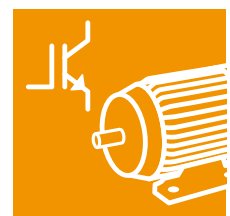


# Trainingssysteme

für die Antriebstechnik, Elektrische Maschinen,  
Leitungselektronik

Praxis- und projektorientiert  
Handlungskompetenzen erwerben





# Inhalt

<b>Qualifikation durch Qualität</b>	
Trainingssysteme für die Antriebstechnik .....	4
<b>Unterschiedliche Systeme für unterschiedliche Bedürfnisse</b>	
Unser Ziel: Allen Ansprüchen gerecht werden .....	6
Lehrplattensystem .....	8
Montageübungssystem .....	9
<b>Komplexe Lerninhalte lebendig präsentieren</b>	
Projektorientierte Lernmedien – passend zu allen Trainingssystemen .....	10
<b>Alles auf einen Blick</b> .....	12
<b>Mehr als ein Trainingssystem</b>	
Komplettlösung Labor für Elektrische Maschinen, Leistungselektronik, moderne Antriebe .....	14
<b>Ein Antriebsprogramm – zwei Leistungsklassen</b> .....	16
Zwei Maschinenprüfstände .....	18
Perfekte Unterstützung – Bedienung und Messwertaufnahme am PC .....	22
Analog-Digital-Multimeter .....	24
<b>Elektrische Maschinen</b>	
Basis der Antriebstechnik .....	26
Gleichstrommaschinen (UniTrain-I) .....	28
Synchronmaschinen (UniTrain-I) .....	30
Schrittmotor (UniTrain-I) .....	31
Servo-/BLDC-Motor (UniTrain-I) .....	32
Linearmotor (UniTrain-I) .....	33
Drehstrom-Transformator (UniTrain-I) .....	34
Elektromagnetische Verträglichkeit (UniTrain-I) .....	35
Wickeln von Transformatoren .....	36
Wickeln elektrischer Maschinen .....	37
Gleichstrommaschinen .....	38
Wechselstrommaschinen .....	39
Drehstrom-Asynchronmaschinen .....	43
Drehstrom-Synchronmaschinen .....	51
Drehstrommaschinen .....	54
Transformatoren .....	55
<b>Leistungselektronik und didaktische Antriebe</b>	
Elektrische Maschinen verlustfrei steuern .....	56
Netzgeführte Stromrichter (UniTrain-I) .....	58
Selbstgeführte Stromrichter (UniTrain-I) .....	59
Frequenzumrichter-Antriebe (UniTrain-I) .....	60
PFC Leistungsfaktorkorrektur (UniTrain-I) .....	61
Netzgeführte Stromrichter .....	62
Drehzahlregelung eines DC-Motors mittels Stromrichterschaltung .....	63
Drehzahlsteuerung eines Universalmotors .....	64
Drehzahlsteuerung eines Drehstrommotors .....	65
Selbstgeführte Stromrichter .....	66
Drehzahlregelung eines DC-Motors mittels PWM .....	67
Frequenzumrichter-Antrieb .....	68
Elektronik Motor .....	69
<b>Industrielle Antriebe</b>	
Parametrierung industrieller Komponenten .....	70
Sanftanlauf an Drehstrommaschinen .....	72
Antriebe mit Frequenzumrichter .....	73
Projektarbeit Frequenzumrichter .....	74
Steuern von elektrischen Antriebssystemen .....	75
Positionieren mit Synchron-Servo-System .....	76
Motorschutz/Motormanagement .....	77

# Qualifikation durch Qualität

## Trainingsysteme für die Antriebstechnik

### Technischer Fortschritt ...

Die Antriebstechnik nimmt durch die fortschreitende Automatisierung in der Industrie einen immer größeren Stellenwert ein. Es besteht eine enge Verzahnung mit anderen Bereichen wie Prozessautomation, Regelungs- oder Computertechnik. Durch rasante Entwicklungen ist die Antriebstechnik eine der innovativsten Gebiete der Elektrotechnik geworden.



### ... hat großen Einfluss auf die Ausbildung

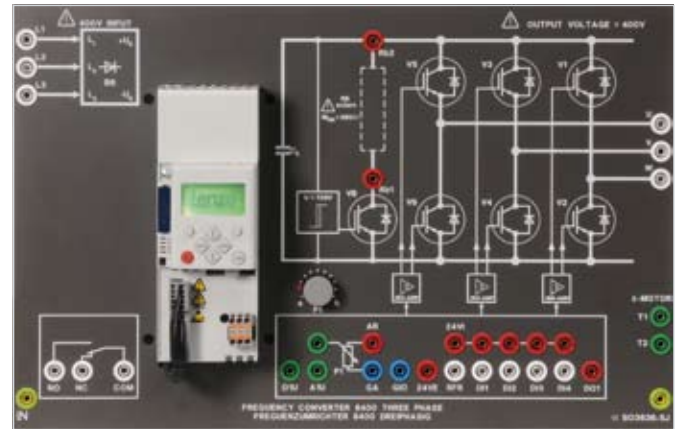
Neue industrielle Antriebstechniken erfordern neue Lehrsysteme. Neuerungen wie der vermehrte Einsatz von Frequenzumrichter- und Servo-Antrieben sowie deren Einbindung in die Prozessautomation sind nur Beispiele für sich wandelnde Berufsfelder. Aus diesen Anforderungen an den Antriebstechniker von heute entsteht der Bedarf an modernen, praxisorientierten Trainingsystemen, die dem Lernenden den aktuellen Stand der Technik und die notwendige Handlungskompetenz vermitteln.



## Starke Partnerschaft mit der Industrie

– ist der Garant für die Nähe zur Praxis. Mit dem namhaften Antriebstechnikhersteller Lenze AG hat Lucas Nülle diesen starken Partner gefunden. Modernste Produkte der Antriebstechnik von Lenze werden durch Lucas Nülle didaktisch aufbereitet und exakt den Bedürfnissen von Schulen und Bildungsträgern angepasst. Von einfachen Motorsteuerungen über Frequenzumrichter bis zu Servoantrieben mit Feldbuschnittstellen zur Einbindung in die Prozessautomation werden alle Leistungsstufen komplett abgedeckt.

Die modularen und skalierbaren Lehr- und Trainingssysteme bilden den innovativen und zukunftssicheren Grundstein für eine solide und fundierte Ausbildung im Bereich der Antriebstechnik.



Quelle: Lenze AG

# Unterschiedliche Systeme für unterschiedliche Bedürfnisse

Unser Ziel: Allen Ansprüchen gerecht werden

## UniTrain-I – Multimedialabor mit 100 Kursen

Mit dem multimedialen Experimentier- und Trainingssystem UniTrain-I wird der Lernende anhand einer klar strukturierten Kurssoftware mit Hilfe von Texten, Grafiken, Animationen und Wissenstests durch Theorie sowie angeleitete Experimente geführt.

Neben der Lernsoftware gehört zu jedem Kurs eine Experimentierkarte, an der die praktischen Aufgaben durchgeführt werden. Kurse zu den Themen „Elektrische Maschinen“, „Leistungselektronik“ und „Antriebe“ vermitteln alle erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten, die zum Verständnis, zum Anschluss, zur Steuerung und zum Betrieb moderner Antriebe notwendig sind. Mit Hilfe von Animationen und zahlreichen Experimenten an realen Systemen werden in den verschiedenen Kursen die Grundlagen, Prinzipien und Eigenschaften der Komponenten von elektrischen Motoren, Leistungselektronik und Antriebssystemen erarbeitet.



### Ihre Vorteile

- Theorie und Praxis zur gleichen Zeit am gleichen Ort
- Hohe Schülermotivation durch PC und neue Medien
- Schnelle Erfolgserlebnisse durch strukturierte Kursführung
- Schnelles Verständnis durch animierte Theorie
- Handlungskompetenz durch eigenes Experimentieren
- Ständiges Feedback durch Verständnisfragen und Wissenstests
- Geführte Fehlersuche mit integriertem Fehlersimulator
- Sicher durch Verwendung von Schutzkleinspannung
- Riesige Auswahl an Kursen
- Musterlösungen für Lehrer



#### UniTrain-I-System

- Vollständiges, tragbares Labor
- Multimedia-Kurse
- High-Tech-Mess- und Steuerinterface
- Theorie und Praxis zur gleichen Zeit



#### UniTrain-I-Interface mit USB

- Oszilloskop mit 2 analogen Differenzeingängen
- Abtastrate 40 MSamples
- 9 Messbereiche 100 mV - 50 V
- 22 Zeitbereiche 1  $\mu$ s - 10 s
- 16 digitale Ein- und Ausgänge
- Funktionsgenerator bis 1 MHz
- 8 Relais zur Fehlersimulation



#### UniTrain-I-Experimenter

- Aufnahme der Experimentierkarten
- Experimentierspannung  $\pm 15$  V, 400 mA
- Experimentierspannung 5 V, 1 A
- Variable Gleich- oder Drehstromquelle 0 ... 20 V, 1 A
- IrDa-Schnittstelle für Multimeter
- Zusätzliche serielle Schnittstelle für Karten



#### Integrierte Mess- und Netzgeräte

- Multimeter, Amperemeter, Voltmeter
- 2-Kanal-Speicheroszilloskop
- Funktions- und Kurvenformgenerator
- Dreifachnetzgerät für AC und DC
- Drehstromnetzgerät
- ... und viele weitere Geräte



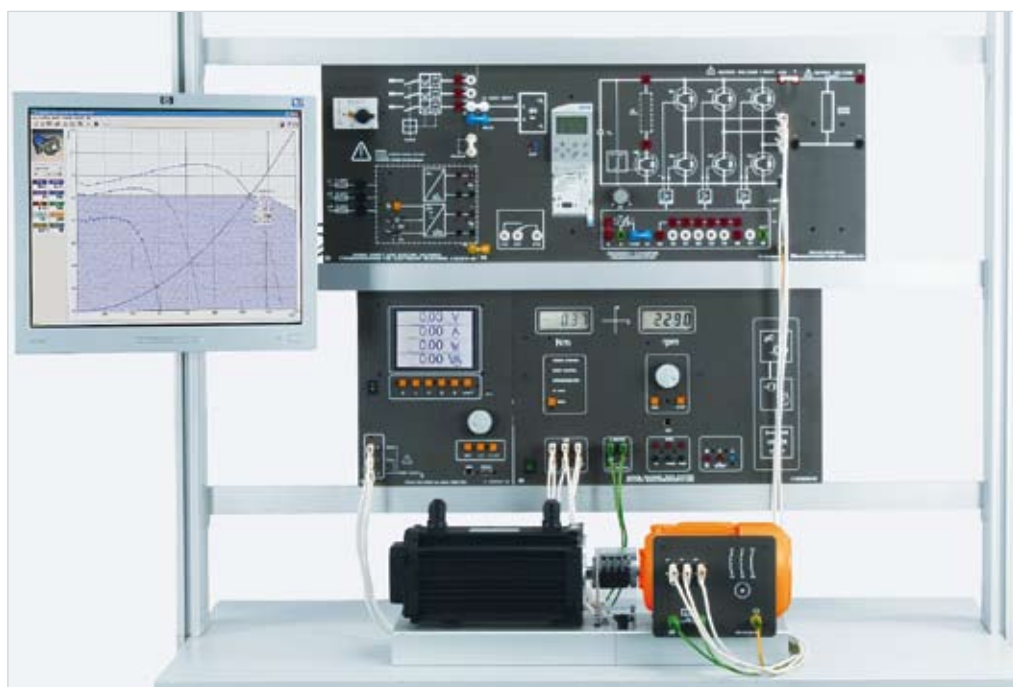
#### Lern- und Experimentiersoftware LabSoft

- Große Auswahl an Kursen
- Umfassende Theorie
- Animationen
- Interaktive Experimente mit Anleitung
- Freie Navigation
- Dokumentation der Messergebnisse
- Wissenstests

# Unterschiedliche Systeme für unterschiedliche Bedürfnisse

## Lehrplattensystem

Ob für den Frontalunterricht oder praxisgerechte Schülerversuche, mit dem Lehrplattensystem können Sie unterschiedliche Lehr- und Lernmethoden umsetzen. Die Lehrplatten bestehen aus Schichtpressstoffplatten, die beidseitig mit Melaminharz beschichtet sind. Die Höhe beträgt einheitlich DIN A4. So lassen sich die Platten einfach in Experimentierstände einhängen.



Lehrplattensystem

### Ihre Vorteile

- Vielseitig und flexibel durch modularen Aufbau
- Geeignet für Schülerübung und Demonstration
- Sicher durch doppelte Isolierung (Sicherheitsbuchsen und -kabel)
- Industrietypisch durch Integration von Industriegeräten
- Übersichtlich durch kontrastreichen und kratzfesten Frontplattendruck
- Moderne Messtechnik mit PC-Anbindung
- Farbige Experimentier- und Fachpraxis-Handbücher
- Schülerarbeitsblätter und Musterlösungen

## Montageübungssystem

### Perfekte Ergänzung für den projektorientierten Unterricht:

Bei den Montageübungen stehen die handwerklichen Fähigkeiten im Vordergrund. Alle Übungen haben einen sehr starken Praxisbezug. Die elektrischen Verbindungen werden mit industriellen Verdrahtungsmaterialien wie Tragschienen, Kammplatten sowie Schrauben und verschiedenen Verdrahtungsmethoden durchgeführt. Alle Teile, außer Verbrauchsmaterial (Kabel), sind wiederverwendbar.



Montageübungssystem



### Ihre Vorteile

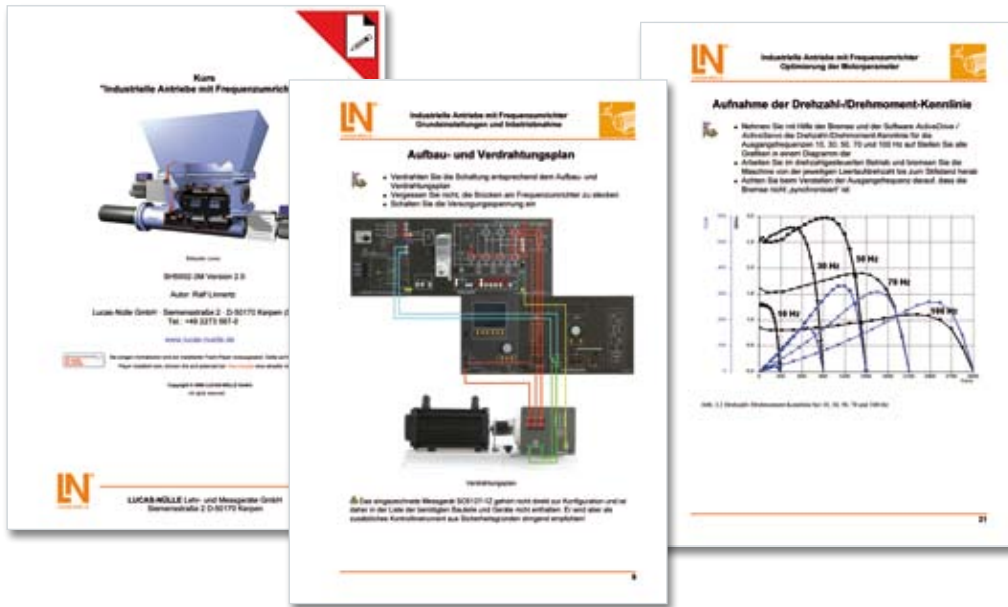
- Planen und Durchführen von Projekten
- Verbindungstechniken erlernen
- Hoher Praxisbezug durch industrietypische, technische Dokumentation und Software
- Kombinierbar mit dem Lehrplattensystem
- Die Schaltungen werden mit industriellen Komponenten realisiert
- Vollständige Projektdokumentation

# Komplexe Lerninhalte lebendig präsentieren

## Projektorientierte Lernmedien – passend zu allen Trainingsystemen

### Handbücher

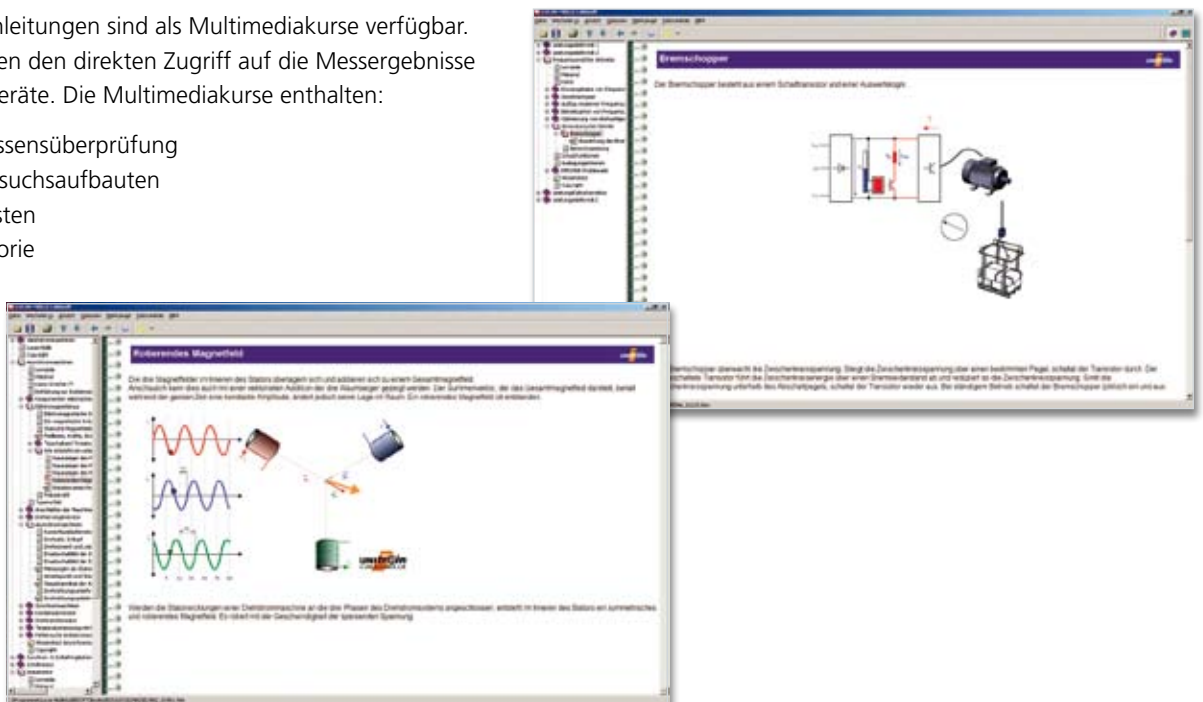
Bieten neben einer ausführlichen Beschreibung der Versuche des jeweiligen Trainingsystems auch zahlreiche Übungen, Beispiele und Projekte.



### Multimediakurse

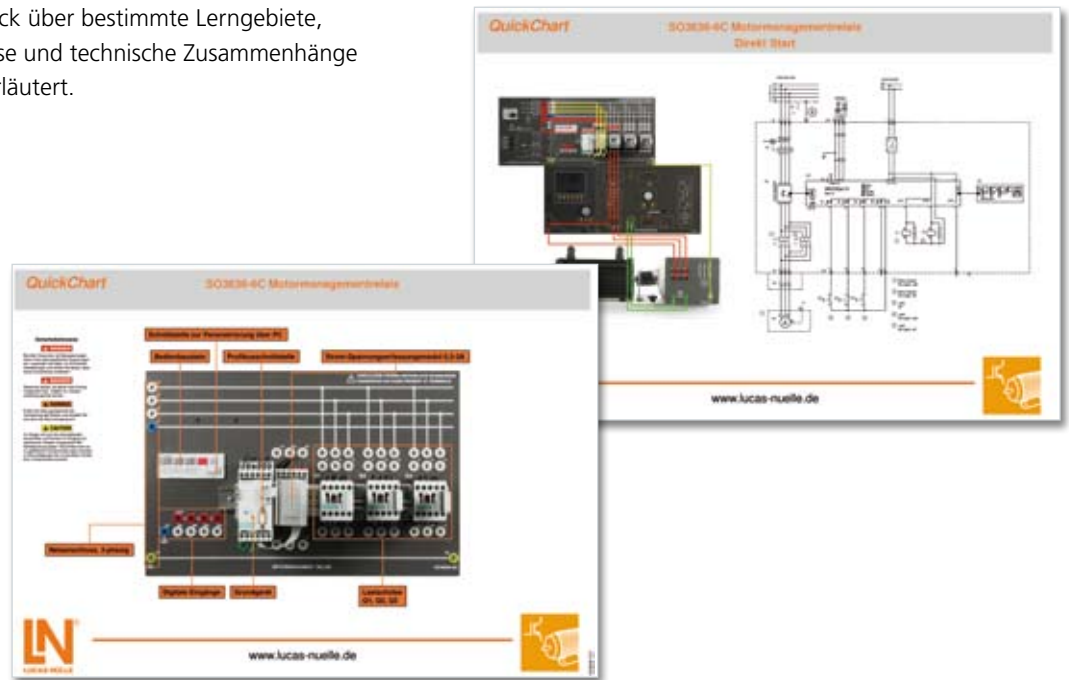
Viele Versuchsanleitungen sind als Multimediakurse verfügbar. Diese ermöglichen den direkten Zugriff auf die Messergebnisse verschiedener Geräte. Die Multimediakurse enthalten:

- Fragen zur Wissensüberprüfung
- Interaktive Versuchsaufbauten
- Navigationsleisten
- Animierte Theorie



## QuickCharts

Liefern einen raschen Überblick über bestimmte Lerngebiete, Arbeitsschritte, Arbeitsprozesse und technische Zusammenhänge werden kurz und prägnant erläutert.



## Präsentationsfolien

Unterstützen Ihren Unterricht zum Beispiel mit Hintergrundinformationen, Blockschaltbildern, physikalischen Grundlagen, spezifischen Norm-Kennwerten, speziellen Modifikationen und Anwendungsbeispielen. Sie erhalten den Foliensatz im PowerPoint-Format.



# Alles auf einen Blick

## Industrielle Antriebe

- Inbetriebnahme
- Parametrierung und Optimierung
- Betrieb an industriety-pischen Lasten
- Vernetzung mit SPS-Steuerungen
- Projektarbeit

## Didaktische Antriebe

- Funktion
- Optimierung
- Betriebsverhalten

## Leistungs-Elektronik

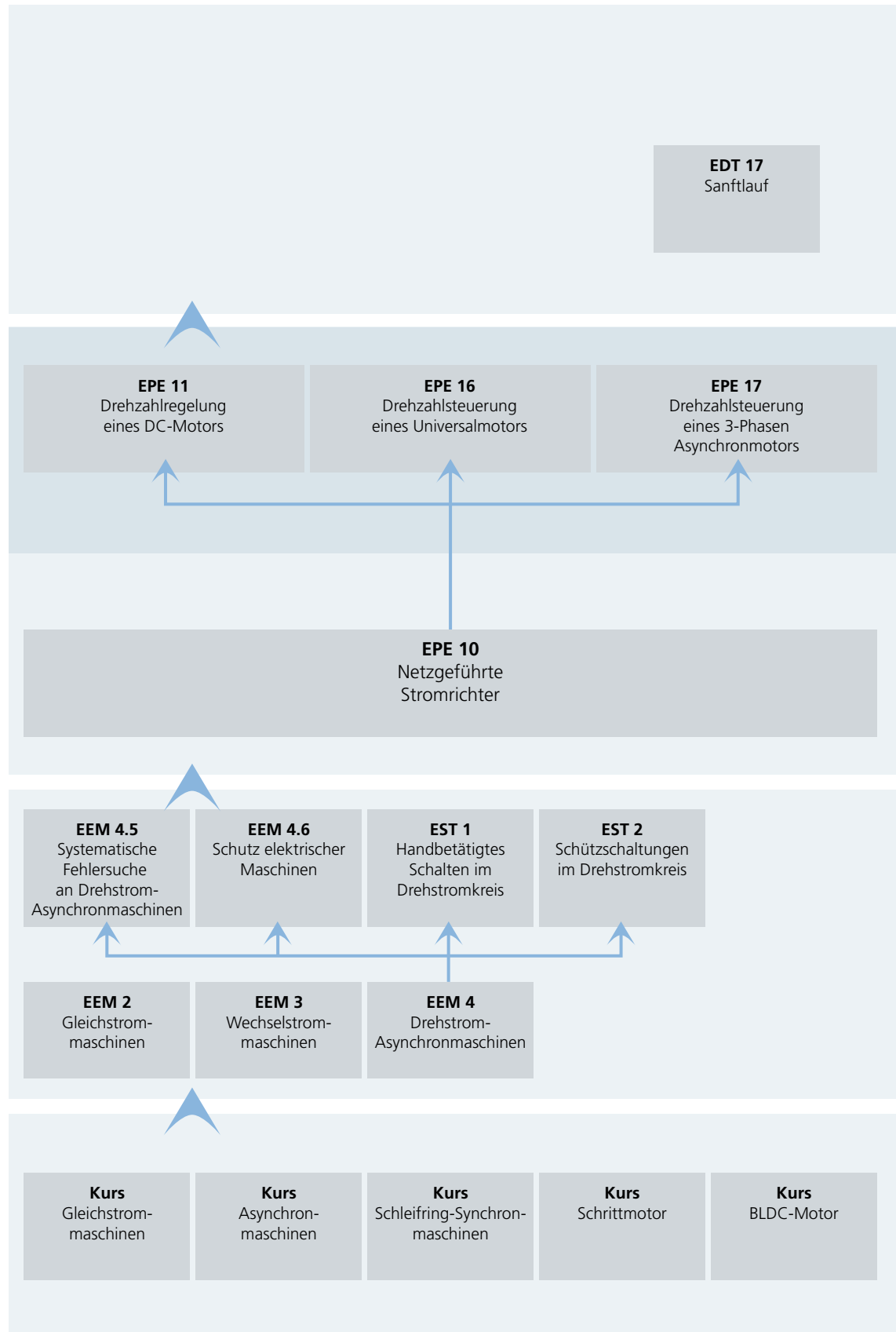
- Schaltungen
- Leistungshalbleiter
- Funktion und Zusammenhänge erkennen

## Elektrische Maschinen

- Anschließen
- Anlassen
- Charakteristiken
- Messen von Drehzahl und Drehmoment
- Kennlinien
- Projektarbeit

## UniTrain-I

- Basis-Training
- Grundlagen
- Funktion und Wirkungsweisen verstehen



**CLP 20**  
Steuern von elektrischen Antriebssystemen

**EDT 25**  
Frequenzrichter-Antrieb

**ELP 25**  
Projektarbeit industriety-  
pische Verdrahtung  
von Frequenzrichter-  
Antrieben

**EDT 32**  
Synchron-Servo-  
System

**EDT 52**  
Motor-Management-  
System

**EPE 21**  
Drehzahlregelung  
eines DC-Motors

**EPE 26**  
Frequenzrichter-  
Antrieb

**EPE 27**  
Elektronik-Motor

**EPE 20**  
Selbstgeführte  
Stromrichter

**EEM 5.2**  
Netz-  
synchronisation

**EEM 5.3**  
Dreiphasen  
Reluktanzmaschine

**EEM 5.1**  
Drehstrom-  
Synchronmaschinen

**EEM 10**  
Zerlegbarer  
Drehstrom-  
maschinensatz

**ENT 5**  
Ein- und Dreiphasen-  
transformatoren

**EMW 10**  
Wickeln von  
Transformatoren

**EMW 20**  
Wickeln elektrischer  
Maschinen

**Kurs**  
Linearmotor

**Kurs**  
Ein- und Dreiphasen-  
transformatoren

**Kurs**  
EMV

**Kurs**  
Netzgeführte  
Stromrichter

**Kurs**  
Selbstgeführte  
Stromrichter

**Kurs**  
Frequenzrichter-  
Antriebe

**Kurs**  
Power-Factor-  
Korrektur

# Mehr als ein Trainingssystem

Komplettlösung – Labor für Elektrische Maschinen,  
Leistungselektronik und moderne Antriebe

Komplexe Lerninhalte mit modernen  
Lernmedien lebendig präsentieren

Komplettlösungen für moderne Antriebe:  
Frequenzumrichter-, Servo-Antrieb, Positionierung,  
Softstarter, Motormanagement-Relais



**Anschließen, Anlassen und Prüfen von Gleich-, Wechsel-,  
Drehstrom- und Synchronmaschinen**

**Blended Learning:  
Multimediale Wissensvermittlung  
mit UniTrain-I**

# Ein Antriebsprogramm – zwei Leistungsklassen

## 300 W und 1 kW

Für die Ausbildung von Elektronikern und Mechatronikern stellt die komplexe industrielle Antriebstechnik eine besondere Herausforderung dar. Das Verstehen und Beherrschen elektrischer Maschinen, ihrer Bauformen, Wirkungsweisen, Anschlusstechniken, Charakteristiken und besonders ihr Verhalten an unterschiedlichen Lasten gehört zu den Kernkompetenzen der Facharbeiter, Techniker und Ingenieure. Um verschiedenen Bedürfnissen gerecht zu werden, bietet Lucas-Nülle Antriebe in zwei Leistungsklassen – 300 W und 1 kW.



## Zwei Leistungsklassen – zwei Anwendergruppen

### Vorteile

- Aufnahme typischer Maschinenkennlinien
- Verhalten entspricht dem von Maschinen mit wesentlich höherer Leistung
- 300 W – Standardausstattung für Antriebstechnik und Mechatronik
- 1 kW – gehobene Ausstattung für Antriebstechnik, Mechatronik und Energietechnik



### Sicher bedienen

Alle Verbindungen erfolgen durch berührungssichere Leitungen und Buchsen.

### Vorteile

- Hohe Schaltungssicherheit
- Eindeutige Kennzeichnung der Anschlüsse
- Kennzeichnung nach DIN-/IEC-Normen
- Sicherung aller rotierenden Teile durch Abdeckungen
- Schutz der Maschine gegen thermische Überlastung durch Temperatursensoren



### Optimale Handhabung

Alle Maschinen einer Leistungsklasse verfügen über gleiche Wellenhöhen und sind mit einem schwingungsdämpfenden Grundrahmen ausgestattet.

### Vorteile

- Ermöglicht einfaches, stabiles Kuppeln von Maschinen und Anbauteilen
- Spielfreie, elastische Kupplungsmanschetten
- Kraftschlüssiger und störungsfreier Lauf



# Zwei Maschinenprüfstände

## Komplett und umfassend – Der Servo-Maschinenprüfstand

Der Servo-Maschinenprüfstand ist ein komplettes Prüfsystem zur Untersuchung elektrischer Maschinen und Antriebe. Er besteht aus dem digitalen Steuergerät, einem Servoantrieb und der Software ActiveServo. Das System vereint neueste Technik mit einfacher Bedienung. Neben dem Antreiben und Bremsen lassen sich Arbeitsmaschinenmodelle realistisch emulieren. So lassen sich Maschinen, Generatoren und Antriebe im Labor unter industrietypischen Bedingungen untersuchen. Das System beinhaltet zehn verschiedene Betriebsarten/Arbeitsmaschinenmodelle. Für beide Leistungsklassen existiert ein speziell angepasstes System.



### Steuergerät

- Antreiben und Bremsen in vier Quadranten
- Dynamischer und statischer Betrieb
- USB-Schnittstelle
- Bestimmung von Drehzahl und Drehmoment
- Integrierter, galvanisch getrennter Messverstärker für Strom- und Spannungsmessung
- Thermische Überwachung der zu prüfenden Maschine
- Sicherheitsabschaltung beim Betrieb ohne Wellenabdeckung



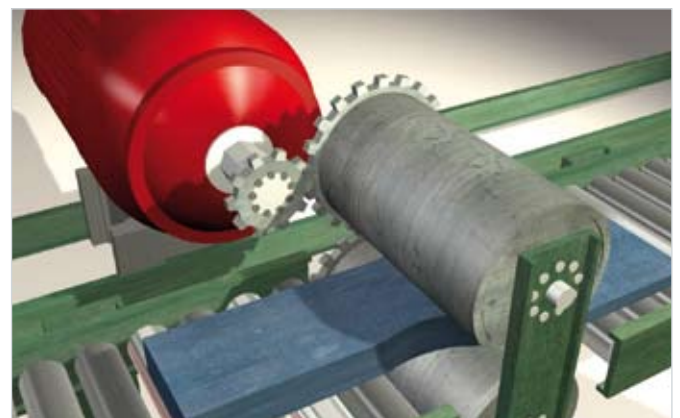
### Antriebseinheit

- Selbstgekühlter Servo
- Integrierte Erfassung der Drehzahl und Rotorlage über Resolver
- Temperaturüberwacht durch eingebauten Temperatursfühler
- Drift- und kalibrierfreies System
- Anschluss über verpolungssichere Steckverbinder
- Hohe Leistungsreserven für detailgetreue Emulation der Lasten



### 10 Betriebsarten

- Drehmomentregelung
- Drehzahlregelung
- Manuelle und automatische Netzsynchrisation
- Schwungmasse
- Hubantrieb
- Roller/Kalander
- Lüfter
- Kompressor
- Wickelantrieb
- Frei definierbare, zeitlich abhängige Last



Software siehe Seite 22/23

# Zwei Maschinenprüfstände

## Funktional und kompakt – Der aktive Maschinenprüfstand

Der aktive Maschinenprüfstand vereint Antriebs- und Bremsenheit in einem Gerät. Neben der Aufnahme von Maschinenkennlinien können Antriebe mit verschiedenen Arbeitsmaschinenmodellen untersucht werden. Durch die im Lieferumfang enthaltene Software ActiveDrive lassen sich alle Funktionen über den PC steuern. Der aktive Maschinenprüfstand ermöglicht alle wesentlichen Versuche in der 300 W Leistungsklasse.



### Steuergerät

- 4-Quadrantenbetrieb
- Integrierter, galvanisch getrennter Messverstärker für Strom und Spannungsmessung
- USB-Schnittstelle
- Bestimmung von Drehzahl und Drehmoment
- Thermische Überwachung der zu prüfenden Maschine
- Sicherheitsabschaltung beim Betrieb ohne Wellenabdeckung



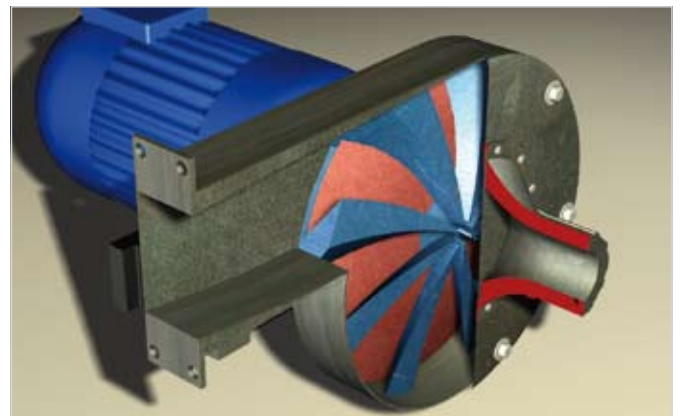
### Antriebseinheit

- Selbstgekühlter Asynchronmotor
- Drehzahl- und Lageerfassung über integrierten Inkrementalgeber
- Drift- und kalibrierfreies System
- Anschluss über verpolungssichere Steckverbinder



### 5 Betriebsarten

- Drehmomentregelung
- Drehzahlregelung
- Hubantrieb
- Roller/Kalander
- Lüfter



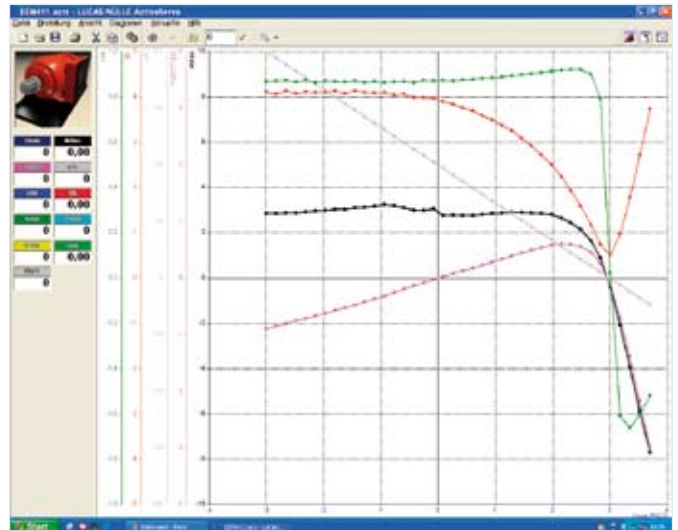
Software siehe Seite 22/23

# Perfekte Unterstützung – Bedienung und Messwertaufnahme am PC

... dafür stehen ActiveServo und ActiveDrive

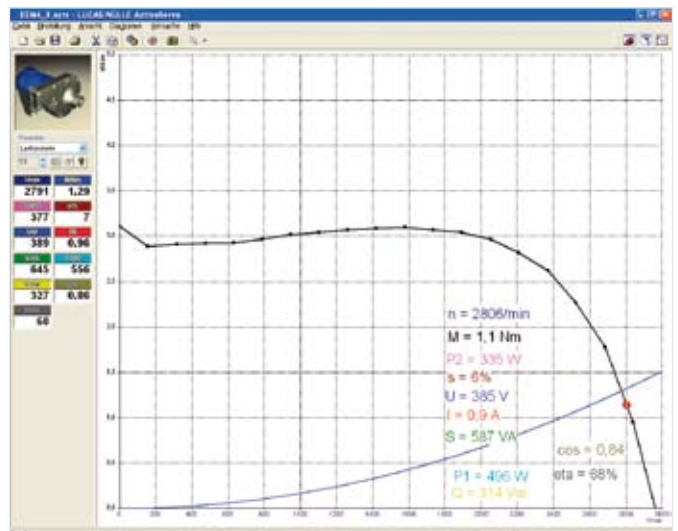
## Aufnahme von Motorkennlinien

- Messung über alle vier Quadranten
- Aufzeichnung der Messwerte im drehzahl- und drehmoment-geregelten Betrieb
- Messung, Berechnung und grafische Darstellung der gemessenen und berechneten mechanischen und elektrischen Größen
- Frei definierbare Rampenfunktionen zur PC-gesteuerten Durchführung von Belastungsversuchen



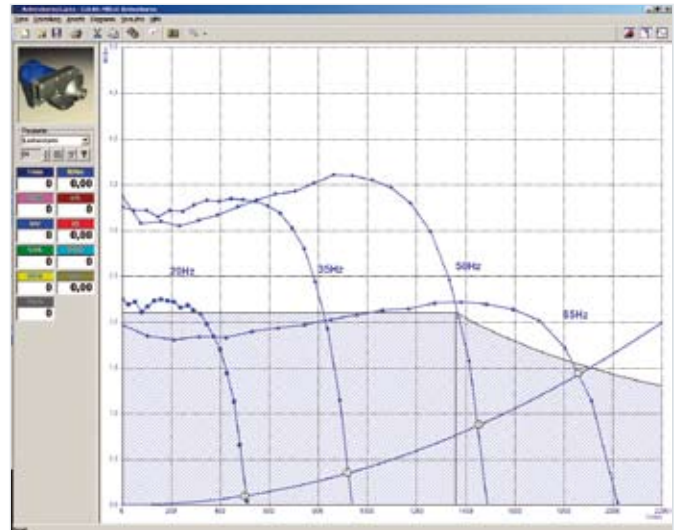
## Arbeitspunktbestimmung mit einstellbaren, emulierten Arbeitsmaschinen

- Überlagerung der Kurven von Antriebs- und Arbeitsmaschinen
- Realistische, detailgetreue Emulation
- Bestimmung von stabilen und labilen Arbeitspunkten
- Ermittlung von Arbeits- und Überlastbereich



### Integrierte Auswertung der Messergebnisse

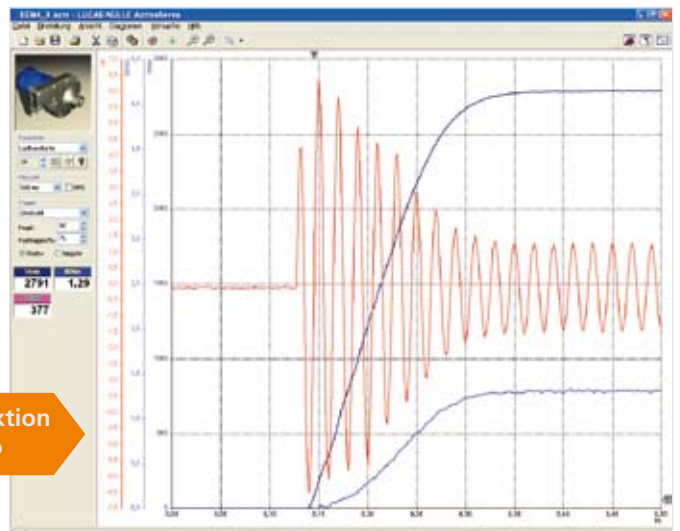
- Gleichzeitige Darstellung der Kennlinien verschiedener Messreihen zur Verdeutlichung von Veränderungen (hier Parameteränderungen an einem Frequenzumrichter)
- Darstellung des zulässigen Arbeitsbereichs und der Nennwerte im Diagramm
- Beschriftung der Messungen im Diagramm
- Komfortabler Export der Messungen in Tabellenkalkulationsprogramme zur weiteren Bearbeitung



### Dynamische Messungen im Zeitbereich mit dem Servo-Maschinenprüfstand

- Bestimmung von Anlaufströmen bei verschiedenen Lasten
- Dynamische Untersuchung von geregelten Antrieben
- Realistische Emulation der Arbeitsmaschinen auch bei dynamischen Vorgängen
- Darstellung der elektrischen Größen als Augenblickswert oder als Effektivwert

Zusätzliche Funktion von ActiveServo



# Analog-Digital-Multimeter

## Vier verschiedene Messgeräte in einem Gerät kombiniert

Die Bereiche elektrische Maschinen, Leistungselektronik und Antriebstechnik stellen besondere Anforderungen an Messgeräte. Neben einem hohen Überlastschutz muss die Erfassung der Messwerte von der Kurvenform unabhängig erfolgen. Das Analog-Digital-Multimeter ist speziell für diese Bedürfnisse ausgelegt. Es ersetzt gleichzeitig bis zu vier verschiedene Messgeräte – es ist Strom-/Spannungs-, Leistungs- und Phasenwinkelmesser in einem. Das grafische Display ermöglicht den Einsatz sowohl bei Schüler- als auch bei Demonstrationsexperimenten.



## Ausstattung

- Gleichzeitige, kurvenformunabhängige Messung von Spannung und Strom (Messung von getakteten Spannungen)
- Berechnung von Wirk-, Schein- und Blindleistung und des Leistungsfaktors
- Elektrisch unzerstörbar bis 20 A/600 V
- Großes, kontrastreiches, hintergrundbeleuchtetes Grafikdisplay
- Großanzeige oder Anzeige von bis zu 4 Messwerten



## PC-Anbindung

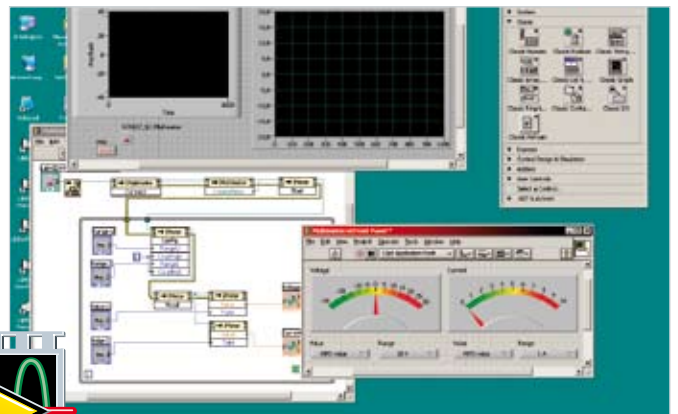
Über die USB-Schnittstelle lassen sich alle Messwerte auf dem PC darstellen. Folgende Instrumente stehen zur Verfügung:

- Spannungs-, Strom-, Leistungsanzeige
- Leistungszähler für motorischen und generatorischen Betrieb
- Oszilloskop zur Darstellung von Strom, Spannung und Leistung
- Datenlogger zur Aufzeichnung von bis zu 14 verschiedenen Messgrößen



## LabVIEW kompatibel

LabVIEW-Treiber sowie verschiedene Funktionsbeispiele ermöglichen die Integration des Analog-Digital-Multimeters in die LabVIEW-Umgebung.



# Elektrische Maschinen

## Basis der Antriebstechnik

Elektrische Maschinen bilden die Basis für moderne Antriebe. Neue Schwerpunkte in der Ausbildung erfordern neue Qualifikationen für die Inbetriebnahme und den Betrieb elektrischer Maschinen. Besonderen Schwerpunkt bildet der Betrieb mit verschiedenen Arbeitsmaschinen wie Lüftern, Hebezeugen und Schwungmassen. Mit vielen Beispielen, Erläuterungen, Übungen und praktischen Aufgaben werden die Grundlagen elektrischer Maschinen anschaulich dargestellt.



### Fachübergreifender Einsatz

Elektrische Maschinen sind zentraler Bestandteil moderner Anlagen und Geräte. Sie werden in den Bereichen Maschinenbau, Förder- und Verfahrenstechnik sowie in Produktionsanlagen eingesetzt. Durch die Ansteuerung mit moderner Leistungselektronik und den Einsatz speicherprogrammierbarer Steuerungen lassen sich Prozesse immer weiter automatisieren.



### Praxisnaher Einsatz

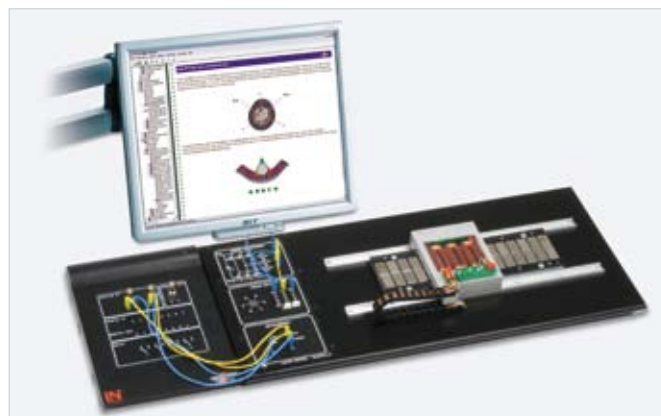
Mit dem Lehrplattensystem „Elektrische Maschinen“ erlernen die Schüler praxisnah den Anschluss und Betrieb elektrischer Maschinen. Die gesammelten Erfahrungen werden durch eine Vielzahl praktischer Übungen und Projekte gefestigt.



### Trainingssysteme

Die Trainingssysteme vermitteln das grundlegende Wissen über elektrische Maschinen und zeigen deren Funktionsweise und charakteristische Kennlinien. Mit vielen Beispielen, Erläuterungen, Übungen und praktischen Aufgaben werden die Grundlagen anschaulich dargestellt:

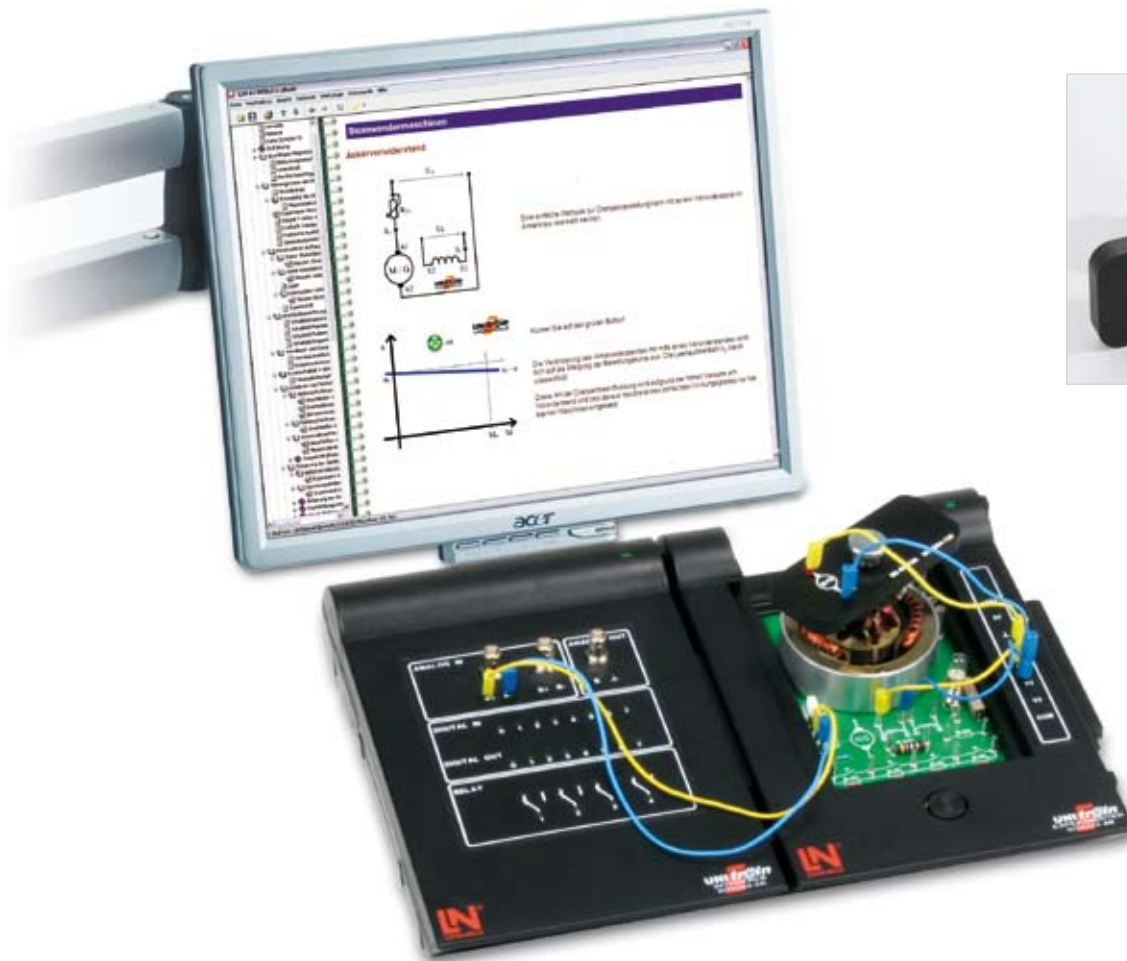
- UniTrain-I „Elektrische Maschinen“
- Lehrplattensystem „Elektrische Maschinen“



# Gleichstrommaschinen

## Nebenschlussmaschine – Reihenschlussmaschine – Doppelschlussmaschine – Universalmaschine

Den Einstieg in das Thema „Elektrische Maschinen“ bilden nach wie vor die Gleichstrommaschinen. In der industriellen Praxis werden diese Motoren häufig nur noch als Kleinantriebe mit permanenter Erregung eingesetzt.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Lerninhalte

- Nebenschluss-, Reihenschluss-, Doppelschluss-, Universalmaschine
- Gleichstrommaschinen anschließen
- Anlaufversuche starten
- Neutrale Zone einstellen
- Verhalten bei Feldschwächung untersuchen
- Methoden zur Steuerung der Drehzahl kennenlernen
- Versuche zu Generator- und Bremsbetrieb durchführen

# Asynchronmaschinen

## Käfigläufermotor – Permanentmagnetmotor – Kondensatormotor – Kurzschlussläufer

Asynchronmaschinen besitzen aufgrund ihrer enormen Verbreitung eine herausragende Bedeutung – gerade auch in der Ausbildung.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Lerninhalte

- Entstehung statischer und rotierender Drehfelder
- Spannungs- und Strommessungen am Stator
- Anschluss des Stators in Stern- oder Dreieckschaltung
- Unterschiedliches Verhalten bei unterschiedlichen Rotoren
- Verhalten beim Anlauf sowie im Feldschwächebereich
- Fehlersuche

# Synchronmaschinen

## Schleifringläufermaschine – Synchronmaschine – Reluktanzmaschine

Synchronmaschinen werden vor allem als Generatoren in der Energieerzeugung und als hochdynamische Antriebe (Servos) eingesetzt.



**UniTrain**  
SYSTEM

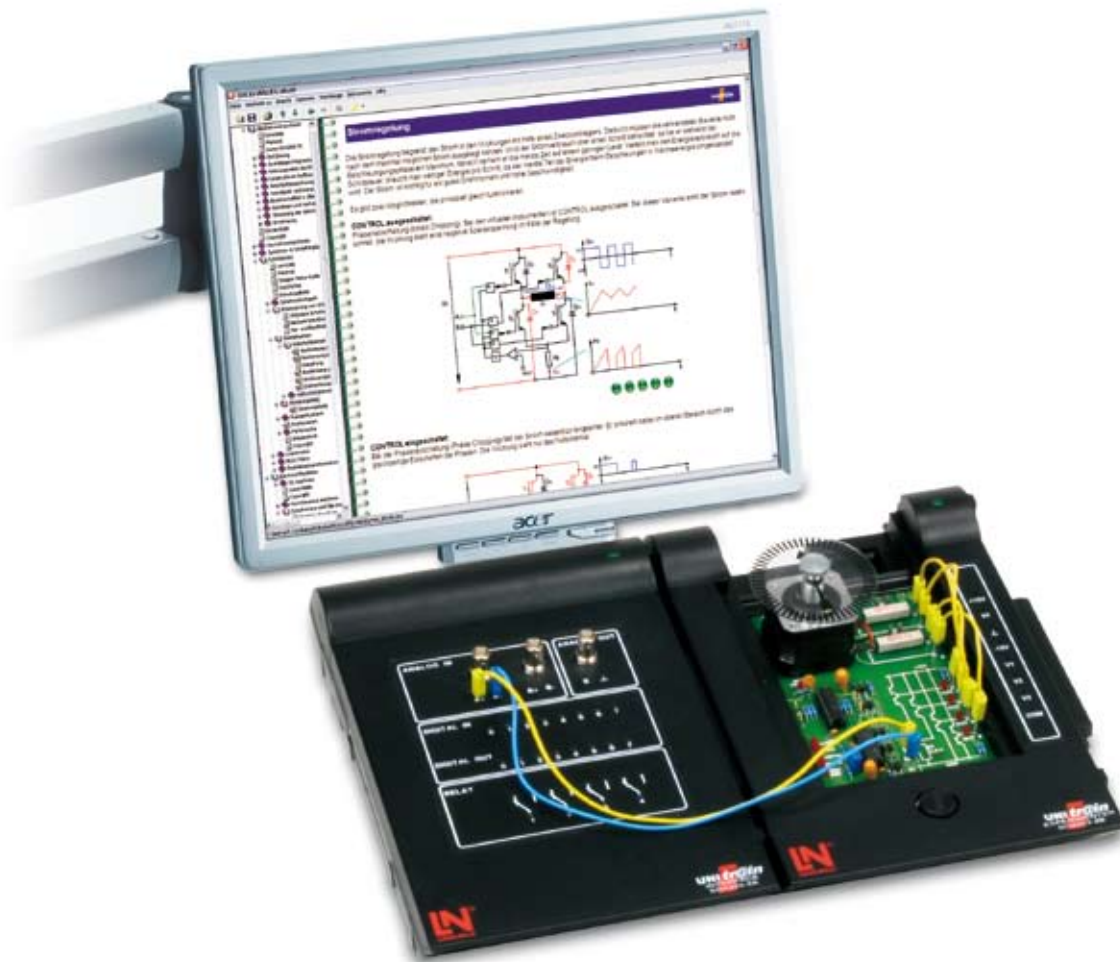
### Lerninhalte

- Erläuterung der Technologie und ihre Anwendung in der Praxis
- Erarbeiten der zum Verständnis notwendigen Physik
- Anlassen von Maschinen mit Anlasswiderständen sowie variabler Frequenz
- Steuern der Drehzahl
- Einfluss von offenen oder beschalteten Läuferwicklungen
- Wirkung unterschiedlicher Erregerspannung

# Schrittmotor

## Bauformen – Funktionsprinzip – Positionieren

Schrittmotoren ermöglichen eine preiswerte Lösung von Positionieraufgaben. Sie werden daher in großen Stückzahlen für eine Vielzahl von industriellen Anwendungen produziert.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Lerninhalte

- Verdeutlichung der Schrittmortertechnologie durch Animationen, Theorie und Experimente
- Ansteuerungsprinzipien
- Aufzeigen von Unterschieden zwischen zwei Strombegrenzungsverfahren
- Grenzen des Schrittmotors
- Komplexe Positionieraufgaben

# Servo- / BLDC-Motor

## Wirkungsweise – Lagerfassung – Regelung

Bürstenlose Gleichstrommotoren (BLDC) finden Einsatz in den verschiedensten Bereichen und Applikationen. BLDC-Motoren haben einen hohen Wirkungsgrad und arbeiten wie permanenterrregte Synchronmotoren.



**UniTrain**  
SYSTEM

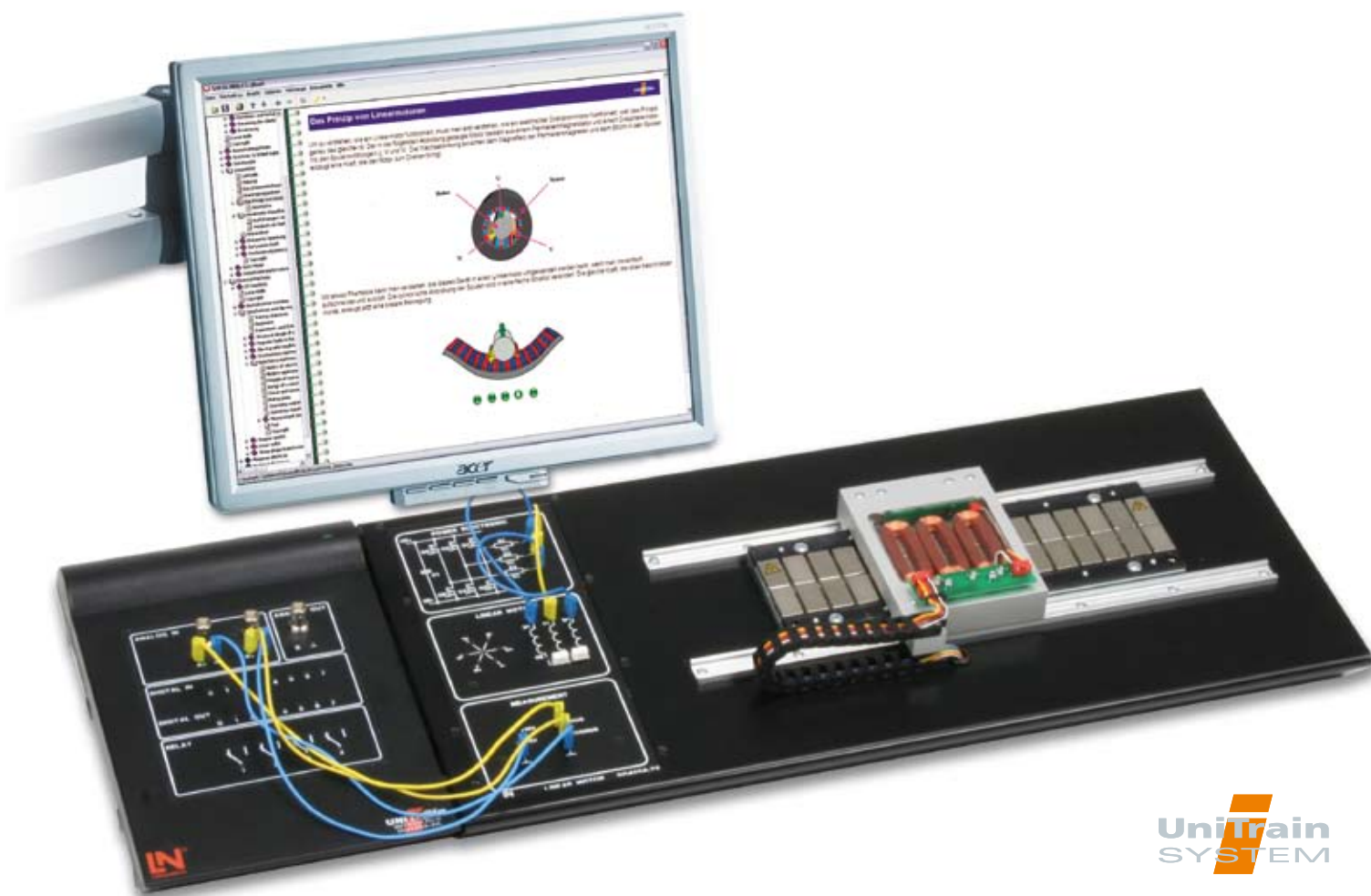
### Lerninhalte

- Aufbau und Funktion des Motors und der Ansteuerelektronik
- Untersuchung des Gebersystems
- Untersuchung der Bestromung des Motors
- Aufbau eines drehmoment- bzw. drehzahlgesteuerten Antriebs

# Linearmotor

## Funktion – Anwendungen – Positionieren

Linearmotoren sind bei jeder Anwendung, die eine Linearbewegung erfordert, sehr effektiv einzusetzen. Auch in modernen Automatisierungsanwendungen sind Linearmotoren nicht mehr wegzudenken.



**UniTrain**  
SYSTEM

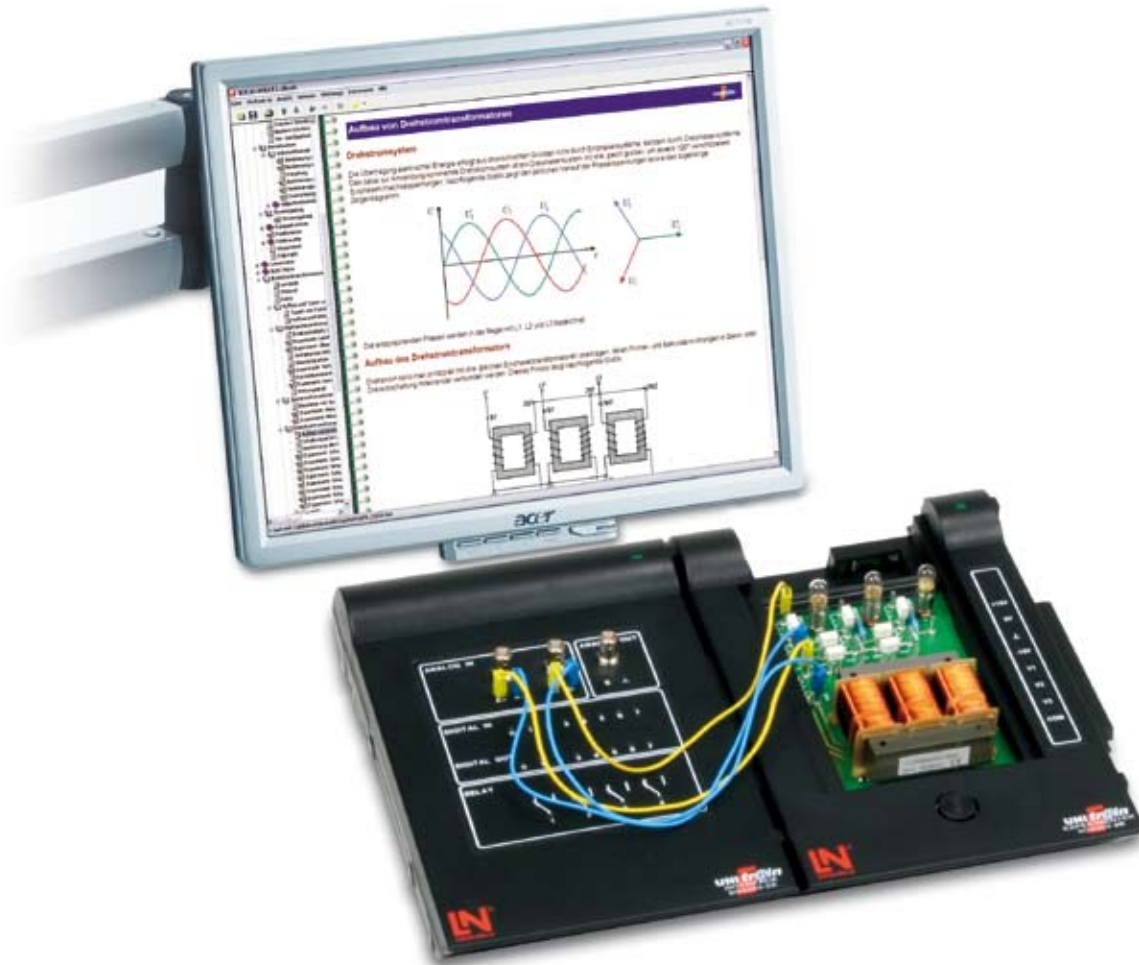
### Lerninhalte

- Aufbau, Funktionsweise und Betriebsverhalten von Linearmotoren
- Bedeutung der Begriffe „Lorenzkraft“ und „Induzierte Spannung“
- Einsatzbereiche von Linearmotoren
- Verschiedene Bauformen von Linearmotoren
- Bestimmung der Motorkonstante
- Positionieren mit Linearmotor
- Verfahren zur Positionsbestimmung (Encoder, Hall-Sensoren)
- Bestimmung der Position mit Hilfe analoger Hall-Sensoren

# Drehstrom-Transformator

## Bauformen – Anschlussarten – Lastverhalten

Transformatoren sind elektrische Maschinen zur Umsetzung von Wechsel- oder Drehströmen auf höhere oder niedrigere Spannungen. Drehstromtransformatoren sind insbesondere bei der Übertragung elektrischer Energie von großer Bedeutung.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Lerninhalte

- Kennenlernen von Transformatorprinzip und Ersatzschaltbild
- Aufnahme von Strom und Spannung mit und ohne Last
- Untersuchung des Übersetzungsverhältnisses
- Untersuchung von Lastfällen bei verschiedenen Schaltgruppen
- Untersuchung von unsymmetrischen Lasten an verschiedenen Schaltgruppen
- Bestimmung der Kurzschlussspannung

# Elektromagnetische Verträglichkeit

## Kopplungseffekt – Störfestigkeit – Normen

Aspekte der elektromagnetischen Verträglichkeit einer Schaltung spielen bei der Entwicklung und Fehleranalyse eine bedeutende Rolle. Dabei sind sowohl Kopplungseffekte innerhalb der Schaltung als auch Störungen von Bedeutung.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Lerninhalte

- Begriff der elektromagnetischen Verträglichkeit, EMV
- Beschreibung elektromagnetischer Kopplungseffekte
- Untersuchung der galvanischen, induktiven und kapazitiven Kopplung zwischen Leiterbahnen
- Maßnahmen zur Verbesserung der EMV-Eigenschaften einer Schaltung
- Maßnahmen zur Vergrößerung der Störfestigkeit einer Schaltung

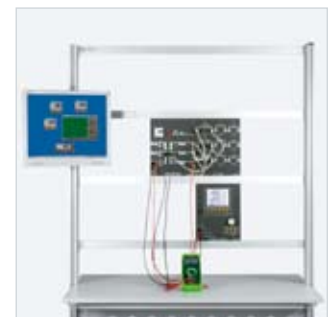
# Wickeln von Transformatoren

## Ein- und Dreiphasentransformatoren herstellen

Das Herstellen von Transformatoren steht im Mittelpunkt dieses Trainingssystems. Dabei werden praxisnah Aufbau und Wirkungsweise von Transformatoren vermittelt. Das Trainingssystem beinhaltet alle Komponenten und Werkzeuge, die für die Herstellung von Transformatoren notwendig sind. Die meisten Komponenten sind wiederverwendbar, so dass nach der Versuchsdurchführung der Transformator wieder zerlegt werden kann. In weiteren Versuchen kann das Betriebsverhalten der Transformatoren an unterschiedlichen Lasten untersucht werden.



Versuchsbeispiel: „Wickeln von Transformatoren EMW 10“



Gewickelter Transformator im Test

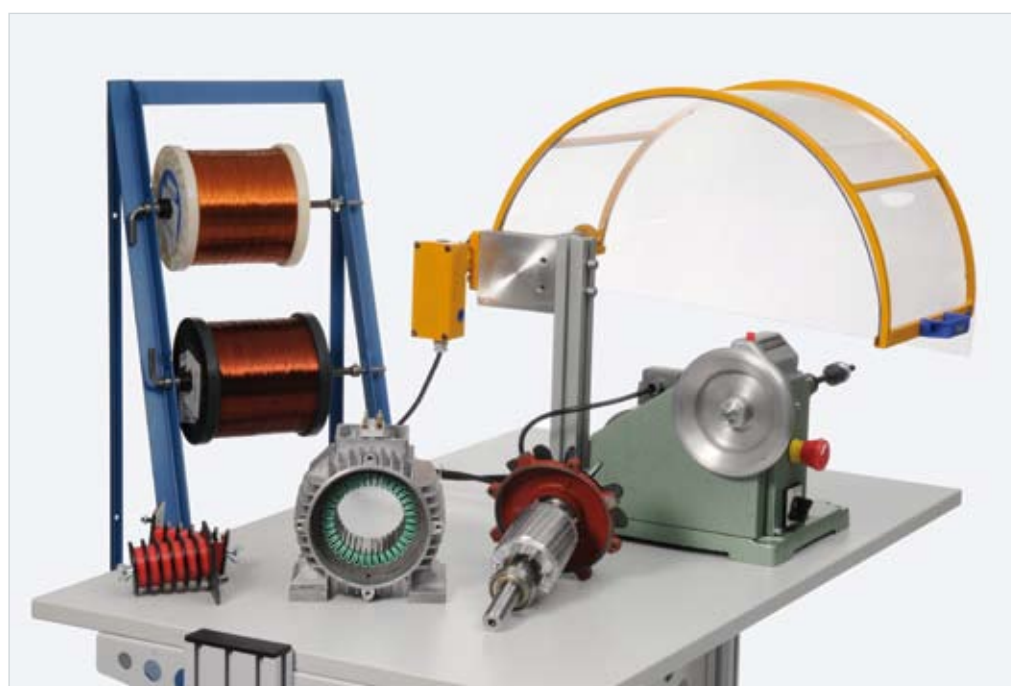
### Lerninhalte

- Aufbau und Funktion von Ein- und Dreiphasentransformatoren
- Berechnung der Wickeldaten
- Herstellung der Wicklungen
- Normgerechte Betriebsprüfung des Transformators
- Unterschiedliches Betriebsverhalten bei verschiedenen Lasten und Schaltgruppen

# Wickeln elektrischer Maschinen

## Herstellung eines Drehstrommotors mit Käfigläufer

Das Trainingssystem vermittelt das Wickeln eines Drehstrommotors mit Käfigläufer. Dabei werden Spulen gefertigt, diese in den Stator eingelegt und verschaltet. Es entsteht ein komplett funktionsfähiger Motor. Praxisnah lassen sich so Aufbau und Funktion eines Motors vermitteln. Das Trainingssystem beinhaltet alle Komponenten und Werkzeuge, die für die Herstellung des Drehstrom-Asynchronmotors notwendig sind. Die meisten Komponenten lassen sich nach der Versuchsdurchführung wiederverwenden. In weiteren Versuchen lassen sich die verschiedenen Betriebsverhalten mit Hilfe des Maschinenprüfstands untersuchen.



Versuchsbeispiel: „Wickeln Drehstrom-Asynchronmotor mit Käfigläufer EMW 20“



Gewickelter Motor im Test

### Lerninhalte

- Elektrischer und mechanischer Aufbau des Motors
- Bestimmung der Wickeldaten
- Herstellung der Wicklungen
- Einlegen und Verdrahten der Wicklungen
- Normgerechte Betriebsprüfung des Motors
- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens

# Gleichstrommaschinen

## Nebenschlussmaschine – Reihenschlussmaschine – Doppelschlussmaschine

Gleichstrommaschinen bilden nach wie vor die Grundlage bei der Ausbildung im Bereich elektrischer Maschinen. Sie zeigen in einfacher Weise die Steuer- und Regelmöglichkeiten.



Versuchsbeispiel „Gleichstrommaschinen EEM 2“

### Lerninhalte

#### Motorbetrieb:

- Anschluss des Motors
- Vergleich der verschiedenen Maschinentypen
- Typische Maschinendaten und -kennlinien
- Drehzahlsteuerung mit Anlasser und Feldsteller
- Änderung der Drehrichtung

#### Generatorbetrieb:

- Anschluss des Generators
- Ankerspannung in Abhängigkeit vom Erregerstrom
- Funktion und Einsatz des Feldstellers
- Spannungssteuerung selbst- und fremderregt
- Belastungsdiagramm des Generators

# Wechselstrommaschinen

## Universalmotor

Universalmotoren gehören zu den Stromwendermaschinen und dienen den meisten Elektrowerkzeugen und Haushaltsgeräten als Antrieb. Man findet sie bis zu einer Leistung von etwa 2 kW. Durch die einfache Steuerbarkeit der Drehzahl ist der Anteil der Universalmotoren bei den Wechselstrommaschinen beträchtlich.



Versuchsbeispiel „Universalmotor EEM 3.1“

### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Änderung der Drehrichtung
- Betrieb mit Wechsel- und Gleichspannung
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Betrieb mit verschiedenen Lastmaschinen wie z.B. Lüfter

# Wechselstrommaschinen

## Einphasenmotor mit Bifilar-Anlaufwicklung

Einphasenmotoren mit Bifilar-Anlaufwicklung gehören zu den Asynchronmaschinen. Neben einer Hauptwicklung haben sie eine Anlaufwicklung mit hohem Innenwiderstand, die zum Teil bifilar und daher magnetisch nicht wirksam ausgeführt ist. Sie wird nach dem Anlauf abgeschaltet. Die Motoren beinhalten keine verschleißbehafteten Teile wie Kollektor oder Schleifringe und arbeiten mit einer festen, nahezu synchronen Drehzahl. Der Leistungsbereich reicht bis etwa 2 kW.



Versuchsbeispiel „Einphasenmotor mit Bifilar-Anlaufwicklung EEM 3.3“

### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Änderung der Drehrichtung
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Betrieb an verschiedenen Lastmaschinen wie z.B. Lüfter

## Einphasenmotor mit Betriebs- und Anlaufkondensator

Einphasenmotoren mit Betriebs- und Anlaufkondensator gehören zu den Asynchronmaschinen. Neben einer Hauptwicklung haben sie eine Hilfswicklung mit in Reihe geschaltetem Kondensator. Die Motoren beinhalten keine verschleißbehafteten Teile wie Kollektor oder Schleifringe und arbeiten mit einer festen, nahezu synchronen Drehzahl. Der Leistungsbereich reicht bis etwa 2 kW. Sowohl Haushaltsgeräte, Kühlschränke als auch kleine Antriebe in Produktionsmaschinen werden mit Kondensatormotoren angetrieben.



Versuchsbeispiel „Einphasenmotor mit Betriebs- und Hilfskondensator EEM 3.4“

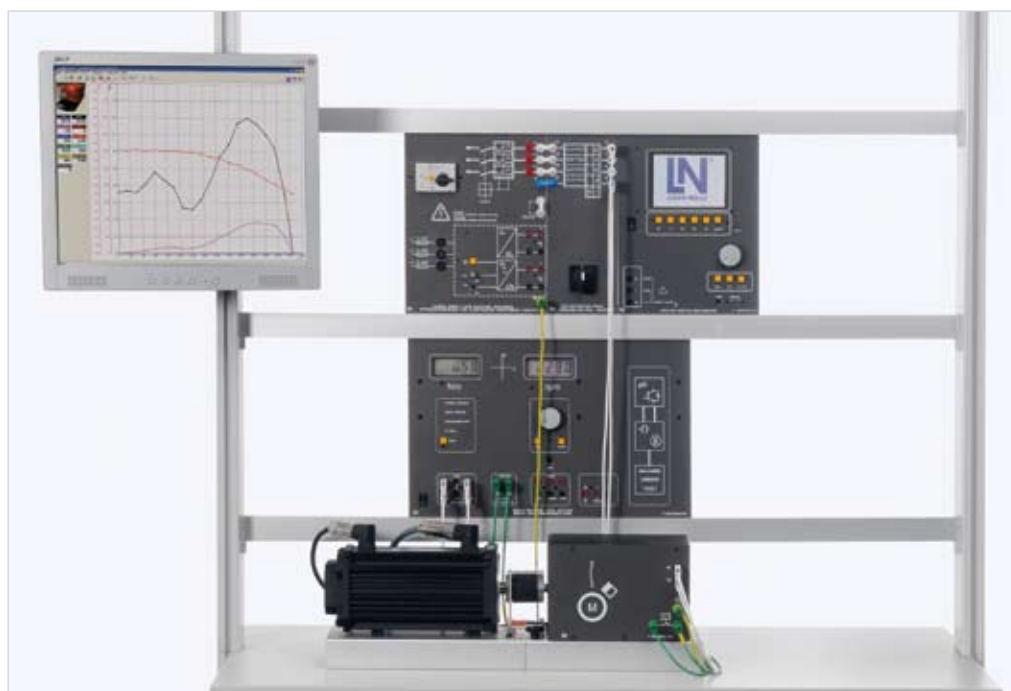
### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Änderung der Drehrichtung
- Betrieb mit und ohne Anlaufkondensator
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Anlauf mit und ohne Anlaufkondensator
- Untersuchung des Stromrelais

# Wechselstrommaschinen

## Spaltpolmotor

Spaltpolmotoren zeichnen sich durch ihre Wartungsfreiheit sowie durch die kostengünstige Herstellung aus. Spaltpolmotoren werden gezielt für bestimmte Einsätze in Großserien zum Beispiel als Lüftermotor oder Laugenpumpe konstruiert. Der Leistungsbereich erstreckt sich von wenigen Watt bis zu einer Leistung von etwa 150 W.



Versuchsbeispiel „Spaltpolmotor EEM 3.5“

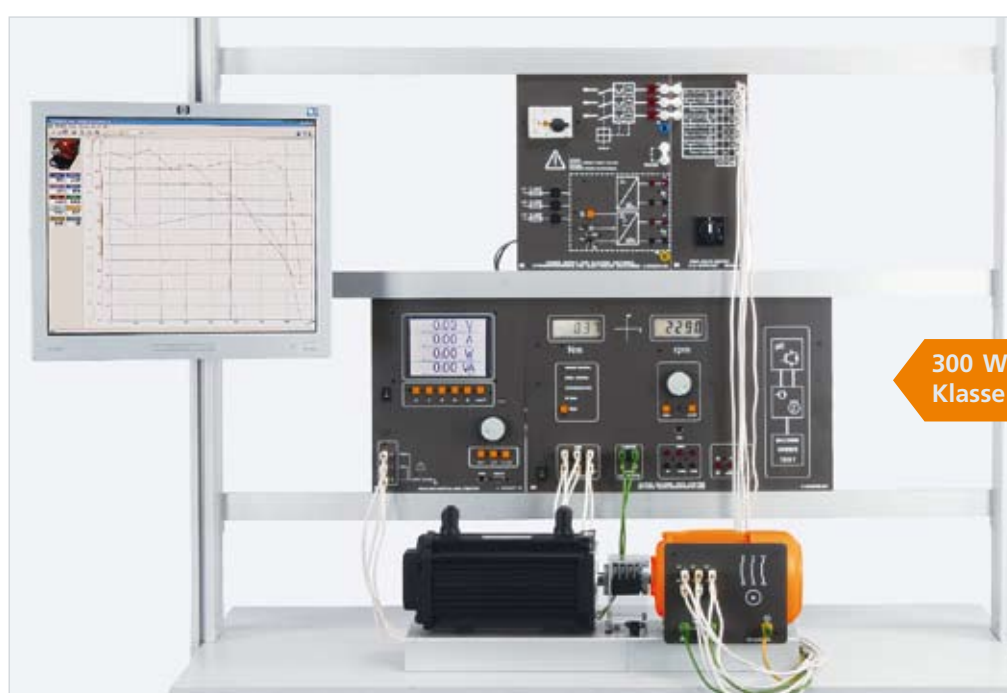
### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Betrieb an verschiedenen Lastmaschinen wie z.B. Lüfter

# Drehstrom-Asynchronmaschinen

## Drehstrommotor mit Käfigläufer

Drehstrommotoren mit Käfigläufer sind die am häufigsten eingesetzten Industriemotoren. Die wartungsfreien und robusten Motoren lassen sich kostengünstig herstellen. Man findet diese Motoren von kleinen Leistungen im Wattbereich bis hin zu Leistungen von mehreren Megawatt. Durch den Einsatz moderner Frequenzumrichter lassen sich diese Motoren nahezu verlustfrei in der Drehzahl variieren, so dass sich immer neue Einsatzgebiete für diese Motoren finden.



Versuchsbeispiel „Drehstrommotor mit Käfigläufer EEM 4.1“

### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Betrieb in Stern- und Dreieckschaltung
- Einsatz eines Stern-Dreieck-Schalters
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Betrieb an verschiedenen Lastmaschinen wie z.B. Lüfter, Hebezeug

# Drehstrom-Asynchronmaschinen

## Drehstrommotor polumschaltbar nach Dahlander

Der Drehstrommotor mit Dahlanderschaltung ermöglicht durch die spezielle Wicklung den Drehstrommotor mit Käfigläufer mit zwei Drehzahlen zu betreiben. Das Verhältnis der Drehzahlen beträgt bei dieser Schaltung 2:1. Mit diesem Motortyp lassen sich einfach Antriebe mit zwei Drehzahlen aufbauen, zum Beispiel ein zweistufiger Lüfterantrieb.



Versuchsbeispiel „Drehstrommotor polumschaltbar nach Dahlander EEM 4.2“

### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Betrieb mit hoher und niedriger Drehzahl
- Einsatz eines Polumschalters
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Betrieb an verschiedenen Lastmaschinen wie z.B. Lüfter, Hebezeug

## Drehstrommotor polumschaltbar – zwei getrennte Wicklungen

Das System besteht aus zwei Drehstrommotoren in einem Gehäuse mit getrennten Wicklungen. Da beide Wicklungen getrennt voneinander arbeiten, lassen sich verschiedene ganzzahlige Verhältnisse zwischen den Drehzahlen herstellen. Eingesetzt wird der Motor bei einfachen Anwendungen immer dort, wo das Drehzahlverhältnis zwischen langsamer und schneller Drehzahl größer als zwei ist, zum Beispiel bei Krananwendungen mit Schleichgang und hoher Drehzahl.



Versuchsbeispiel „Drehstrommotor polumschaltbar zwei getrennte Wicklungen EEM 4.3“

### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Betrieb mit hoher und niedriger Drehzahl
- Einsatz eines Polumschalters
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Betrieb an verschiedenen Lastmaschinen wie z.B. Lüfter, Hebezeug

# Drehstrom-Asynchronmaschinen

## Drehstrommotor mit Schleifringen

Im Gegensatz zu den Käfigläufern besitzen Schleifringläufer einen Rotor mit gewickelten Spulen. Über Schleifringe lassen sich diese an Widerstände oder Stromrichter anschließen. Diese Anschlüsse ermöglichen die Verstellung der Drehzahl.



Versuchsbeispiel „Drehstrommotor mit Schleifringen EEM 4.4“

### Lerninhalte

- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Drehzahlverstellung durch Änderung des Läuferwiderstands
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens
- Betrieb an verschiedenen Lastmaschinen wie z.B. Lüfter, Hebezeug

## Systematische Fehlersuche an Drehstrom-Asynchronmaschinen

Der Fehlersimulator lässt sich einfach auf einem Drehstrom-Asynchronmotor aufstecken. Durch abschließbare Fehlerschalter lassen sich verschiedenste praxisrelevante Fehler aktivieren. Diese können mit industrietypischen Messgeräten gefunden und analysiert werden. Aus den Messergebnissen lassen sich Reparaturansätze erarbeiten. Alle Messungen werden im stromlosen Zustand vorgenommen.



Versuchsbeispiel „Schutz elektrischer Maschinen EEM 4.5“



Offener Fehlersimulator

### Lerninhalte

- Wicklungsunterbrechungen in Spulen
- Isolationsfehler Wicklung gegen Wicklung
- Isolationsfehler Wicklung gegen Gehäuse
- Kombinationen verschiedener Fehler
- Fehlerbetrachtung und praktische Reparaturhinweise
- Umgang mit Isolationsmessern

# Drehstrom-Asynchronmaschinen

## Schutz elektrischer Maschinen

Käfigläufermotoren sind für einen gleichbleibenden Lastzustand konzipiert. Änderungen des Lastzustandes, aber auch hohe Anlaufströme führen zu unzulässiger Erwärmung des Motors. Sensoren überwachen die Temperatur und die Stromaufnahme des Motors. Sie aktivieren Schutzvorrichtungen wie Motorschutzschalter, Motorschutzrelais oder Thermistorrelais.



Versuchsbeispiel „Schutz elektrischer Maschinen EEM 4.6“

### Lerninhalte

- Auswahl, Installation und Einstellen verschiedener Motorschutzsysteme
- Motorschutzschalter
- Motorschutzrelais
- Thermistorschutz
- Einfluss verschiedener Betriebsarten auf die Erwärmung des Motors
- Auslöse-Charakteristiken der Schutzsysteme
- Schutz vor unzulässigen Belastzuständen

## Handbetätigtes Schalten im Drehstromkreis

Die Entwicklung von Schaltungen sowie die richtige Auswahl von Schaltelementen und Geräten stehen im Mittelpunkt dieses Ausbildungsabschnitts. Mehrpolige Motoren können im Drehstromkreis bis zu einer bestimmten Leistungsklasse direkt geschaltet werden. Dazu gibt es passende Schaltgeräte für jeden Anwendungszweck.



Versuchsbeispiel „Handbetätigtes Schalten im Drehstromkreis EST 1“

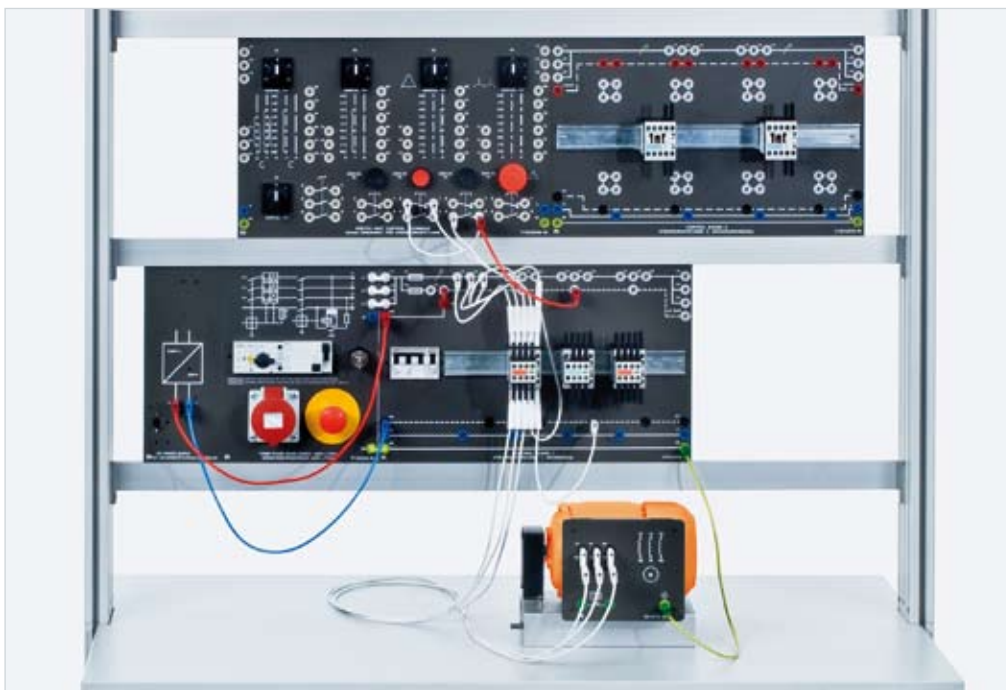
### Lerninhalte

- Handbetätigtes Schalten im Drehstromkreis
- Schützsicherungen im Drehstromkreis
- Ausschaltung eines Drehstrom-Induktionsmotors mit Käfigläufer
- Stern-Dreieck-Schaltung eines Drehstrom-Induktionsmotors mit Käfigläufer
- Stern-Dreieck-Wendesaltung eines Drehstrom-Induktionsmotors mit Käfigläufer
- Polumschaltung mit Drehstrom-Induktionsmotor nach Dahlander
- Polumschaltung mit Drehstrom-Induktionsmotor mit zwei getrennten Wicklungen

# Drehstrom-Asynchronmaschinen

## Schützsaltungen im Drehstromkreis

Ab einer bestimmten Leistungsklasse ist ein direktes Schalten von Drehstrommaschinen nicht mehr möglich. Deshalb werden diese indirekt über Schützsaltungen verschiedenster Art geschaltet. Die Entwicklung der Steuerung und der Aufbau mit Funktionskontrolle bilden den Ausbildungsschwerpunkt. Mit den Erweiterungsausstattungen können zusätzliche umfangreichere Steuerungsaufgaben bearbeitet werden. Die Maschinenausstattung enthält alle notwendigen Motoren und Geräte, um die Schaltungen zum direkten und indirekten Steuern von Motoren im Drehstromkreis zu testen.



Versuchsbeispiel „Schützsaltungen im Drehstromkreis EST 2“



Industrielle Schützsaltungen

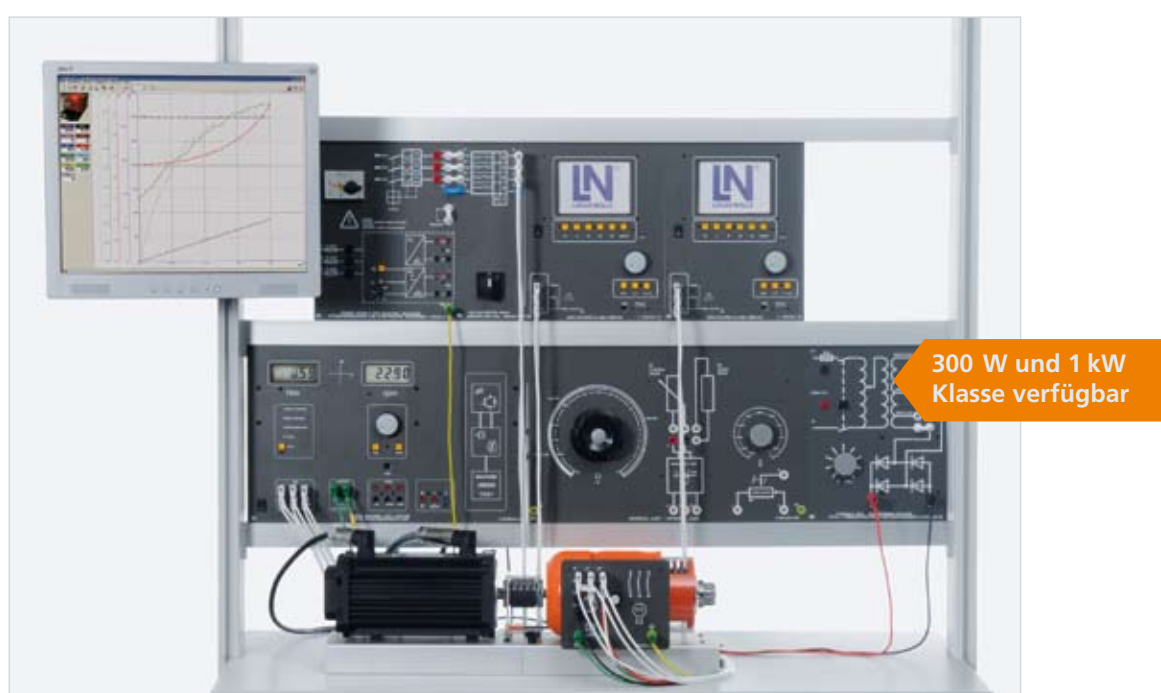
### Lerninhalte

- Einstellen des Motorschutzrelais nach dem Motorleistungsschild
- Schutz-, Sicherheits- und Abschaltfunktionen
- Projektierung, Konstruktion und Inbetriebnahme komplexer Steuerungen
- Funktionsprüfung und Fehlersuche
- Programmierbare Kleinststeuerungen
- Stern-Dreieck-Schaltungen
- Wendeschützsteuerung mit Verriegelungen
- Drehstrommotoren anschließen
- Erstellung des Stromlaufplanes

# Drehstrom-Synchronmaschinen

## Synchronmotor und Synchrongenerator

Synchronmaschinen werden vor allem als Generatoren in der Energieversorgung eingesetzt. Dabei reichen ihre Leistungen bis etwa 2000 MVA. Weitere Anwendungsgebiete sind Großantriebe für Zementmühlen und Förderanlagen mit Leistungen im Megawattbereich. Hochdynamische Servos mit permanent erregtem Läufer komplettieren die Bandbreite an Synchronmaschinen. Im Gegensatz zur Asynchronmaschine folgt hier der Läufer dem drehenden Feld synchron.



Versuchsbeispiel „Synchronmaschinen EEM 5.1“

### Lerninhalte

#### Motorbetrieb:

- Anschluss des Motors
- Anlassen
- Phasenschieberbetrieb
- Belastungskennlinien im Motorbetrieb
- V-Kennlinien
- Stabilitätsgrenze
- Unter- und Übererregung

#### Generatorbetrieb:

- Anschluss des Generators
- Spannungseinstellung über den Erregerstrom
- Belastungskennlinien im Generatorbetrieb

# Drehstrom-Synchronmaschinen

## Manuelle Netzsynchrosynchronisation

Bei der Netzsynchrosynchronisation wird der unbelastete Generator ans Netz geschaltet. Spannung, Frequenz und Phasenlage müssen mit dem Netz übereinstimmen. Zur Messung dieser Größen werden unterschiedliche Messgeräte eingesetzt. Die Einstellung der Größen erfolgt über die Generatordrehzahl und die Erregung des Generators.



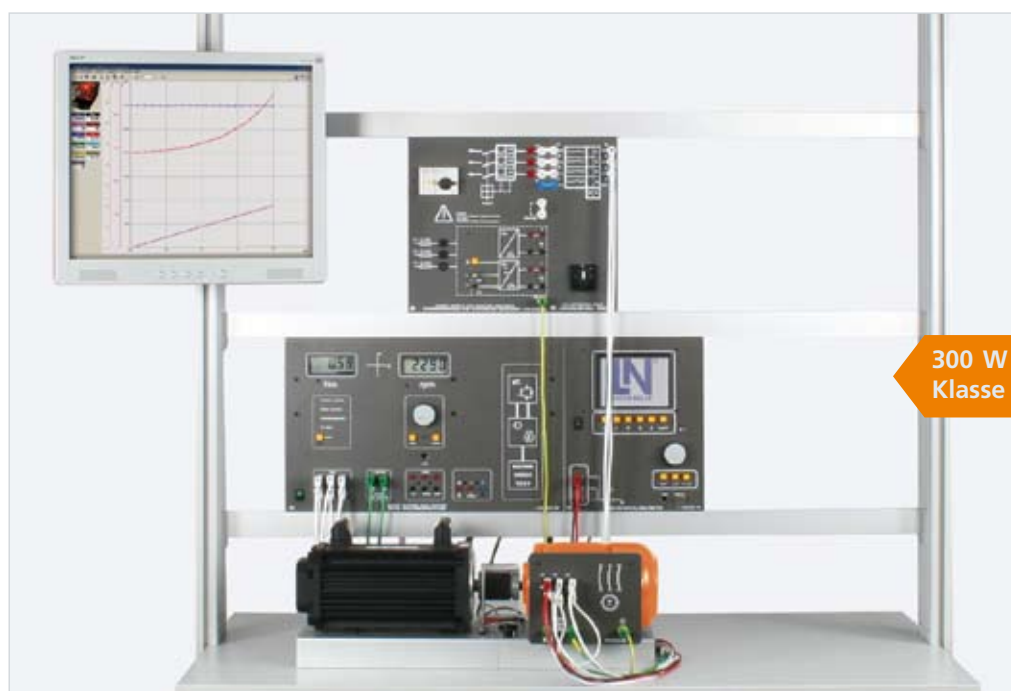
Versuchsbeispiel „Synchronmaschinen EEM 5.2“

### Lerninhalte

- Manuelle Netzsynchrosynchronisation mit Hilfe der Hell-, Dunkel- und Umlaufschaltung
- Netzsynchrosynchronisation mit Einsatz von Doppelfrequenzmesser, Doppelspannungsmesser, Synchronoskop und Nullspannungsmesser
- Einfluss der Generatordrehzahl
- Einfluss der Generatorerregung
- Einstellen des Energieflusses mit Hilfe des Antriebs

## Reluktanzmaschine

Reluktanzmotoren stellen eine Mischung aus Asynchron- und Synchronmotor dar. Durch die spezielle Bauform des Rotors mit ausgeprägten Polen kann der Motor wie ein Asynchronmotor anlaufen. Ab einer bestimmten Drehzahl folgt er dann dem Statorfeld synchron. Reluktanzmaschinen werden z.B. in der Textilindustrie zum synchronen Abspulen von Garn benutzt. Dabei werden mehrere Motoren von einem Frequenzumrichter angesteuert.



„Reluktanzmaschinen EEM 5.3“

### Lerninhalte

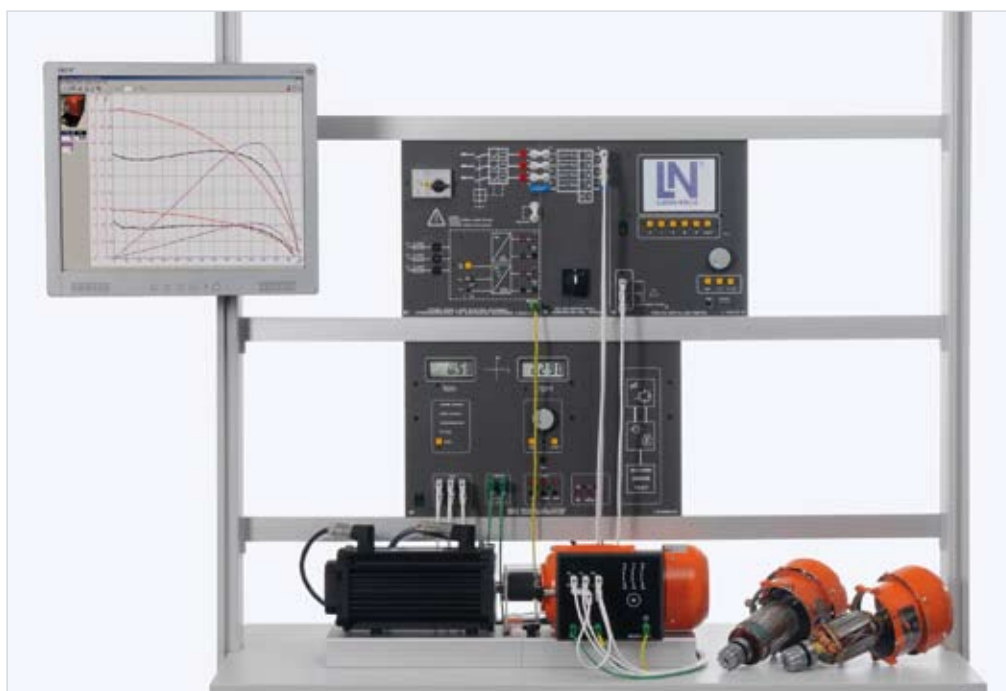
- Anschließen, Verschalten und in Betrieb nehmen
- Änderung der Drehrichtung
- Aufnahme des Drehzahl-Drehmomentverhaltens

# Drehstrommaschinen

## Zerlegbarer Drehstrommaschinensatz

Dieses Lehrsystem besteht aus einem einheitlichen Stator für alle Maschinentypen und einen Satz auswechselbarer Rotoren. Durch den zerlegbaren Aufbau eignet sich der Satz besonders zur Grundlagenvermittlung, da der konstruktive Aufbau und die Unterschiede zwischen den verschiedenen Maschinen untersucht werden können.

Im Unterschied zu herkömmlichen Schnittmodellen sind die Maschinen voll funktionsfähig und lassen sich mit dem Maschinenprüfsystem koppeln.



Zerlegbarer Drehstrommaschinensatz EEM 10



Offener Stator  
mit unterschiedlichen Rotoren

### Lerninhalte

Aufbau und Unterschiede von Drehstrommaschinen sowie Anschluss, Inbetriebnahme und Kennlinienaufnahme von:

- Kurzschlussläufern
- Synchronmaschinen
- Schleifringläufern
- Reluktanzmaschinen

# Transformatoren

## Ein- und Dreiphasentransformatoren

Transformatoren ermöglichen die Wandlung von Strom und Spannung. Diese auch als ruhende elektrische Maschine bezeichneten Geräte werden in der Energiewirtschaft zur Anpassung an verschiedene Spannungsniveaus verwendet. Die Leistungen gehen in den Bereich bis über 1000 MVA. Kleine Transformatoren findet man überall in der Industrie und im Konsumgüterbereich. Die Leistungen reichen von kleinsten Baugrößen bis hin zu Transformatoren zur Versorgung ganzer Anlagen.



Versuchsbeispiel „Ein- und Dreiphasentransformatoren ENT 5“

### Lerninhalte

- Trenn- und Spartransformator
- Ersatzschaltbilder
- Übersetzungsverhältnisse
- Leerlauf- und Kurzschlussversuche
- Schaltgruppen bei Drehstromtransformatoren
- Aufbau und Funktion von Transformatoren
- Einphasentransformator
- Dreiphasentransformator

# Leistungselektronik und didaktische Antriebe

## Elektrische Maschinen verlustfrei steuern

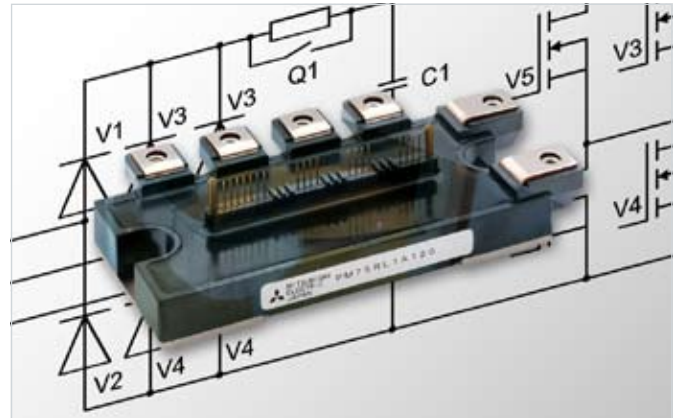
Leistungselektronik ist die Technik des Schaltens und Umformens elektrischer Energie mit großer Leistung. Dazu werden heute Leistungshalbleiter wie Dioden, Thyristoren und IGBTs verwendet. Hauptanwendungsgebiet der Leistungselektronik ist die Antriebstechnik.

Die Trainingssysteme vermitteln die technischen Zusammenhänge beginnend bei der Stromrichtertechnik bis hin zu geregelten Antrieben. Die konsequente Unterstützung durch Software ermöglicht die schnelle Inbetriebnahme der Versuche und sichert damit den Lernerfolg.



### Leistungshalbleiter

Die rasante Entwicklung bei den Leistungshalbleitern ermöglicht immer neue Einsatzgebiete und Verbesserungen elektrischer Antriebe. Neuerungen sind: Reduzierung der Verlustleistung, Betrieb mit höheren Frequenzen und „Intelligente Powermodule“. Diese Module enthalten neben den Leistungshalbleitern auch die Ansteuereinheit und Schutzschaltungen gegen unzulässige Ströme und Übertemperatur.



Quelle: Mitsubishi Electric B.V.

### Regelung von Maschinen

In vielen Fertigungsprozessen werden drehzahlgeregelte Antriebe oder Positionierantriebe eingesetzt. Neben der Maschine und der Leistungselektronik hat die Regelung einen hohen Einfluss auf das Verhalten des Antriebs. Aufgabe der Techniker ist es, das Regelverhalten an den Fertigungsprozess anzupassen.



### Trainingssysteme

Unsere Trainingssysteme decken folgende Themen ab:

- Netzgeführte Stromrichter
- Selbstgeführte Stromrichter
- Geregelte Gleichstrom-Antriebe
- Frequenzumrichter-Antriebe



# Netzgeführte Stromrichter

## Ungesteuerte Gleichrichter – Gesteuerte Gleichrichter – Wechsel-, Drehstromsteller

Leistungselektronik hat einen festen Platz im heutigen Leben. So wären z. B. dimmbare Halogenbeleuchtungen, drehzahlvariable Bohrmaschinen oder elektrisches Heizen ohne Leistungselektronik nicht möglich. Verwendung finden Leistungshalbleiter wie Dioden, Thyristoren und Leistungstransistoren.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Lerninhalte

- Aufbau und Funktionsweise von ein- und dreiphasigen Gleichrichtern
- Betriebskennlinien von ungesteuerten, halbgesteuerten und vollgesteuerten Stromrichterschaltungen
- Leistungshalbleiter und ihre Ansteuerung
- Messtechnische Größen der Leistungselektronik
- Messung und Analyse von Leistungen der Stromrichterschaltungen
- Analyse von Strom, Spannung und Leistung mittels Oberwellen-Analyse (FFT)

# Selbstgeführte Stromrichter

## PWM – 4-Quadranten-Steller – Wechselrichter

Die Anzahl drehzahlvariabler Antriebe in modernen Maschinen steigt stetig. Der Grund hierfür sind die gestiegenen Anforderungen sowie der Einzug moderner, preiswerter Umrichter. Diese Umrichter arbeiten heute mit PWM-Technik.



**UniTrain**  
SYSTEM

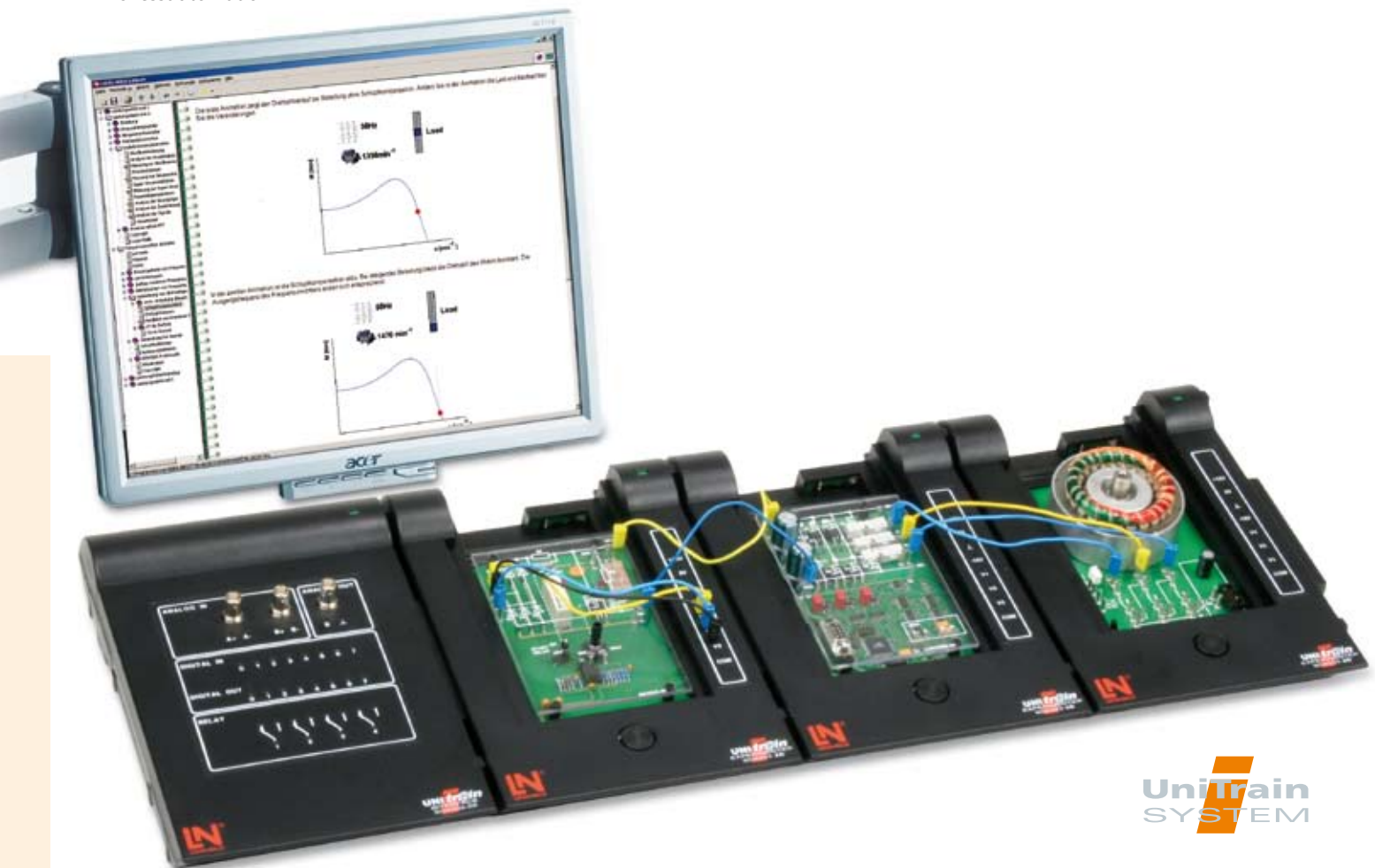
### Lerninhalte

- PWM zur Erzeugung variabler Gleich- und Wechselspannung
- Aufnahme der Steuer- und Betriebskennlinien
- Aufbau und Funktionsweise von Drehstrom-Wechselrichtern
- Blockkommutierung, Sinus-, Super-Sinus- und Raumzeigermodulation zur Erzeugung von spannungs- und frequenzvariablen Spannungen
- Messtechnische Analyse der verschiedenen Modulationsverfahren anhand von Signalverlaufsmessungen und Oberwellen-Analyse (FFT)

# Frequenzumrichter-Antriebe

## Einspeisung – Zwischenkreis – Wechselrichter – Drehzahlverstellung

Frequenzumrichter ermöglichen die verlustarme, stufenlose Drehzahlverstellung von Drehstrom-Asynchronmotoren. Neben der reinen Motorsteuerung und den Motorschutzfunktionen übernehmen moderne Frequenzumrichter heute auch noch einen Teil der Prozessautomation.



**UniTrain**  
SYSTEM

### Lerninhalte

- Aufbau moderner Frequenzumrichter
- Erzeugung der Zwischenkreisspannung
- Aufnahme von U/f-Kennlinien
- Aufbau und Funktionsweise von Brems-Choppern
- Optimierung von drehzahlgesteuerten Antrieben
- Kennenlernen der „87-Hz-Technik“
- Aufnahme und Analyse von Strömen, Spannungen und Leistungen

# PFC-Leistungsfaktorkorrektur

## Aktive PFC-Regelung – Oberwellenanalyse

Heute ist jedes in Computern verbaute Netzteil mit einer Leistungsfaktorkorrektur (PFC – Power-Factor-Correction) ausgestattet. Grund für die häufige Verwendung ist eine europaweite Norm, die besagt, dass Verbraucher ab einer bestimmten Leistung den Strom linear zum Spannungsverlauf aus dem Netz entnehmen müssen.



**UniTrain**  
SYSTEM

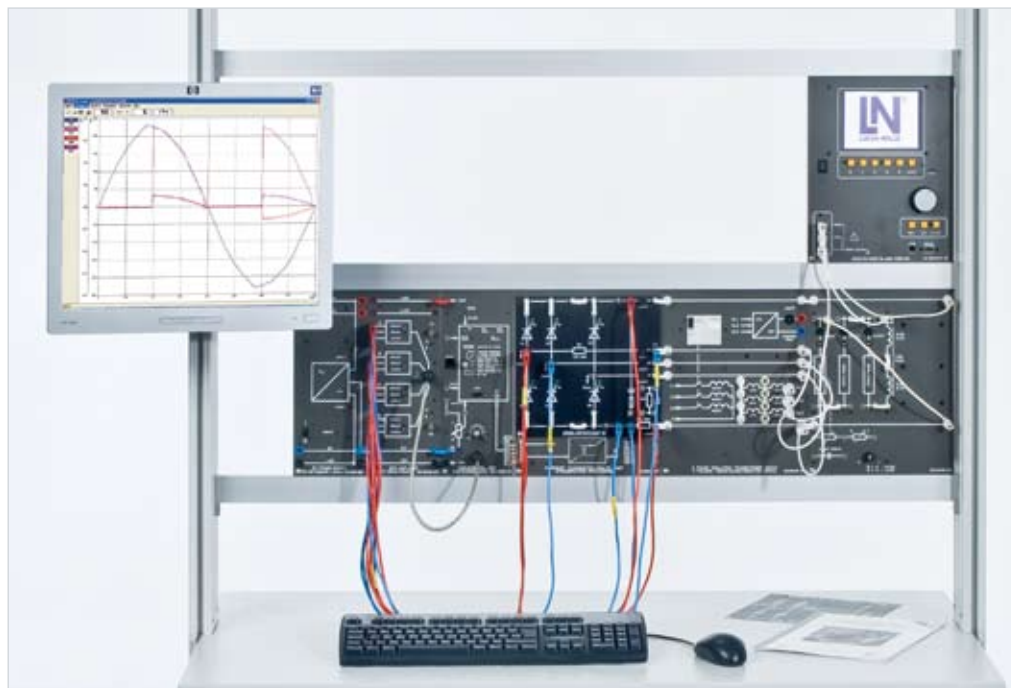
### Lerninhalte

- Aktive und passive Leistungsfaktorkorrektur
- Aufbau und Funktionsweise einer aktiven Leistungsfaktorkorrekturschaltung
- Einsatzgebiete der Leistungsfaktorkorrektur
- Vergleich mit konventionellen Brückengleichrichterschaltungen
- Aufnahme und Analyse von Strömen, Spannungen und Leistungen (auch mittels FFT)

# Netzgeführte Stromrichter

## Diode – Thyristor – Triac

Netzgeführte Stromrichter ermöglichen, Energie aus einem Wechsel- oder Drehstromnetz in einen Gleichstromkreis zu überführen. Sie lassen sich steuerbar mit Thyristoren und Triacs oder nicht steuerbar mit Dioden ausführen.



Versuchsbeispiel „Netzgeführte Stromrichter EPE 10“

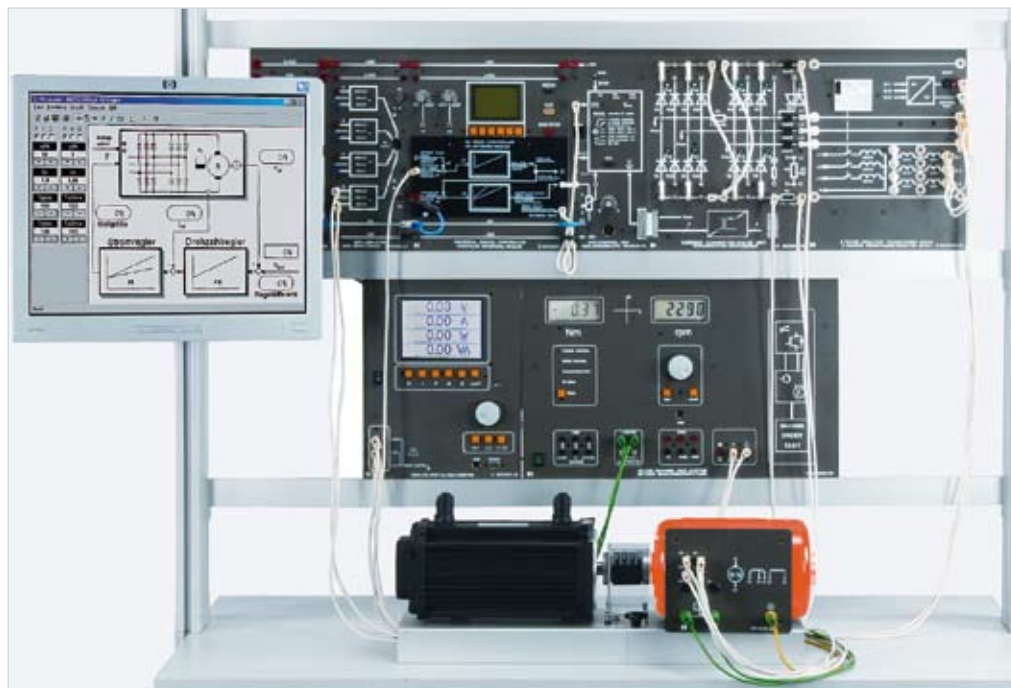
### Lerninhalte

- Grundlagen Diode, Thyristor, Triac
- Steuerprinzipien: Phasenanschnitt, Vollwellensteuerung, Schwingungspaketsteuerung, Pulsmustersteuerung, Gleichrichterbetrieb, Wechselrichterbetrieb
- Stromrichterschaltungen: M1, M2, M3, B2, B6, M1C, M2C, M3C, B2C, B6C, B2HA, B2HK, B2HZ, B6C, B6HA, B6HK, W1C, W3C
- Ohmsche, kapazitive und induktive Belastung
- Steuerkennlinien und Betriebsdiagramme
- Frequenzanalyse und Oberwellenbetrachtung

# Drehzahlregelung eines DC-Motors mittels Stromrichterschaltung

## Motor – Leistungselektronik – Regelung

Geregelte Gleichstromantriebe zeichnen sich durch eine sehr gute Regelbarkeit von Drehzahl und Drehmoment und eine hohe Dynamik aus. Bei großen Antriebsleistungen greift man bei den Leistungshalbleitern auf netzgeführte Stromrichter mit Thyristoren zurück. Diese zeichnen sich durch geringe Verluste aus und sind besonders überlastfähig.



Versuchsbeispiel „Drehzahlregelung eines DC-Motors mittels Stromrichterschaltung EPE 11“

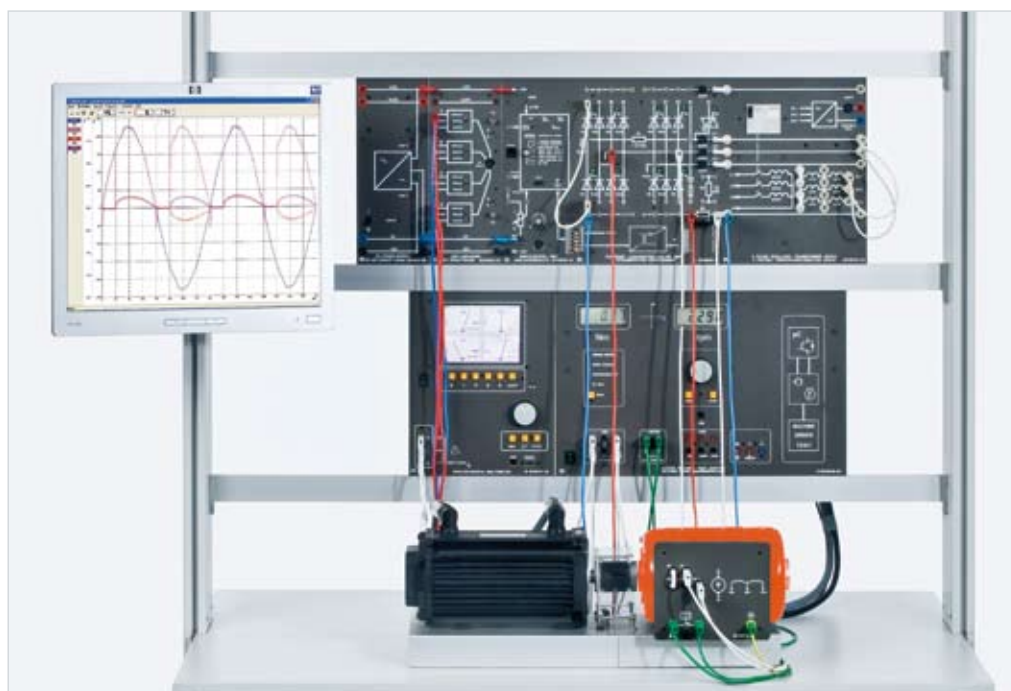
### Lerninhalte

- Drehzahlregelung im 1- und 4-Quadrantenbetrieb mit und ohne unterlagerter Stromregelung
- Energierückspeisung
- Drehzahlregelung, Stromregelung, Kaskadenregelung, adaptive Regelung
- Computerunterstützte Strecken- und Regleranalyse, Parametrierung
- P-, PI-, PID-Drehzahlregelung
- Optimierung der Regelkreise

# Drehzahlsteuerung eines Universalmotors

## Einfaches Verstellen der Drehzahl

Viele tragbare Geräte in Haushalt und Gewerbe werden heute mit drehzahlvariablen Antrieben ausgestattet. Beispiele sind die elektronische Bohrmaschine oder Staubsauger mit variabler Saugleistung. Der Einsatz eines Universalmotors mit einer Phasenanschnittsteuerung bietet eine preiswerte Möglichkeit der Drehzahlverstellung oder Drehzahlregelung.



Versuchsbeispiel „Drehzahlsteuerung eines Universalmotors EPE 16“

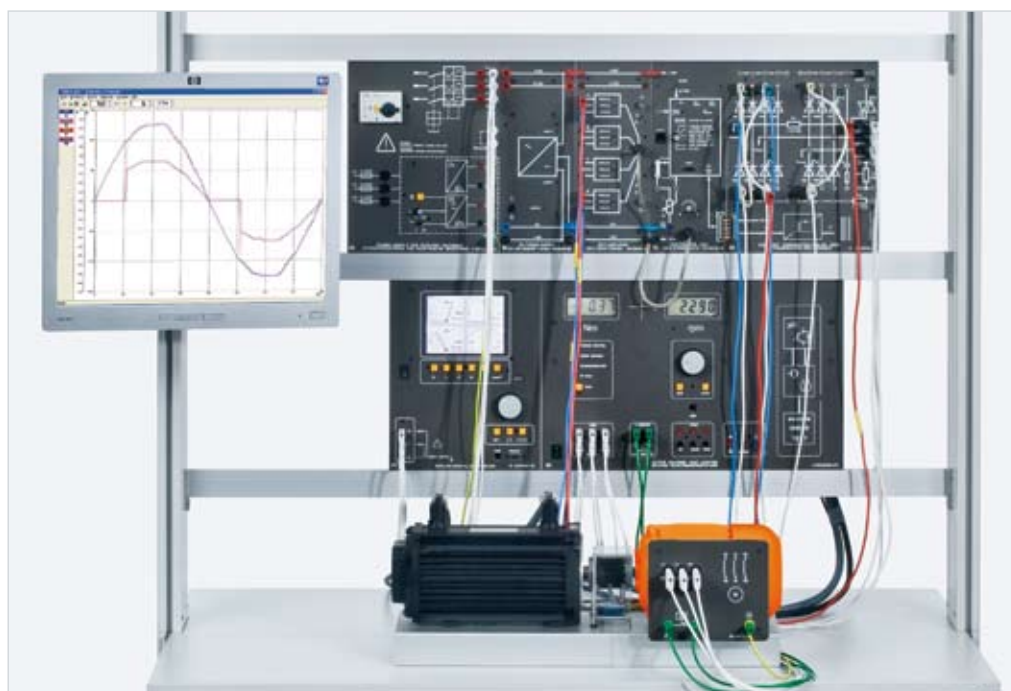
### Lerninhalte

- Drehzahlsteuerung mit Einphasen-Wechselwegschaltung
- Einfachzündung, Multipulszündung, Steuerbereich
- Spannungs-, Strom-, Leistungskennlinien
- Analyse des Grund- und Oberschwingungsspektrums

# Drehzahlsteuerung eines Drehstrommotors

## Schlupfsteuerung – Sanftanlauf

In der Industrie sind Drehstrom-Asynchronmotoren mit Käfigläufer die am häufigsten vorkommenden Maschinen. Frequenzumrichter ermöglichen eine Drehzahlsteuerung der Maschinen. Eine Alternative bietet die Schlupfsteuerung mittels Phasenanschnitt. Häufig wird diese Art der Ansteuerung bei sogenannten Sanftanlaufgeräten verwendet. Im Anlauf wird hier die effektive Spannung durch Phasenanschnitt herabgesetzt, so dass der Motor ohne hohe Einschaltströme ans Netz geschaltet werden kann. Sanftanlaufgeräte ersetzen heute in der Regel den Stern-Dreieck-Anlauf.



Versuchsbeispiel „Drehzahlsteuerung eines Drehstrommotors EPE 17“

### Lerninhalte

- Drehzahlsteuerung mit Dreiphasen-Wechselwegschaltung
- Einfachzündung, Multipulszündung, Steuerbereich
- Elektronischer Sanftanlauf und Schlupfsteuerung
- Spannungs-, Strom-, Leistungskennlinien
- Analyse des Grund- und Oberschwingungsspektrums

# Selbstgeführte Stromrichter

## IGBT – PWM-Steller – Wechselrichter

Unter selbstgeführten Stromrichtern versteht man Stromrichter zur Umformung von Gleich- und Wechselströmen unter Verwendung abschaltbarer Bauelemente. Die Ventile können ohne führendes Netz kommutieren. Selbstgeführte Stromrichter funktionieren als Wechselrichter mit eingepprägter Spannung oder eingepprägtem Strom.



Versuchsbeispiel „Selbstgeführte Stromrichter EPE 20“

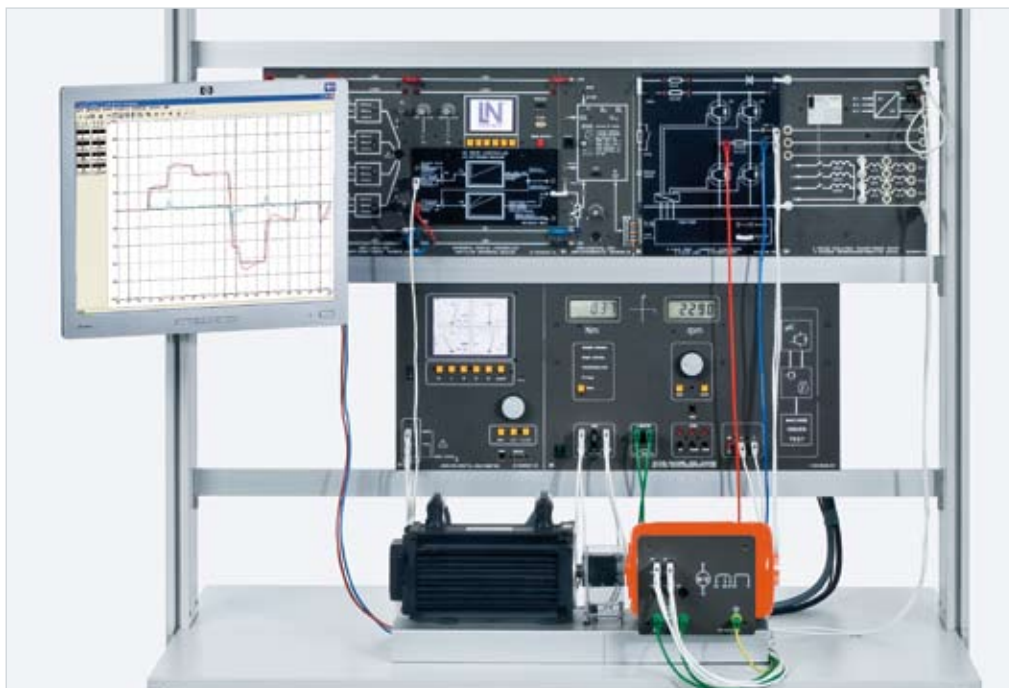
### Lerninhalte

- Grundlagen IGBT
- Steuerprinzipien: Pulsweitenmodulation, Gleichstromsteller im 1-, 2- und 4-Quadrantenbetrieb
- Modulation niederfrequenter Wechselspannung mit Pulsweitenmodulation
- Schaltungen: Tiefsetzsteller, H-Brücke, Inverter
- Ohmsche, kapazitive und induktive Belastung
- Schutzbeschaltung, Zwischenkreis, Freilauf
- Steuerkennlinien und Betriebsdiagramme
- Frequenzanalyse und Oberwellenbetrachtung

# Drehzahlregelung eines DC-Motors mittels PWM

## Motor – Leistungselektronik – Regelung

Geregelte Gleichstromantriebe zeichnen sich durch eine sehr gute Regelbarkeit von Drehzahl und Drehmoment und eine hohe Dynamik aus. Bei kleinen und mittleren Antriebsleistungen greift man bei den Leistungshalbleitern auf selbstgeführte Stromrichter mit Transistor oder IGBT zurück. Hohe Schaltfrequenzen ermöglichen eine hochdynamische Regelung und eine geringe Welligkeit des Drehmoments.



Versuchsbeispiel „Drehzahlregelung eines DC-Motors mittels PWM EPE 21“

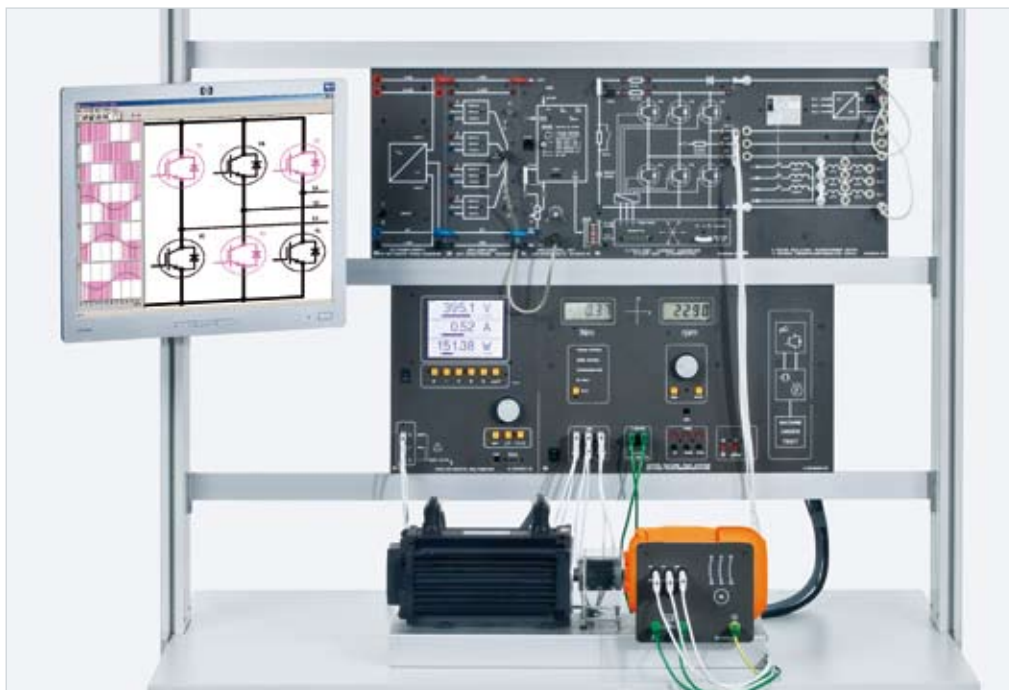
### Lerninhalte

- Drehzahlregelung im 1- und 4-Quadrantenbetrieb mit und ohne unterlagerter Stromregelung
- Drehzahlregelung, Stromregelung, Kaskadenregelung, adaptive Regelung
- Computerunterstützte Strecken- und Regleranalyse, Parametrierung
- P-, PI-, PID-Drehzahlregelung
- Optimierung des Reglers

# Frequenzumrichter-Antrieb

## Netzgleichrichter – Zwischenkreis – Wechselrichter – Motor

Frequenzumrichter ermöglichen heute eine nahezu verlustlose Stellung von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer. Der robuste Motoraufbau und preiswerte, technisch ausgereifte Frequenzumrichter erlauben vielfältigste Einsatzmöglichkeiten.



Versuchsbeispiel „Frequenzumrichter-Antrieb EPE 26“

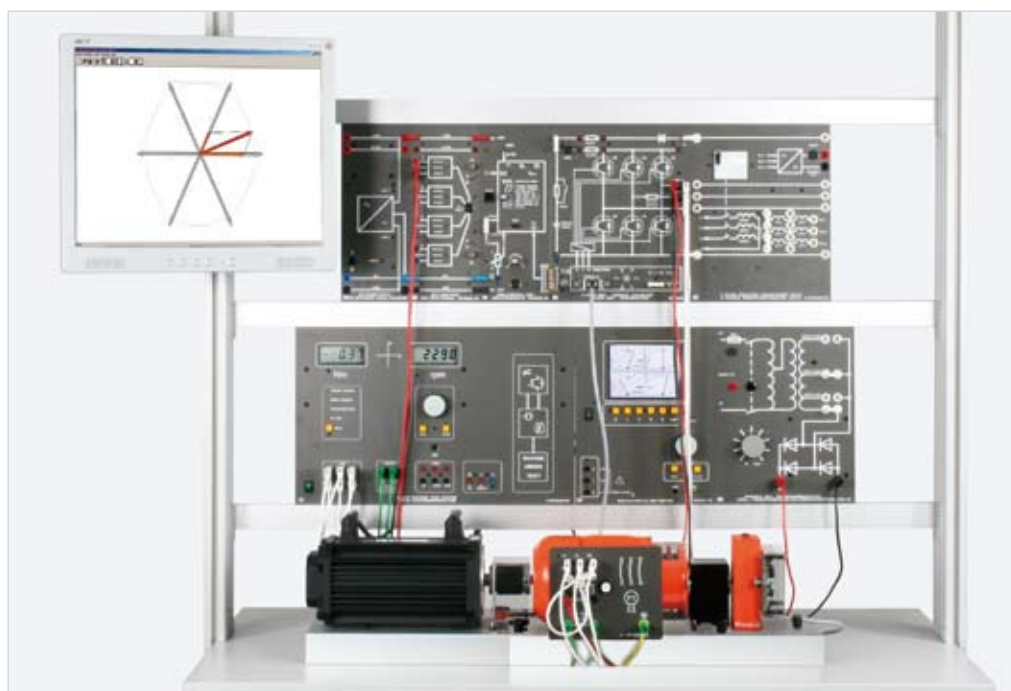
### Lerninhalte

- Untersuchung von Umrichtern mit Spannungs- und Frequenzsteuerung
- Untersuchung von Umrichtern mit Raumzeigermodulation
- Analyse der Spannungs- und Frequenzverhältnisse
- Ständerwiderstandskompensation
- Untersuchung des Umrichterantriebs
- Computerunterstützte Parametrierung und Animation

# Elektronik-Motor

## Lastgeführte Kommutierung

Eine Sonderform der Synchronmaschinen ist die elektrisch kommutierte Maschine. Diese arbeitet mit variabler Frequenz aus einem Spannungs-Umrichter. Durch die Rückkopplung der Läuferlage erhält sie allerdings das Drehzahl-Drehmoment-Verhalten einer fremderregten Gleichstromnebenschlussmaschine. Besonders vorteilhaft ist, dass die Kommutierung verschleißfrei über die Leistungselektronik erfolgt.



Versuchsbeispiel „Elektronik-Motor EPE 27“

### Lerninhalte

- Funktionsprinzip eines Servomotors mit elektronischer Kommutierung
- Analyse der feldorientierten Raumzeigermodulation
- Untersuchung von Koordinaten- und Gebersystemen
- Computerunterstützte Parametrierung und Animation

# Industrielle Antriebe

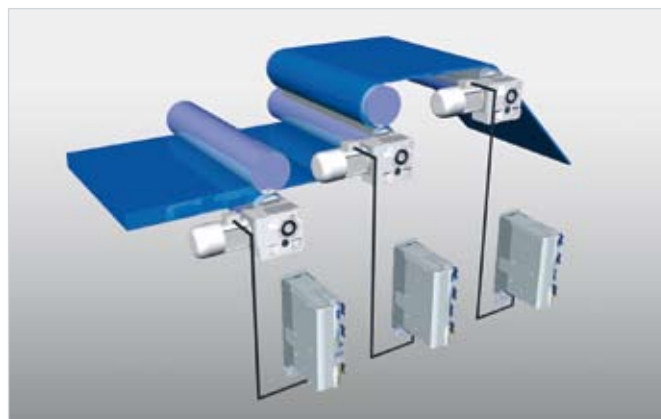
## Parametrierung industrieller Komponenten

Die technische Welt ist heute ohne regelbare elektrische Antriebe nicht mehr denkbar. Ihr Anwendungsfeld reicht von Spezialantrieben hoher Leistung über Fahrtriebe, Werkzeug- und Produktionsmaschinen bis hin zu Anwendungen im Kfz-Bereich. Im Unterschied zu didaktischen Antrieben sind die Trainingsgeräte mit industriellen Geräten bestückt. Schwerpunkt ist der Umgang und die Parametrierung realer industrieller Geräte.



### Industrielle Komponenten

Der Einsatz industrieller Komponenten namhafter Hersteller wie z.B. Lenze AG oder Siemens ermöglicht den direkten Transfer des Erlernten in die industrielle Praxis. Die Bezeichnungen aller herausgeführten Anschlüsse entsprechen denen der Industriegeräte. Zu den Übungen und Projekten werden industrielle Bedienungsanleitungen und Software genutzt.



### Fachübergreifender Einsatz

Feldbusschnittstellen an Frequenzumrichter, Servoantrieb und Motormanagement-Relais ermöglichen den fachübergreifenden Einsatz mit der Automatisierungstechnik. Die Antriebe lassen sich über die SPS steuern und über HMIs bedienen. Typische Prozesswerte, Störungen und Bedienmodule können so visualisiert werden.



### Trainingsysteme

Unsere Trainingsysteme decken folgende Themen ab:

- Sanftstarter
- Frequenzumrichter-Antriebe
- Servoantriebe
- Motormanagement-Relais



# Sanftanlauf an Drehstrommaschinen

## Hohe Einschaltströme reduzieren

Sanftstarter reduzieren beim Einschalten durch Phasenanschnitt die Spannung des Motors. Proportional zur Klemmenspannung sinkt der Anlaufstrom. Das Leistungsteil eines Sanftstarters besteht meist aus zwei antiparallel geschalteten Thyristoren je Phase.

Um die Verluste und die damit entstehende Wärme so klein wie möglich zu halten, werden die Leistungshalbleiter nach der Anlaufphase durch ein integriertes Leistungsschütz überbrückt.



Versuchsbeispiel „Sanftanlauf an Drehstrommaschinen EDT 17“

### Lerninhalte

- Inbetriebnahme
- Parametrierung der Hochlauf- und Ablauframpe und der Startspannung
- Untersuchung von Strom und Spannung beim Anlauf
- Anlauf mit unterschiedlichen Lastfällen
- Vergleich zu Stern-Dreieck-Anlauf

# Antriebe mit Frequenzumrichter

## Der drehzahlvariable Antrieb

Moderne Frequenzumrichter verwandeln jeden beliebigen Drehstrom-Standardmotor in einen drehzahlvariablen Antrieb. Die Robustheit und weite Verbreitung des Drehstrom-Standardmotors haben viel zum großen Erfolg der elektronischen Antriebstechnik mit Frequenzumrichtern beigetragen. Die höhere Prozessautomation und somit die Anforderungen an Antriebe führen dazu, dass immer mehr Motoren durch Frequenzumrichter gesteuert werden. Durch die bedarfsgerechte Drehzahlsteuerung lässt sich heute bei Pumpen und Klimaanlage im großen Maßstab Energie sparen.



Versuchsbeispiel „Antriebe mit Frequenzumrichter EDT 25“

### Lerninhalte

- Computerunterstützte Inbetriebnahme
- Parametrierung von Sollwertvorgabe, Drehrichtung, Startfunktion, Schaltfrequenz, Grenzwerten, Nennspannung, Nennstrom, Nennfrequenz, Leistungsfaktor usw.
- Untersuchung des Betriebsverhaltens bei Belastung mit Arbeitsmaschinen
- Aufnahme der Drehzahl-Drehmomentkennlinie über vier Quadranten
- Optimierung des Antriebs
- Betrieb mit Bremschopper
- Betrieb mit Vektorsteuerung

# Projektarbeit Frequenzumrichter

## Aufbau – industrietypische Verdrahtung – Inbetriebnahme

Mit dem Trainingssystem „Projektarbeit Frequenzumrichter“ lernen Auszubildende praxisnah den Aufbau und die Verdrahtung industrieller Komponenten in einem Schaltschrank. Der Einsatz von Frequenzumrichter und Kleinsteuerung verbindet Antriebs- und Steuerungstechnik in idealer Weise. So lassen sich verschiedene industrietypische Projekte aufbauen, parametrieren und testen. Der Einsatz des Servo-Maschinenprüfstand ermöglicht, die Projekte unter realitätsnahen Bedingungen zu testen.



Versuchsbeispiel „Projektarbeit Frequenzumrichter EPL 25“



Bedienelemente

### Lerninhalte

- Erstellung und Analyse des Schaltplans
- EMV-gerechter Aufbau und Verdrahtung des Schaltschranks mit Industriekomponenten
- Inbetriebnahme
- Abnahme nach DIN EN
- Schutzleitmessung
- Isolationsmessung
- Parametrierung des Frequenzumrichters
- Programmierung der LOGO!®-Steuerung

# Steuern von elektrischen Antriebssystemen

## Verbindung zwischen Antriebs- und Automatisierungstechnik

Die Schwerpunkte dieses Lehrsystems liegen in der Projektierung und Programmierung der SPS und des Operatorpanels sowie in der Inbetriebnahme und Parametrierung des Frequenzumrichters mit PROFIBUS-DP. Zur Belastung der mit Frequenzumrichter gesteuerten Antriebsmaschine kommt in diesem Lehrsystem der Servo-Maschinenprüfstand zum Einsatz. Hiermit lassen sich verschiedene, parametrierbare Arbeitsmaschinen wie Lüfter, Wickelantrieb, Kalander, Kompressor sowie eine Schwungmasse emulieren.



Versuchsbeispiel „Steuern von elektrischen Antriebssystemen CLP 20“

### Lerninhalte

- Parametrierung, Programmierung und Inbetriebnahme einer speicherprogrammierbaren Steuerung
- Projektierung und Inbetriebnahme eines Operatorpanels (HMI)
- Parametrierung und Inbetriebnahme eines Frequenzumrichters
- Projektierung und Inbetriebnahme eines Feldbussystems
- Optimierung der Parameter auf die verschiedenen einstellbaren Arbeitsmaschinen

# Positionieren mit Synchron-Servo-System

## Immer richtig in Position

Heute versteht man unter Servoantrieben allgemein hochdynamische Drehstromantriebe. Servoantriebe übernehmen hauptsächlich Positionieraufgaben bei Werkzeugmaschinen, Handhabungsgeräten oder Robotern. Immer öfter sind sie aber auch in Druckmaschinen, Transportanlagen und Schneideinrichtungen zu finden, bei denen genaues Positionieren oder Winkelgleichlauf gefordert ist. Dabei bilden Servoumrichter, Motor mit Geber und die mechanischen Übertragungselemente ein eng verknüpftes System, dessen Komponenten als Einheit betrachtet werden müssen.



Versuchsbeispiel „Positionieren mit Synchron-Servo-System EDT 32“

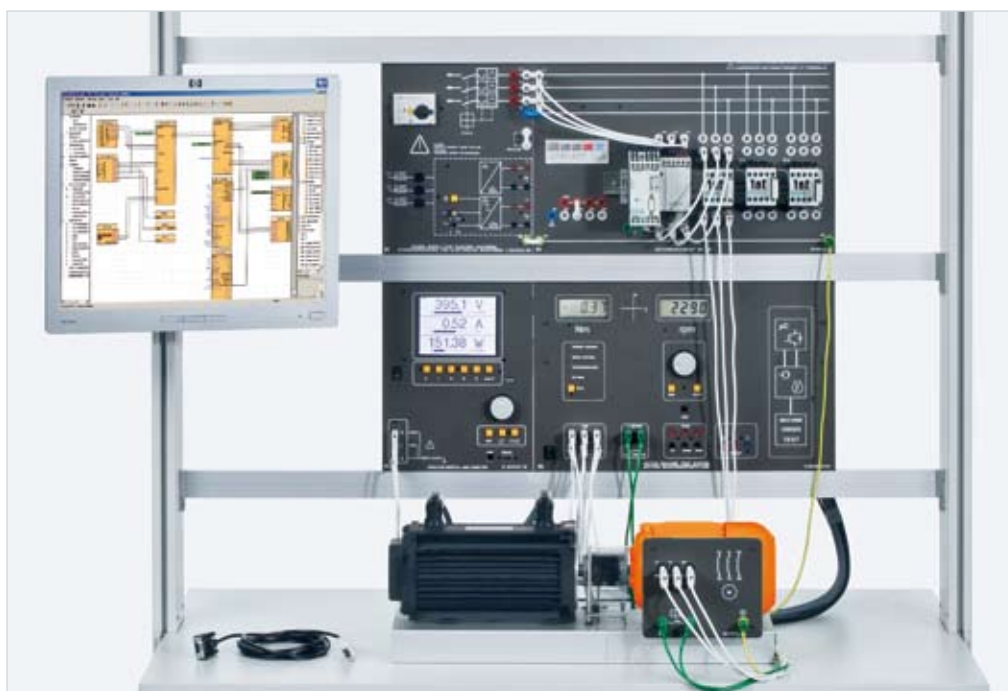
### Lerninhalte

- Computerunterstützte Inbetriebnahme und Parametrierung eines Servoantriebes mit Linearachse
- Positionier- und Ablaufsteuerung
- Parametrierung der Lage- und Drehzahlregler über eine einfache industrielle Parametriersoftware
- Referenzfahrfunktion
- Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Reglereinstellungen bei unterschiedlichen Belastungen

# Motorschutz/Motormanagement

## Effektiver Motorschutz – vorbeugende Wartung

Motormanagementsysteme kommen in modernen Automatisierungssystemen zum Einsatz und bieten die Möglichkeit, Antriebe und Anlage optimal zu schützen, steuern und überwachen. So lassen sich beispielsweise Motortemperatur, -spannung oder -strom erfassen. Durch die Anbindung an die übergeordnete Prozessautomatisierung über Feldbussysteme (z. B. PROFIBUS) wird der Motor transparenter. Dadurch lassen sich Auslastung und Energieverbrauch des Motors bestimmen ohne vor Ort zu messen.



Versuchsbeispiel „Motormanagementrelais EDT 51“

### Lerninhalte

- Computerunterstützte Inbetriebnahme
- Programmierung der Funktionen Direktstarter, Stern-Dreieck-Anlauf, Start von Polumschaltbaren Motoren, Motorschutz
- Parametrierung der Überlastgrößen und des Abschaltverhaltens bei verschiedenen Lasten
- Messung von dynamischen Vorgängen beim Anlauf
- Vorbeugende Wartung

# Entscheidende Produktvorteile

... stellen Kunden langfristig zufrieden



## Herr Georg Greshake, Lehrer am Heinz-Nixdorf-Berufskolleg in Essen:

„Ich bin nach wie vor begeistert von den Lucas-Nülle-Trainingssystemen für die Antriebstechnik“, sagt Georg Greshake, Lehrer am Heinz-Nixdorf-Berufskolleg in Essen, „ich setze den Servo-Maschinenprüfstand schon seit vielen Jahren in der Mechatronik-Ausbildung ein und bin mit der Leistungsfähigkeit der Geräte im Unterricht immer sehr zufrieden.“

Erst kürzlich haben wir die Labore und Werkstätten unseres Berufskollegs wieder mit Lehrgeräten von Lucas-Nülle aufgerüstet und erneuert. Die Qualität und das praxiserprobte didaktische Konzept haben uns wieder überzeugt.

Mit dem Gesamtprogramm kann ich die komplette Ausbildung systematisch planen und die Schüler zielstrebig an industrietytische Anwendungen heranführen. Das aufeinander aufbauende System hat sich bewährt.

Mit UniTrain-I erarbeiten sich die Schüler wichtige Grundlagen. Danach steigen sie auf das Lehrplattensystem um. Der Servo-Maschinenprüfstand bildet den industriellen Standard für Unterrichtszwecke beeindruckend realistisch nach.

Er emuliert eine enorme Bandbreite unterschiedlicher Arbeitsmaschinen originalgetreu. Sogar Anlaufversuche an Motoren können die Schüler selbstständig unternehmen. So erreichen sie sehr schnell ein hohes Lernniveau, das ihnen eigenständiges Experimentieren erleichtert.

Unsere Schüler können ihre Unterrichtserfahrungen anschließend problemlos in den praktischen Berufsalltag im Ausbildungsbetrieb übertragen.“

# Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile

## Individuelle Beratung bei Lucas-Nülle

Sie möchten sich ausführlich beraten lassen oder wünschen ein konkretes Angebot?

### Sie erreichen uns per

Telefon: +49 2273 567-0

Fax: +49 2273 567-69

E-Mail: [vertrieb@lucas-nuelle.de](mailto:vertrieb@lucas-nuelle.de)

Lucas-Nülle steht für maßgeschneiderte Trainingssysteme für die Berufliche Bildung in den Bereichen:



Elektrische Installationstechnik



Elektropneumatik, Hydraulik



Elektrische Energietechnik



Messtechnik



Leistungselektronik,  
Elektrische Maschinen, Antriebstechnik



Mikrocomputer



Grundlagen Elektrotechnik und Elektronik



Automatisierungstechnik



Kommunikationstechnik



Kfz-Technik



Regelungstechnik



Labor-Systeme

Fordern Sie ausführliche Informationen unter den oben angegebenen Kontaktmöglichkeiten an.

Unsere Mitarbeiter beraten Sie gerne!

Weitere Informationen zu unseren Produkten finden Sie auch unter:

[www.lucas-nuelle.de](http://www.lucas-nuelle.de)

[www.unitrain-i.de](http://www.unitrain-i.de)

# Lucas-Nülle Lehr- und Meßgeräte GmbH

Siemensstraße 2 · D-50170 Kerpen-Sindorf  
Telefon: +49 2273 567-0 · Fax: +49 2273 567-69  
www.lucas-nuelle.de · vertrieb@lucas-nuelle.de

