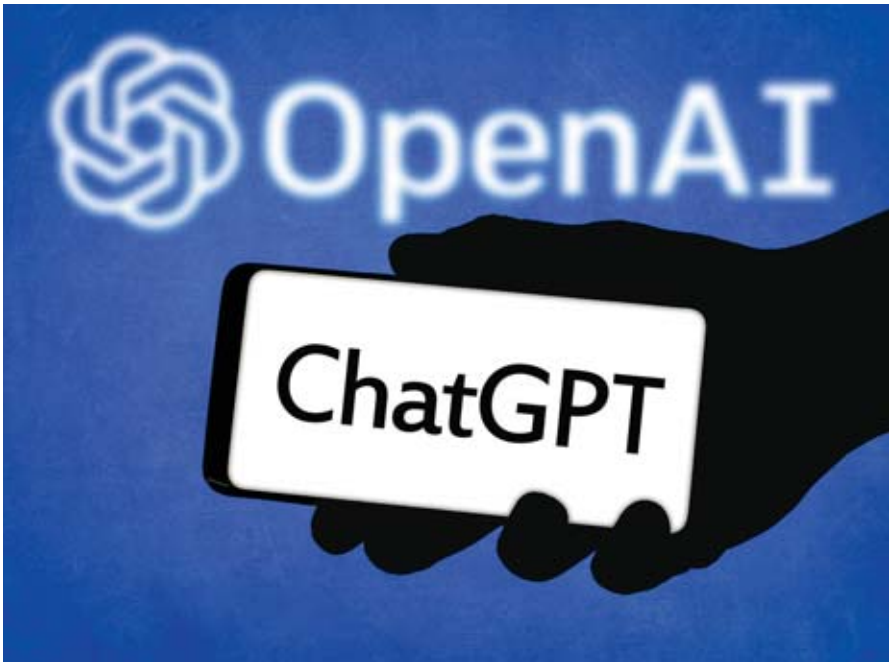
Das bekannteste Modell – ChatGPT

Wenn von GPTs gesprochen wird, führt der Weg meist schnell zu einem der bekanntesten Vertreter dieser Modellklasse, nämlich »**ChatGPT**« (**Bild 1**). Dabei handelt es sich um ein von OpenAI entwickeltes Sprachmodell auf Basis der GPT-Architektur, das gezielt für dialogorientierte Anwendungen trainiert wurde und in der Lage ist, zusammenhängende und menschenähnliche Gespräche zu führen.

Charakteristisch ist vor allem die Fähigkeit, kontextbezogene Antworten zu formulieren, auf vorherige Gesprächsinhalte einzugehen und auch komplexere Fragestellungen strukturiert zu bearbeiten; in vielen Fällen lassen sich zudem kreative oder variierende Antwortstile beobachten.

Zum Einsatz kommt das System in unterschiedlichen Bereichen, etwa im Kundenservice, als virtueller Assistent, in Bildungskontexten sowie in Anwendungen der Unterhaltung.

ChatGPT markiert dabei einen wichtigen Entwicklungsschritt innerhalb der KI, insbesondere im Bereich der natürlichen Sprachverarbeitung. Das System zeigt, welches Potenzial große Sprachmodelle besitzen, wenn es darum geht, zusammenhängende Texte zu erzeugen, dialogische Situationen abzubilden und komplexe sprachbezogene Aufgaben zu bearbeiten.



Quelle: gguy – stock.adobe.com

Bild 1: *Viele arbeiten heute schon mit der KI »ChatGPT« – dabei ist das Modell von OpenAI nur eines von zahlreichen Sprachmodellen*

Gleichzeitig bleibt festzuhalten, dass auch diese Systeme nicht frei von Einschränkungen sind. Inhalte können fehlerhaft, ungenau oder im Einzelfall unangemessen sein. Eine kritische Einordnung und Überprüfung der erzeugten Ergebnisse ist daher in jedem Anwendungsfall erforderlich.

Bedeutung von KI für die Lehre und Ausbildung

Die Bedeutung von GPTs und insbesondere ChatGPT für die Lehre, z. B. an einer Techniker- oder Meisterschule, ist vielfältig und birgt sowohl Chancen als auch Herausforderungen.

Potenziale und Chancen

Der Einsatz von Sprachmodellen wie ChatGPT eröffnet in der Lehre vielfältige Möglichkeiten, die sowohl den Lernprozess als auch organisatorische Abläufe unterstützen können (**Bild 2**).

Ein zentraler Vorteil liegt im **individualisierten Lernen**. KI-gestützte Systeme können Inhalte an den jeweiligen Kenntnisstand anpassen und gezielte Lernempfehlungen geben. Gleichzeitig reagieren sie auf individuelle Fragen und ermöglichen so eine deutlich interaktivere Form des Lernens.

Auch beim **Verfassen von Texten** bietet sich ein breites Einsatzfeld. Ob Berichte, Protokolle, Präsentationen oder Facharbeiten – Sprachmodelle liefern Formulierungsvorschläge, unterstützen bei der Gliederung und helfen, Argumentationen zu strukturieren. Gerade in der technischen Ausbildung, in der präzise Dokumentation eine zentrale Rolle spielt, kann dies den Schreibprozess spürbar erleichtern.

Darüber hinaus eignet sich KI zur **Erstellung von Übungsaufgaben und Tests**. Aufgaben, Quizfragen oder ganze Testszenarien lassen sich automatisiert generieren und bei Bedarf variieren. Ergänzend können Musterlösungen und Erläuterungen bereitgestellt werden, was eine kontinuierliche Lernkontrolle ermöglicht.

Ein weiterer Vorteil liegt in der verständlichen **Aufbereitung komplexer Inhalte**. Technische oder abstrakte Sachverhalte lassen sich in unterschiedlichen Varianten erklären und an verschiedene Lernniveaus anpassen. Alternative Beispiele oder Perspektiven erleichtern dabei den Zugang zu schwierigen Themen.

Zudem eröffnen sich **Potenziale im Bereich interaktiver Lernformate**. Simulationen oder dialogbasierte Lernumgebungen ermöglichen es, Wissen direkt anzuwenden und praktische Erfahrungen zu sammeln – insbesondere in technischen Disziplinen ein wichtiger Aspekt.

Nicht zuletzt kann KI zur **Förderung von Kreativität und kritischem Denken** beitragen. Als Werkzeug für Ideenfindung, Brainstorming oder Perspektivwechsel unterstützt sie dabei, unterschiedliche Lösungsansätze zu ent-



Quelle: Antony Weerut – stock.adobe.com

Bild 2: *Die Einsatzmöglichkeiten und der Nutzen von KI sind immens – ein wesentlicher Vorteil einer KI kann das individuelle Lernen sein*

wickeln und Inhalte zu reflektieren, anstatt sie nur zu reproduzieren.

Schließlich trägt auch die **Automatisierung von Routinetätigkeiten** zur Entlastung bei. Standardaufgaben wie die Beantwortung häufig gestellter Fragen, das Zusammenfassen von Texten oder einfache Übersetzungen lassen sich effizient auslagern, sodass mehr Zeit für die eigentliche Wissensvermittlung bleibt.

Risiken und Grenzen

Neben den beschriebenen Potenzialen ist der Einsatz von Sprachmodellen in der Lehre auch mit klaren Herausforderungen verbunden, die bei der Integration in den Unterricht berücksichtigt werden müssen.

Ein zentrales Problem betrifft die **Qualität und Korrektheit** der erzeugten Inhalte. Sprachmodelle können fehlerhafte, unvollständige oder missverständliche Informationen liefern. Die Ergebnisse wirken dabei häufig plausibel, sodass Fehlinterpretationen nicht immer unmittelbar erkennbar sind. Eine kritische Prüfung und der Abgleich mit verlässlichen Quellen bleiben daher unverzichtbar.

Eng damit verbunden ist die Frage nach der **Abhängigkeit von KI-Systemen**. Werden diese unreflektiert eingesetzt, besteht die Gefahr, dass grundlegende Kompetenzen wie Recherche, Analyse und eigenständige Formulierung an Bedeutung verlieren. Lernprozesse können dadurch verkürzt werden, ohne dass ein tiefes Verständnis entsteht.

Auch im Hinblick auf **Plagiarismus und Urheberrecht** ergeben sich neue Herausforderungen. Die Möglichkeit, Texte automatisch generieren zu lassen, verführt dazu, Inhalte ungekennzeichnet zu übernehmen. Umso wichtiger ist es, klare Regeln für den Einsatz von KI zu definieren und den Umgang mit Quellen weiterhin konsequent zu vermitteln.

Ein weiterer Aspekt betrifft den **Datenschutz**. Bei der Nutzung von KI-Anwendungen werden in der Regel Eingaben an externe Systeme übermittelt. Sensible oder personenbezogene Daten dürfen daher nicht unkritisch verarbeitet werden, und die jeweiligen Rahmenbedingungen müssen bekannt sein.

Schließlich sind auch **ethische Fragestellungen** zu berücksichtigen. Dazu zählen insbesondere Transparenz im Umgang mit KI-generierten Inhalten, Fragen der Fairness sowie die Verantwortung für Ergebnisse, die technisch erzeugt, aber im Bildungskontext bewertet werden.

Praxisbeispiele aus der technischen Ausbildung

In der technischen Ausbildung (**Bild 3**) lassen sich Sprachmodelle wie ChatGPT in unterschiedlichen Lernsituationen gezielt einsetzen. Dabei zeigt sich, dass der Mehrwert vor allem dann entsteht, wenn die Systeme als unterstützendes Werkzeug in bestehende Lehrkonzepte integriert werden.

Ein typisches Einsatzfeld ist die **technische Kommunikation**. Lernende können bei der Erstellung von Dokumentationen, Berichten oder Präsentationen unterstützt werden, etwa durch Strukturvorschläge, sprachliche Präzisierungen oder Hinweise zur Verständlichkeit. Gerade in technisch geprägten Berufsbildern erleichtert dies den Zugang zu einer klaren und normgerechten Fachsprache.

Auch im Bereich der **mathematischen Ausbildung** lassen sich KI-Systeme sinnvoll nutzen. Sie ermöglichen die Generierung von Übungsaufgaben in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden und liefern auf Wunsch detaillierte Lösungswege. Dadurch lassen sich Übungsphasen individueller gestalten und gezielt an den Lernfortschritt anpassen.

Darüber hinaus bieten sich Anwendungen bei der **Erklärung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge**. Komplexe Inhalte aus Physik oder Chemie können in verschiedenen Varianten aufbereitet werden, sodass unterschiedliche Zugänge und Verständnisebenen berücksichtigt werden. Dies unterstützt insbesondere Lernende, die von alternativen Erkläransätzen profitieren.

Ein weiteres Einsatzfeld liegt in der begleitenden **Analyse technischer Prozesse** wie im Maschinenbau oder der Elektrotechnik. Hier können dialogbasierte Systeme genutzt werden, um Abläufe zu erläutern, Fragestellungen zu strukturieren oder mögliche Lösungswege zu diskutieren. Auch wenn reale Simulationen spezialisierte Software erfordern, kann KI als erklärendes und strukturierendes Element wertvolle Unterstützung leisten.

Kompetenter Umgang mit KI-Systemen

In meiner Arbeit als Dozent sehe ich, dass die Nutzung von Sprachmodellen durch Lernende stark variiert. Während einige die Systeme gezielt einsetzen, nutzen andere sie eher unreflektiert. Umso wichtiger ist es, den Umgang mit KI als eigenständige Kompetenz in der Ausbildung zu verankern.

Zentral ist dabei die **kritische Bewertung von Ergebnissen**. Sprachmodelle erzeugen Texte auf Basis statistischer Muster und nicht

KI im Klassenzimmer: Nutzung und Realität

Künstliche Intelligenz ist längst im Schulalltag angekommen – jedoch mit deutlich unterschiedlicher Intensität. Aktuelle Erhebungen zeigen ein ambivalentes Bild zwischen wachsender Nutzung und anhaltender Unsicherheit.
Rund 51 % der Lehrkräfte in Deutschland haben bereits Erfahrungen mit KI im Unterricht gesammelt, etwa bei der Erstellung von Aufgaben, der Unterrichtsplanung oder der Wissensvermittlung [1]. Gleichzeitig nutzt lediglich etwa ein Drittel KI regelmäßig, während rund 31 % bislang ganz darauf verzichten [2].
Auffällig ist die große Unsicherheit im Umgang mit der Technologie: 62 % der Lehrkräfte fühlen sich im beruflichen Kontext unsicher [2]. Entsprechend konzentriert sich der Einsatz bisher vor allem auf vorbereitende Tätigkeiten wie Aufgabenerstellung (58 %) und Unterrichtsplanung (56 %), während anspruchsvollere Anwendungen – etwa die Leistungsbewertung (6 %) oder individualisierte Lernangebote – deutlich seltener genutzt werden [2].
Auf Seiten der Lernenden hat sich KI hingegen in kurzer Zeit etabliert: 74 % der Jugendlichen nutzen KI-Tools bereits für Schule oder Hausaufgaben [3]. Für viele ist sie damit ein selbstverständliches Werkzeug bei Recherche, Textarbeit oder zur Erklärung komplexer Inhalte geworden.
Trotz bestehender Vorbehalte erkennen Lehrkräfte das Potenzial der Technologie. Mehr als die Hälfte sieht KI als Chance für individualisiertes Lernen [2]. Gleichzeitig wächst der Bedarf an Qualifizierung: Ein großer Teil der Lehrenden fordert eine stärkere Verankerung von KI in Ausbildung und Fortbildung.
Fazit: KI ist in der Bildung bereits fest verankert – ihre didaktische Integration und der kompetente Umgang damit stehen jedoch vielfach noch am Anfang.

auf Grundlage eines tatsächlichen Verständnisses. Entsprechend können Inhalte fehlerhaft, ungenau oder sogar widersprüchlich sein. Lernende müssen daher in der Lage sein, Ergebnisse zu hinterfragen, zu überprüfen und mit anderen Quellen abzugleichen.

Eng damit verbunden ist ein **grundlegendes Verständnis der Funktionsweise**. Wer nachvollziehen kann, wie Sprachmodelle arbeiten und wo ihre Grenzen liegen, kann ihre Ergebnisse realistischer einschätzen und sinnvoller nutzen. Dazu gehört auch die Einsicht, dass KI keine »Autorität« darstellt, sondern ein Werkzeug mit spezifischen Stärken und Schwächen.

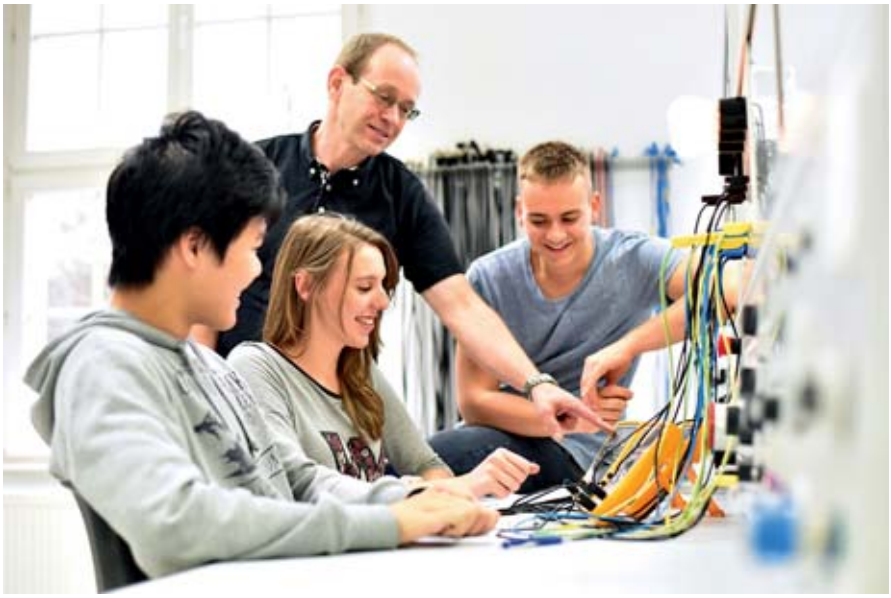
Gleichzeitig darf die Nutzung von KI nicht dazu führen, dass **eigenständiges Lernen und Arbeiten** in den Hintergrund tritt. Recherche, Analyse und die strukturierte Aufbereitung von Inhalten bleiben zentrale Lernziele, die durch KI unterstützt, aber nicht ersetzt werden sollten.

Ein weiterer Aspekt betrifft den transparenten und regelkonformen Einsatz. KI-generierte Inhalte müssen als solche kenntlich gemacht werden, um **Plagiarismus** zu **vermeiden** und wissenschaftliche Standards einzuhalten. Der korrekte Umgang mit Quellen bleibt dabei unverändert wichtig. Auch der Datenschutz spielt eine Rolle im Lernalltag. Bei der Nutzung von KI-Anwendungen werden Eingaben in der Regel extern verarbeitet. Sensible oder personenbezogene Informationen sollten daher nicht unreflektiert eingegeben werden.

Im Kern gilt es, KI als **Werkzeug zur Unterstützung des Lernprozesses** zu verstehen. Sie kann

- bei der Ideenfindung helfen
- Formulierungen verbessern
- komplexe Inhalte aufbereiten oder
- Übungsaufgaben bereitstellen.

Ihr sinnvoller Einsatz setzt jedoch voraus, dass die Ergebnisse aktiv eingeordnet und weiterverarbeitet werden. Richtig eingesetzt kann KI zudem **kreatives und kritisches Denken** fördern, indem sie unterschiedliche Perspektiven aufzeigt und zur Auseinandersetzung mit Inhalten anregt. Gleichzeitig bleibt es wichtig, die **Grenzen der Technologie** zu kennen. Sprachmodelle ersetzen keine fachliche Expertise, treffen keine eigenständigen Bewertungen und können komplexe Problemstellungen nicht vollständig eigenständig lösen.



Quelle: industrieblick – stock.adobe.com

Bild 3: *Natürlich soll Arbeiten und Lernen auch Spaß machen – Künstliche Intelligenz kann Schülern helfen, sich den sehr umfangreichen Lernstoff einer elektrotechnischen Ausbildung zu erarbeiten*

Bewertung und Prüfung durch den Ausbilder

Mit dem zunehmenden Einsatz von Sprachmodellen stellt sich für Lehrende und Ausbilder die Frage, wie Leistungen zuverlässig bewertet werden können. In der Praxis verschwimmen die Grenzen zwischen eigenständig erarbeiteten Inhalten und KI-gestützter Unterstützung zunehmend. Eine eindeutige Identifikation KI-generierter Texte ist dabei nicht möglich, wohl aber eine fundierte Einschätzung auf Basis verschiedener Indizien.

Hat mein Schüler KI verwendet?

Auffällig sind häufig bestimmte **stilistische Merkmale**, die auf den Einsatz von KI hinweisen können (**Bild 4**). Dazu zählen ein überdurchschnittlich formaler und gleichförmiger Sprachstil, wiederkehrende Formulierungen sowie insgesamt eher generische und wenig originelle Inhalte. Auch eine durchgehend fehlerfreie, sehr »glatte« Sprache kann – insbesondere im Vergleich zu früheren Arbeiten – Hinweise liefern. Hinzu kommen

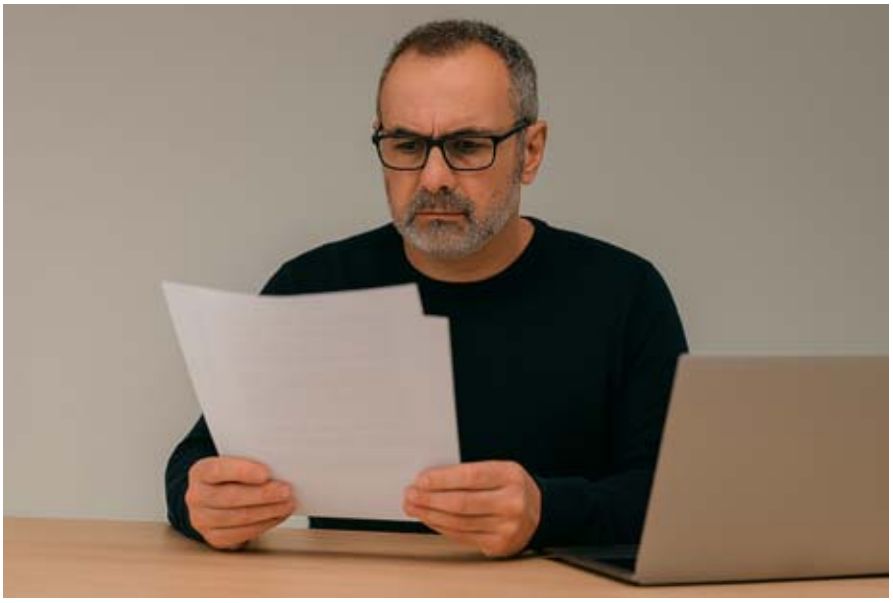
teilweise unklare Textstrukturen, inhaltliche Ungenauigkeiten oder logische Brüche, die bei genauer Prüfung sichtbar werden. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang der Vergleich mit dem bisherigen Leistungsniveau; deutliche Stilwechsel können ein Indiz für veränderte Arbeitsweisen sein.

Neben solchen textbezogenen Auffälligkeiten gewinnen direkte Prüfungsformate an Bedeutung. **In Fachgesprächen, mündlichen Prüfungen oder Präsentationen** lässt sich vergleichsweise schnell feststellen, ob Inhalte tatsächlich verstanden wurden oder lediglich reproduziert werden. Gezielte Rückfragen, Detaildiskussionen und die Einordnung in größere Zusammenhänge geben Aufschluss über die fachliche Tiefe des Wissens.

Technische Hilfsmittel wie **KI-Detektoren** können ergänzend eingesetzt werden, liefern jedoch keine belastbaren Beweise. Ihre Ergebnisse sind fehleranfällig und sollten stets kritisch interpretiert werden. Ähnlich verhält es sich mit **klassischen Plagiatsprüfungen**: Sie können Hinweise auf unselbstständiges Arbeiten liefern, ersetzen jedoch keine fachliche Bewertung.

Vor diesem Hintergrund rücken didaktische Anpassungen stärker in den Fokus. Prüfungsformate, die ausschließlich auf schriftlichen Ausarbeitungen basieren, verlieren an Aussagekraft. Stattdessen gewinnen Aufgaben an Bedeutung, die auf Anwendung, Transfer und Problemlösung abzielen. Dazu zählen insbesondere **praxisorientierte Projekte**, bei denen Wissen konkret umgesetzt werden muss, ebenso wie komplexere Fallstudien, die analytisches Denken erfordern. Auch **mündliche Leistungen und Präsentationen** bieten, wie eben schon erwähnt, die Möglichkeit, Verständnis und Argumentationsfähigkeit direkt zu überprüfen. Ergänzend können **Gruppenarbeiten** eingesetzt werden, um kollaborative Kompetenzen sichtbar zu machen und individuelle Beiträge nachvollziehbarer zu gestalten **Zeitlich begrenzte Aufgaben** unter Aufsicht reduzieren zudem die Möglichkeit externer Unterstützung.

Ein weiterer Ansatz besteht darin, **stärker den Arbeitsprozess** selbst zu **bewerten**. Dokumentationen, Zwischenstände oder begleitende Reflexionen geben Aufschluss darüber, wie Ergebnisse zustande gekommen sind, und machen Lernfortschritte transparenter. **Individuell zugeschnittene Aufgabenstellungen** sowie die Einbindung aktueller, kontextbezogener Fragestellungen (»Live«-Aufgaben) erschweren darüber hinaus die Nutzung standardisierter KI-Antworten.



Quelle: Redaktion »de« (KI-generiert)

Bild 4: *Für den Ausbilder bedeutet der Einsatz von KI, genau zu prüfen, ob der Auszubildende sich ausschließlich auf den »kleinen Helfer« verlassen hat – für diesen Fall gibt es einige Tipps*

Insgesamt zeigt sich, dass nicht die Kontrolle einzelner Werkzeuge im Vordergrund stehen sollte, sondern die **Weiterentwicklung der Prüfungsformate**. Ziel ist es, Kompetenzen sichtbar zu machen, die über die reine Generierung von Texten hinausgehen – insbesondere Verständnis, Transferfähigkeit und eigenständiges Denken.

Fazit

Künstliche Intelligenz eröffnet neue Möglichkeiten für die Lehre, stellt etablierte Konzepte jedoch zugleich in Frage. Sprachmodelle wie ChatGPT können Lernprozesse unterstützen, beschleunigen und individualisieren. Gleichzeitig wächst die Herausforderung, Leistungen nachvollziehbar zu bewerten und eigenständiges Arbeiten sicherzustellen.

Aus meiner Erfahrung in der Hochschullehre zeigt sich im Alltag ein ambivalentes Bild. Studierende nutzen KI-Tools zunehmend selbstverständlich – sei es zur Texterstellung, zur Bearbeitung von Aufgaben oder zur schnellen Informationsbeschaffung. Richtig eingesetzt, kann dies den Lernprozess sinnvoll ergänzen und strukturieren. Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass Inhalte übernommen werden, ohne sie vollständig zu durchdringen.

Ein generelles Verbot erscheint vor diesem Hintergrund weder sinnvoll noch praktikabel. Der technologische Fortschritt lässt sich nicht ausblenden, und eine reine Einschränkung würde den tatsächlichen Umgang mit diesen Werkzeugen kaum abbilden. Entscheidend ist vielmehr, Kompetenzen im Umgang mit KI gezielt zu fördern und klare Rahmenbedingungen zu definieren.

Ziel muss es sein, Sprachmodelle als das zu nutzen, was sie sind: leistungsfähige Werkzeuge, die den Lernprozess unterstützen, aber eigenständiges Denken nicht ersetzen. Dies erfordert angepasste didaktische Konzepte, geeignete Prüfungsformate und eine konsequente Förderung kritischer Reflexionsfähigkeit. Nur wenn es gelingt, diesen reflektierten Umgang zu vermitteln, lässt sich das Potenzial von KI in der Lehre sinnvoll nutzen. ●

Quellen

[1] Bitkom (2024): Bereits jede zweite Lehrkraft hat KI für schulische Zwecke genutzt
[2] Robert Bosch Stiftung (2025): Deutsches Schulbarometer – Künstliche Intelligenz im Unterricht
[3] Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2025): JIM-Studie – Jugend, Information, Medien

FÜR SCHNELLLESER

Sprachmodelle wie ChatGPT unterstützen Lernen, Recherche und die Erstellung technischer Inhalte

Entscheidend bleiben kritische Prüfung, Datenschutz und angepasste Prüfungsformate in der Ausbildung



Autor:
Michael Wiener,
M. Eng, Dozent am Fachbereich Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Fulda

Windenergie

Condition Monitoring



Bachmann electronic hat die Serienfertigung seines Condition-Monitoring-Systems »CMScore« für Windenergieanlagen aufgenommen. Die Lösung dient der zustandsorientierten Überwachung des Antriebsstrangs und eignet sich sowohl für Neuanlagen als auch für Retrofit-Projekte oder den Austausch bestehender Überwachungssysteme. Zur Datenerfassung kommen IEPE-Sensoren mit Abtastraten bis 25,6 kHz zum Einsatz. Die Hardware verfügt über acht IEPE-Kanäle, zwei Drehzahleingänge und zwei Analogeingänge. Die Messdaten werden an die Web-Log-Suite übertragen, wo sie analysiert und automatisch in Alarme sowie Reports umgesetzt werden. Auch gemischte Anlagenflotten lassen sich darüber zentral überwachen. Vorhandene Sensorik kann bei einem Systemwechsel weiterverwendet werden, was Installationsaufwand und Kosten reduziert. Die Datenbasis ermöglicht eine vorausschauende Instandhaltung und die frühzeitige Erkennung von Schäden an Triebstrangkomponenten. Ergänzend bietet Bachmann einen Remote Monitoring Service nach DNV-zertifizierten Prozessen an.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129515

Echtzeit-Analyse

Smart-Measurement-Sensoren



Contrinex stellt Sensorlösungen für Anwendungen in Schweißanlagen, Produktionslinien und Werkzeugmaschinen vor. Die Sensoren sind für den Einsatz unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen ausgelegt und widerstehen Schweißspritzern, hohen Temperaturen, Magnetfeldern und mechanischen Belastungen. Neu im Portfolio sind ein kompakter Flat-Pack-Sensor mit 2 mm Erfassungsabstand sowie ein nichtbündiger M30-Sensor mit Reichweiten bis 40 mm. Beide verfügen über ein einteiliges Edelstahlgehäuse. Für die Integration stehen Varianten mit Kabel- oder Pigtail-Anschluss zur Verfügung. Die Anschlussleitungen sind für den Einsatz in rauen Industrieumgebungen ausgelegt und erreichen Dauertemperaturen bis 200 °C beziehungsweise bis 260 °C mit Schutzschlauch. Für Anwendungen wie Doppelblech- oder Mutternerkennung gibt es Smart-Measurement-Sensoren mit Echtzeitmessung.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129394

Automatisierung

IO-Link-Master



Mit dem AL1602 stellt **ifm** einen IO-Link-Master für dezentrale Automatisierungsarchitekturen vor. Das Gerät dient als Schnittstelle zwischen Steuerung und Feldebene und unterstützt die Übertragung von Prozessdaten und Parametern über ungeschirmte Leitungen. Der Master bietet acht IO-Link-Ports der Klassen A und B mit insgesamt 16 Ein- und Ausgängen. Mit einer Stromtragfähigkeit von bis zu 2 A pro Ausgang eignet er sich für den Anschluss leistungsintensiver Aktuatoren. Die robuste Ausführung mit glasfaserverstärktem Gehäuse, vergossener Elektronik und Schutzart IP67 ermöglicht den Einsatz in rauen Industrieumgebungen bei Temperaturen von –40 °C bis 70 °C. Eine integrierte Daisy-Chain-Funktion reduziert den Verkabelungsaufwand bei der Versorgung mehrerer Geräte. Über die Multiprotokoll-Schnittstelle kann der IO-Link-Master in unterschiedliche Feldbusse wie Profinet oder Ethernet/IP eingebunden werden. Dies vereinfacht die Systemintegration und reduziert den Engineering-Aufwand.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129351

Dezentrale FU

Funktionale Sicherheit erweitert



Nord Drivesystems hat den dezentralen Frequenzumrichter »Nordac On« um zusätzliche Funktionen der Funktionalen Sicherheit erweitert. Neben STO (Safe Torque Off) und SS1 (Safe Stop 1) stehen künftig auch die Safe-Motion-Funktionen SLS, SMS und SSM zur Verfügung. Damit lassen sich Drehzahlen in sicherheitsgerichteten Anwendungen überwachen und begrenzen. Der Frequenzumrichter kann über ProfiIsafe oder FSoE in bestehende Industrial-Ethernet-Netzwerke eingebunden werden, ist aber auch für den Stand-Alone-Betrieb geeignet. Sichere digitale Ein- und Ausgänge ermöglichen zudem die direkte Anbindung von Not-Halt-Tastern, Schutztürschaltern oder Lichtschranken. Der für Leistungen von 0,37 kW bis 3,7 kW ausgelegte Nordac On verfügt außerdem über eine integrierte PLC-Funktion zur Verarbeitung von Sensor- und Aktor-Daten. Durch die kompakte, steckbare Bauweise soll sich der Verkabelungsaufwand in dezentralen Antriebskonzepten reduzieren.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129402

Gas-Ex-Zone 2

Pumpenmotor mit Ex-Zertifizierung



Menzel Elektromotoren fertigte für eine englischen Raffinerie einen explosionsgeschützten Pumpenmotor mit 1 686 kW für die Gas-Ex-Zone 2. Aufgrund eigener Lagerbestände und Fertigung, gelang die Auslieferung in zwei Wochen. Die Hennigsdorfer sind zertifiziert für die Fertigung großer Drehstrommotoren in Zündschutzart Ex ec, »Erhöhte Sicherheit«. Vor Ort gibt es einen großen Lagerbestand an Motoren und Zubehör und es lassen sich viele Bauarten, Ausstattungsoptionen und Kühlarten schnell im eigenen Werk umsetzen. Der für die Raffinerie gefertigte Käfigläufermotor ist für eine Ausgangsleistung von 1 686 kW bei 3 300 V ausgelegt und stellt im Bemessungspunkt eine Drehzahl von 2 964 min^{-1} und ein Moment von 5 432 Nm bereit. Menzels Explosionsschutz-Experten vergaben die Kennzeichnung II 3G Ex ec IIB T3 Gc. Die Zündschutzart Ex ec sorgt dafür, dass der Motor im normalen Betrieb keine zündfähigen Funken erzeugt und die Oberflächen nicht überhitzen.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129623

Off-Shore-Anwendung

Energieführungssysteme



Offshore-Anlagen stellen besonders hohe Anforderungen an Energieführungssysteme. Wind, Wellen, Korrosion, UV-Strahlung und permanente Bewegungen belasten die eingesetzten Komponenten rund um die Uhr. Energieketten, wie die von **Tsubaki Kabelschlepp**, übernehmen dabei sicherheitsrelevante Aufgaben in Anwendungen wie Top-Drive-Systemen, Kranen, Thruster-Antrieben oder Winden. Je nach Einsatzfall kommen unterschiedliche Konzepte zum Einsatz, darunter freitragende oder gleitende Systeme, Rollenketten für lange Verfahrwege sowie Rundläufer für rotierende Anwendungen. Für die erforderliche Beständigkeit sorgen unter anderem Edelstahl in A4-Qualität, seewasserbeständige Aluminiumlegierungen und spezielle Kunststoffe für Unterwasseranwendungen. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit werden die Energiekettensysteme mit hohen Sicherheitsreserven ausgelegt. Factory Acceptance Tests sowie redundante Befestigungen gehören ebenso zum Sicherheitskonzept der Tsubaki-Ketten.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129519

Zuverlässige Kühlung

IP-geschützte Industrielüfter



IP-geschützte Industrielüfter bieten zuverlässige Kühlung in rauen Umgebungen, schützen vor Staub und Feuchtigkeit und erhöhen Betriebssicherheit sowie Lebensdauer. Sie eignen sich für Industrie, Außenbereiche und hygienische Anwendungen. Die Lüfter von **Telemeter SE** verfügen über verschiedene technische Merkmale, die eine flexible Anpassung an unterschiedliche Einsatzbereiche ermöglichen. Axiale Baugrößen sind in quadratischen Ausführungen von 40 mm bis 140 mm erhältlich, während runde Modelle mit einem Durchmesser von 100 mm bis 270 mm verfügbar sind. Darüber hinaus stehen auch radiale Ausführungen mit IP-Schutz zur Verfügung. Der Betrieb erfolgt mit einer Spannung von 12 VDC oder 24 VDC. Optional können die Lüfter zudem mit einem Pulssensor sowie einem PWM-Steuereingang ausgestattet werden.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129350

Stromversorgung

Kompakte DC-USV



Mit der »Duramax« erweitert **Weidmüller** sein Portfolio um eine unterbrechungsfreie Stromversorgung für 24-V-Anwendungen. Die DC-USV überwacht die Versorgungsspannung einer Anlage und schaltet bei einem Ausfall automatisch auf eine externe Batterie um. Dadurch lassen sich kurzfristige Spannungseinbrüche oder Netzausfälle überbrücken und Anlagenstillstände vermeiden. Nach Wiederherstellung der Versorgung wird die Batterie automatisch nachgeladen. Die Konfiguration erfolgt über eine kostenlose Software, mit der man die Betriebsparameter an die jeweilige Anwendung anpassen kann. Nach Angaben des Herstellers erfüllt die Duramax bereits die Anforderungen des Cyber Resilience Acts (CRA). Zudem verfügt die Gerätefamilie über UL- und DNV-Zulassungen. Die Bauform ermöglicht eine platzsparende Integration im Schaltschrank.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129577

Gehäusetechnik

Zertifizierungen nach UL und CSA



Multi-Box bietet seine Gehäuseserie »MBI« jetzt auch mit Zertifizierungen nach UL 508A und CSA C22.2 für den nordamerikanischen Markt an. Die Schalt- und Steuergehäuse aus glasfaserverstärktem Polycarbonat erfüllen nach Herstellerangaben die Anforderungen der Schutzarten Type 1, Type 4 und Type 4X und eignen sich damit auch für anspruchsvolle Industrie- und Außenanwendungen. Die Gehäuse verfügen über Schutzart IP66, Schlagfestigkeit IK08 sowie eine UV-Beständigkeit nach UL 746C F1. Verfügbar sind verschiedene Abmessungen und Ausführungen, darunter Varianten mit transparentem Deckel. Durch die optionale UL- und CSA-Kennzeichnung sollen Projektentwickler und Integratoren Freigabeverfahren für den Einsatz in den USA und Kanada vereinfachen können. Auf Wunsch übernimmt Multi-Box zudem die mechanische Bearbeitung und Montage der Einbauten.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129563

Akustikkamera

Teilentladungen aufspüren



Mit der Si2a PD hat **Flir** eine fest installierte Akustikkamera zur kontinuierlichen Überwachung von Teilentladungen in Mittel- und Hochspannungsanlagen vorgestellt. Die Lösung eignet sich für Umspannwerke, Schaltanlagen, Transformatoren und gasisolierte Systeme. Im Gegensatz zu periodischen Inspektionen erfasst sie auch kurzzeitige und sporadisch auftretende Ereignisse, die sonst unentdeckt bleiben können. Nach Herstellerangaben lassen sich Teilentladungen, Koronaentladungen und Lichtbögen aus Entfernungen von bis zu 200 m erkennen, lokalisieren und bewerten. Die Akustikkamera kombiniert akustische Bildgebung mit KI-gestützter Analyse und unterstützt damit zustandsorientierte Wartungsstrategien. Durch die Integration in das Asset-Link-Ökosystem können Messdaten und Ereignisse zudem in digitale Wartungsprozesse eingebunden werden. Die Si2a PD ist seit Ende Juni 2026 verfügbar.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129586

Für Pumpen und Lüfter

Robuster Frequenzumrichter



Der »Sinamics G210X« von **Siemens** ist ein Frequenzumrichter für anspruchsvolle Pumpen-, Lüfter- und Kompressor-Anwendungen, der einfaches Engineering mit robustem Design kombiniert. Integrierte Funktionen tragen dazu bei, den PLC-Aufwand zu reduzieren und die Inbetriebnahme zu beschleunigen. Die nahtlose Integration in das TIA Portal sowie ein integrierter Webserver unterstützen eine effiziente Inbetriebnahme, Bedienung und Diagnose. Mit der Schutzart IP55, 3C3-Beschichtung und Systemredundanz gemäß S2 gewährleistet der Sinamics G210X einen zuverlässigen Betrieb in anspruchsvollen Umgebungen. Das Ergebnis: eine zukunftssichere Antriebslösung für HVAC-, Wasser- und Abwasseranwendungen sowie weitere Infrastrukturanwendungen.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129509

Antriebstechnik

Sensorlose Fangschaltung



Die **Sieb & Meyer AG** erweitert die SD4x-Familie seiner Drive Controller um die Funktion »Flying Restart«. Die sensorlose Fangschaltung ermöglicht das Aufschalten auf bereits drehende Synchronmotoren oder Generatoren, ohne dass diese zuvor bis zum Stillstand abgebremst werden müssen. Grundlage ist eine zusätzliche Hardware zur Phasenspannungsmessung. Zunächst ist die Funktion für den SD4M vorgesehen, später auch für Geräte der SD4S-Serie ab 24 kW. Anwendungsbereiche sind unter anderem Generatoren, Schwungmassenspeicher und Schleifmaschinen mit mehreren Synchronspindeln. Nach einer kurzzeitigen Störung kann der Regler einen weiterhin rotierenden Antrieb wieder übernehmen und den Betrieb fortsetzen. Bei Schwungmassenspeichern lässt sich dadurch die Wartezeit bis zum Wiederanlauf vermeiden. In Schleifmaschinen können unnötige Brems- und Beschleunigungsvorgänge reduziert werden. Die Funktion steht ab einer Drehzahlschwelle von fünf bis zehn Prozent der Nenndrehzahl zur Verfügung.

Weitere Infos online:
www.elektro.net/129536

Fortbildung und Seminare

Termin	Thema/Bezeichnung des Seminars	Ort	Veranstalter
Elektrische Maschinen und Antriebe			
19.10.–23.10.2026	Level 2 – SPS-Programmierung »Erweiterte Funktionen«	Stuttgart	etz – Tel.: (0711) 955916-0, www.etz-stuttgart.de
5.11.–6.11.2026	Forum Asbest und andere Schadstoffe in technischen Anlagen und Bauwerken (hybrid)	Essen	HdT – Tel.: (0201) 1803-1, www.hdt.de
12.11.2026	Technische Anschlussregeln Mittelspannung – VDE-AR-N 4110	Online	TÜV Rheinland – Tel.: (0800) 13535577, www.akademie.tuv.com
16.11.-17.11.2026	Sachkunde Asbest nach TRGS 519, Anlage 4C	München	EZM – Tel.: (089) 551809-148, www.ezm-bildung.de
23.11.–25.11.2026	Auslegung elektrischer Maschinen und Antriebe	Darmstadt	Etech-Akademie – Tel.: (0711) 18422895, www.etech-akademie.de
1.12.–2.12.2026	Stirnradgetriebe – Dimensionierung, Gestaltung und Optimierung	Online	VDI-Wissensforum – Tel.: (0211) 6214-201, www.vdi-wissensforum.de
2.12.–3.12.2026	EU-Maschinenverordnung mit sicheren Steuerungen	Essen	HdT – Tel.: (0201) 1803-1, www.hdt.de
8.12.–9.12.2026	Schaltberechtigung an Mittelspannungsanlagen	Stuttgart	etz – Tel.: (0711) 955916-0, www.etz-stuttgart.de
9.12.–10.12.2026	E-Check EMA	München	EZM – Tel.: (089) 551809-148, www.ezm-bildung.de
14.12.-17.12.2026	Automatisierungstechniker (Service) nach ZVEI (S7-Classic oder TIA)	Oldenburg	BFE – Tel.: (0441) 34092-133, www.bfe.de
15.12.–17.12.2026	Level 0 – SPS-Programmierung »Grundlagen«	Stuttgart	etz – Tel.: (0711) 955916-0, www.etz-stuttgart.de
Elektrische Anlagen			
9.10.-10.10.2026	Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen (AuS)	Aalen	etz – Tel.: (07361) 8809-457, www.etz-aalen.de
21.10.-23.10.2026	E-Check – Grundseminar (Prüfung der Schutzmaßnahmen) – Nur für Mitglieder der Elektroinnung	Oldenburg	BFE – Tel.: (0441) 34092-133, www.bfe.de
28.10.-29.10.2026	»de«-Fachtagung »Normen in der Elektroinstallation«	Hamburg	Hüthig – Tel.: (089) 2183-8981, www.elektro.net
28.10.-29.10.2026	Blitzschutz für Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen – Aufbauseminar	Oldenburg	BFE – Tel.: (0441) 34092-133, www.bfe.de
29.10.2026	Fachgerechtes Prüfen von Lichtbogenschweißeinrichtungen nach DIN EN 60974-4 (VDE 0544-4)	Leipzig	EBZ – Tel.: (0351) 8506-359, www.ebz.de
30.10.2026	Einsatz und Prüfung von mobilen Stromerzeugern	Leipzig	EBZ – Tel.: (0351) 8506-359, www.ebz.de
5.11.2026	Ersatzstromversorgung	München	EZM – Tel.: (089) 551809-148, www.ezm-bildung.de
5.11.-6.11.2026	Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten – Befähigte Person nach BetrSichV und TRBS 1203	Oldenburg	BFE – Tel.: (0441) 34092-133, www.bfe.de
11.11.2026	Prüfen von Lichtbogenschweißeinrichtungen nach DIN EN 60974-4 (VDE 0544-4)	Dresden	EBZ – Tel.: (0351) 8506-359, www.ebz.de
19.11.–20.11.2026	MP – Prüfen von elektrischen Anlagen in Industrie und Gewerbe nach DIN VDE	Leer	FBZ-E – Tel.: (0491) 9767270, www.fbz-e.de
Betriebsführung			
13.10.2026	Arbeitssicherheit Unternehmermodell Grundseminar nach DGUV Vorschrift 2	Stuttgart	etz – Tel.: (0711) 955916-0, www.etz-stuttgart.de
22.10.–23.10.2026	de-Leadership-Event: Auf zu neuen Ufern	Hamburg	Hüthig – Tel.: (089) 2183-8981, www.elektro.net
30.10.2026	Einsatz von KI-Tools für Elektroplaner und Facherrichter Elektro- und Sicherheitstechnik	Online	UDS – Tel.: (0661) 67939409, www.uds-beratung.de
27.11.2026	Fachkundige Person Gefährdungsbeurteilung in der Elektrotechnik	Berlin	TÜV Rheinland – Tel.: (0800) 13535577, www.akademie.tuv.com
2.12.-3.12.2026	Umgang und Führung von schwierigen Mitarbeitern, Vorgesetzten und Kunden (hybrid)	Essen	HdT – Tel.: (0201) 1803-1, www.hdt.de

Hüthig

shop.huethig.de

Verantwortlich?



Wo Menschen zusammenarbeiten, passieren Fehler, durch die ein Schaden entstehen kann.
Doch wer trägt dafür die Verantwortung, und wer haftet?

Für die zweite Auflage wurde das Buch grundlegend aktualisiert und u. a. hinsichtlich folgender praxisrelevanter Aspekte erweitert:

- Rahmenbedingungen bei Elektrofachkräften und elektrotechnisch unterwiesenen Personen
- Arbeits- und sicherheitsrechtliche Besonderheiten bei Arbeiten an Elektrofahrzeugen
- Rahmenbedingungen der Inbetriebnahme elektrischer Anlagen
- Rechtliche Herausforderungen bei Erst- und Wiederholungsprüfungen

Markus Klar

Verantwortung und Haftung in der Elektrotechnik

2. Auflage 2024. 296 Seiten. Softcover € 39,80.
Print: ISBN 978-3-8101-0621-6
E-Book/PDF: ISBN 978-3-8101-0622-3

Kombi (Print + E-Book):
ISBN 978-3-8101-0623-0
€ 55,80

Weitere Infos und Bestellung:

Hier Ihr Fachbuch direkt online bestellen!

▸ shop.huethig.de

www.safetytest.de

PREMIUM MARKEN Partner

VPLT ORDENTLICHES MITGLIED SEIT

SAFETY TEST

WELTNEUHEIT !

DREIPHASIGES PRÜFGERÄT
FÜR ANLAGEN- UND
MASCHINENPRÜFUNG !



- EIN Messschritt KEIN Umstecken
- Digital per CLOUD und APP
- VOLLAUTOMATISCH mit vorgefertigten Prüfabläufen