

PHYSIK

CHEMIE  
BIOLOGIE

TECHNIK



LD DIDACTIC

# ELEKTRISCHE ANTRIEBE



TECHNIK

- DIDAKTISCHE MASCHINEN
- INDUSTRIEMASCHINEN 300 W
- INDUSTRIEMASCHINEN 1 KW
- LEISTUNGSELEKTRONIK
- ANTRIEBSTECHNIK
- SERVOTECHNIK

LEYBOLD®

# INHALT

## LEYBOLD AUF EINEN BLICK

PRODUKTHIGHLIGHTS	04
COM4LAB	06
MASCHINEN-PRÜFSYSTEM	08
SYSTEM DIDAKTISCHER ANTRIEBE CONVERTER CONTROLLER CASSY	12
CASSY - FAMILIE UNIVERSELLES MESSSYSTEM	14
LEYLAB	18
TRAININGSPLATTEN SYSTEM - TPS	22
FACHRAUMPLANUNG & -EINRICHTUNG	24



Mit LEYBOLD-Lehrsystemen vermitteln Sie Ihren Auszubildenden und Studenten die vielfältigen Ausbildungsthemen in den Bereichen Kfz- und Elektrotechnik sowie der regenerativen Energietechnik. Unsere didaktischen Geräte und Lehrsysteme für die technische Berufsausbildung kombinieren Theorie und Praxis ideal und lassen sich ausgezeichnet in die Projektarbeit integrieren.

In diesem Katalog stellen wir Ihnen unsere Lehrsysteme aus dem Bereich Antriebstechnik vor. Bei uns erhalten Sie individuelle Lösungen für Ihr Technologie- und Werkstattlabor, die auf die einzelnen Lernfelder abgestimmt sind.



# ELEKTRISCHE ANTRIEBE

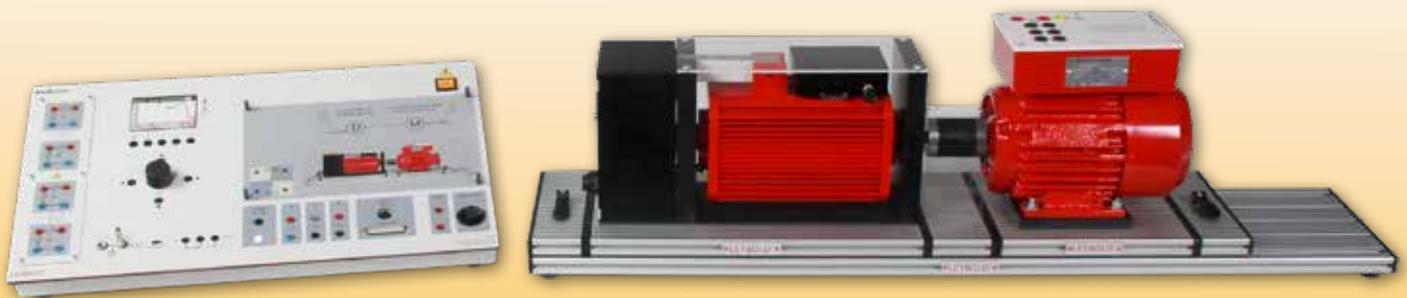
LEHRSYSTEME FÜR DIE AUS- & WEITERBILDUNG

## AUSSTATTUNGEN NACH THEMEN

E2.1	GRUNDLAGEN DER ELEKTRISCHEN MASCHINEN & NETZE	27
E2.2	INDUSTRIEMASCHINEN 300 W	37
E2.3	INDUSTRIEMASCHINEN 1 KW	45
E2.4	LEISTUNGSELEKTRONIK	53
E2.5	ANTRIEBSTECHNIK	61
E2.6	SERVOTECHNIK	77
	INDEX	86



# PRODUKTHIGHLIGHTS



Mit dem innovativen LEYBOLD-Maschinenprüfsystem können elektrische Maschinen aus den Bereichen Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom der 300 W Klasse sowie der 1 kW Maschinen analysiert werden. Durch die durchdachte, industriell designte und didaktisch Aufbereitung können unter anderem die Prüflinge schnell und einfach ausgetauscht werden. Dabei werden die Sicherheitsanforderungen der Maschinenrichtlinien zu jeder Zeit erfüllt.

## DIDAKTISCHE INHALTE

Alle Systeme sind einfach mit Tablet, Computer oder direkt am Gerät bedienbar.

- Echtes Vier-Quadrantensystem mit realer mechanischer und elektrischer Leistungsmessung
- Maschinen prüfen
  - Motorprüfung
  - Generatorprüfung
- Lastsimulation z. B.
  - Anlaufen von Asynchronmaschinen im Netz
  - Betrieb von Drehzahl bei variablen Antrieben
- Generatorregelung
  - Generator im Inselbetrieb
  - Generator im Netzbetrieb
- Mechanik prüfen
  - statische Analyse
  - dynamische Analyse
- Aufbau, Verhalten und Wirkungsweise von diversen Maschinentypen
- Analyse, Kennwertberechnung und Aufnahme maschinentypischer Kennlinien in verschiedenen Lastsituationen
- Auswirkungen in elektrischen Netzen und dafür notwendige modernste Schaltgeräte



## MASCHINEN MIT WECHSELROTOREN

Modellmaschinen für Netzspannung bestehen aus einem Stator und verschiedenen, austauschbaren Rotoren. Erst durch den Zusammenbau von Stator und Rotor entsteht eine betriebsbereite, elektrische Maschine der 300 W Klasse.

Das Statorgehäuse ist auf einen Sockel montiert und kann direkt mit dem Maschinenprüfsystem 0,3 verbunden werden. Die sichere Verbindung von Stator und Rotor übernehmen Sterngriff-Zugbolzen, die einen schnellen Wechsel des Rotors erlauben. Die Rotoren sind mit B-Lagerschild, Lüfterrad, Abdeckhaube und evtl. Schleifringen, Bürsten, etc. ausgestattet.

Zusammen mit dem Maschinenprüfsystem lassen sich die Kennlinien der Maschinen auf die Eigenschaften des jeweiligen Rotors zurückführen. Abhängig vom verwendeten Rotor zeigt die Modellmaschine dann die typischen Eigenschaften von Asynchron- und Synchronmaschinen.

## MASCHINEN MIT WECHSEL- ROTOREN

## LINEARMOTOR



Der Linearmotor dient zur Demonstration des Grundprinzips eines linearen Asynchronmotors. Drei in Reihe geschaltete Spulen bilden den Stator des Linearmotors. Eine Eisenstange dient hier als Kurzschlussrotor und Führung.

# COM4LAB

DAS ELEKTROTECHNIK-LABOR  
DER NÄCHSTEN GENERATION



## VORTEILE IM ÜBERBLICK

- kompaktes Elektrotechnik-Labor:  
schnell & einfach einsatzbereit
- komplettes Trainingssystem, inklusive Spannungsversorgung, Messinstrumente, Funktionsgenerator und Experimentierboard
- umfassende Lehrplanabdeckung mit mehr als 25 cloud-basierten, didaktisch aufbereiteten Kursen



### 1. MASTER UNIT

Basisstation mit Netzgerät und Messinstrumenten

### 2. EXPERIMENTIERBOARD

Experimentierhardware für das Lernthema (Physisches Experiment), sicher und klar strukturiert mit interaktiver Kursführung



### 3. KURSE

Lernmodule mit allen Lerninhalten von Theorie bis Praxis sowie der Wissensüberprüfung

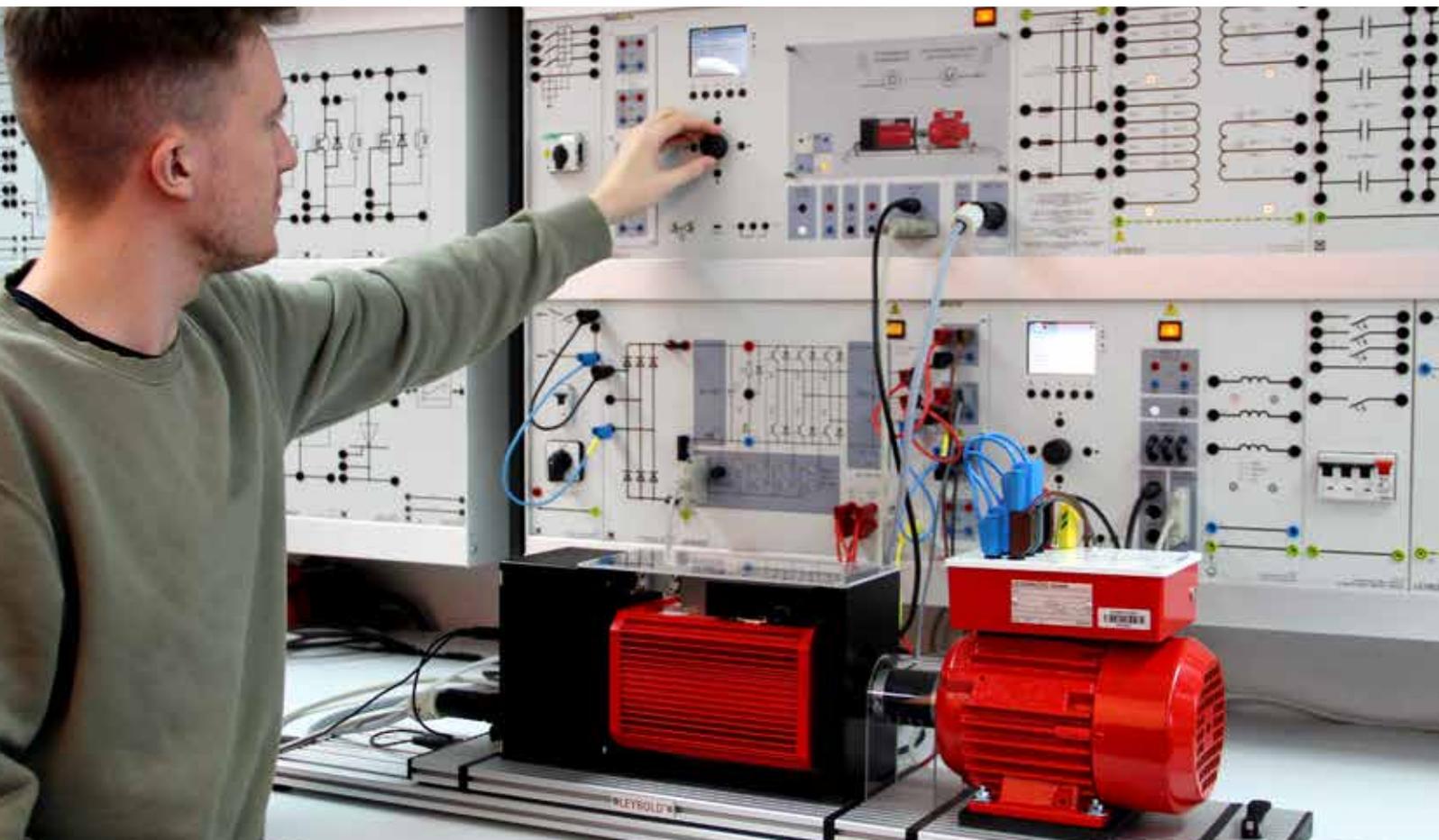
**COM4LAB** ist ein komplettes Elektrotechnik-Labor im kompakten Format und verbindet praxisorientiertes Experimentieren mit den Vorteilen von interaktivem E-Learning für beste Lernergebnisse. Es erlaubt einen modernen digitalen Unterricht mit Smartphones, Tablets und Laptops jeder Art – vor Ort in der Schule, im Betrieb oder auch zu Hause.

Die **COM4LAB** Kurse überzeugen durch Aktualität, Realitätsbezug und Qualität der Lerninhalte. Diese werden dem Auszubildenden didaktisch über Animationen, Texte, Bilder, interaktive Elemente und Videos vermittelt. Die Auszubildenden führen die integrierten Experimente aktiv am Experimentierboard durch und erlernen die notwendigen Fähigkeiten direkt und nachhaltig. Das theoretische Wissen und die praktisch erworbenen Kenntnisse werden in regelmäßigen Lernkontrollen automatisch überprüft. Auch das Teilen über Learning Management Systeme, wie z. B. Moodle oder MS Teams, ist möglich und die **COM4LAB**-Kurse funktionieren auf jeglichen Endgeräten unabhängig vom Betriebssystem und dem Hersteller.

**COM4LAB** ist ein effizientes Trainingssystem, das bereits die Vorbereitungszeit für die Lehrkraft minimiert und durch den raschen Auf- und Abbau des Systems einen schnellen Start in den Unterricht ermöglicht. Die Kombination von Theorie und Praxis mit dem Fokus auf Selbststudium erzielt eine effiziente Bildung. Für Langlebigkeit und niedrige Folgekosten sorgt das robuste und stabile Design.

**COM4LAB** bietet mit dem cloud-basierten System und der Unabhängigkeit von Herstellern und Betriebssystemen darüber hinaus eine hohe Zukunftssicherheit. Das kompakte und gleichzeitig komplette Labor ersetzt einen Arbeitsplatz und benötigt keine teure Labor-Infrastruktur. Gegenüber großen, komplexen Trainingsanlagen steht **COM4LAB** für einen reduzierten Wartungsaufwand. Zudem ermöglicht die modulare Bauweise eine kosteneffiziente Ergänzung.

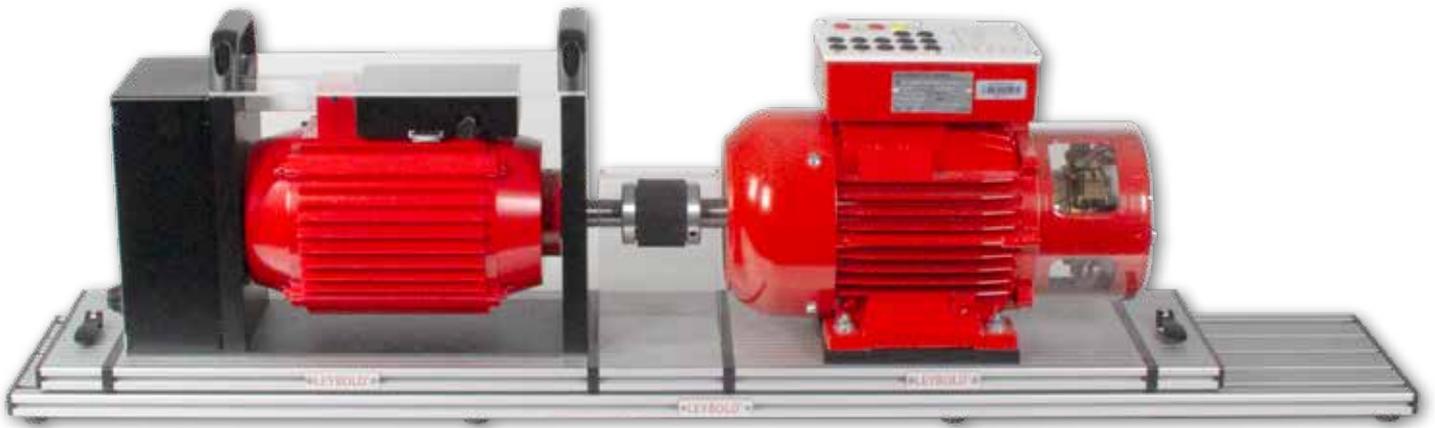
# MASCHINEN- PRÜFSYSTEM



*Das Maschinen Test CASSY kann als Tischgerät oder im Rahmen verwendet werden.*

## VORTEILE IM ÜBERBLICK

- Maschinenprüfsystem entwickelt nach neuesten Sicherheitsanforderungen
- kompatibel zu vorhandenen Ausstattungen der Antriebstechnik
- integrierte Power Analyser CASSY-Funktionen zur Analyse des Prüflings im Steuergerät
- Teil der CASSY-Familie kompatibel mit allen Schnittstellen zu CASSY Lab 2, digitale Versuchsanleitungen „Lab Docs“, MATLAB® und LabView™



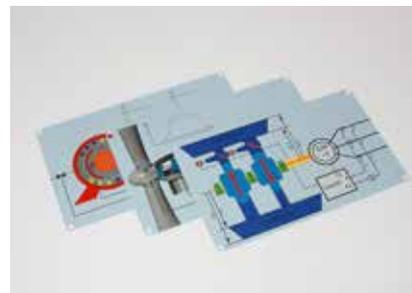
Für 300 W und 1 kW Maschinen geeignet

## ALLTAGSTAUGLICHE ELEKTRISCHE MASCHINEN

Zwar sind die grundlegenden Prinzipien von elektrischen Maschinen seit über 150 Jahren bekannt, doch durch die stetigen Weiterentwicklungen, wie z. B. Industrie 4.0, wurden in den letzten Jahrzehnten technologische Fortschritte auf diesem Fachgebiet erreicht. Daher werden die erforderlichen Kenntnisse von Fachkräften immer umfangreicher.

Die neuen Anforderungen an das Maschinenprüfsystem vereint nicht nur die Prüfung von Motoren und Generatoren, sondern auch die Lastsimulation von Maschinen im Direktanlauf im Netz oder für Drehzahl geregelte Antriebe.

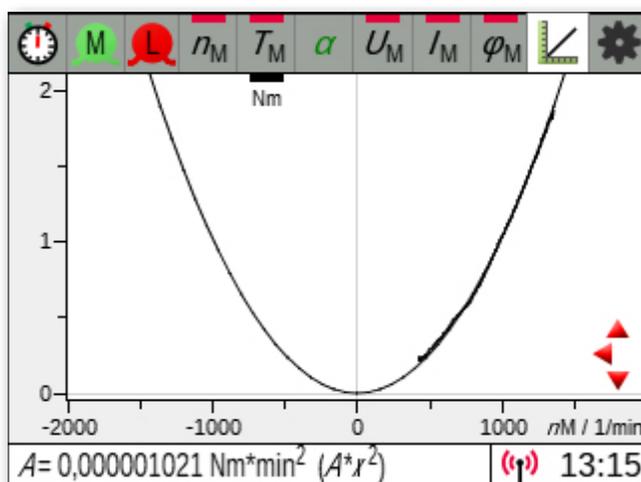
Dabei können die Messungen mit einem PC aufgenommen, ausgewertet und per WLAN verteilt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dieses ohne PC direkt am Gerät zu tun – einschließlich Auswertung und Datenverteilung.



Masken zur  
Visualisierung von  
Generatorarten:  
- Synchrongenerator  
- Windkraftanlage  
- Pumpspeicherkraftwerk

## LERNFELDER / LERNZIELE

- Aufbau und Wirkungsweise von Maschinen
- Verhalten von Maschinen als Motor
- Verhalten von Maschinen als Generator
- Möglichkeiten der Drehzahlstellung
- Wirkungsgrad
- Kennlinien von Motoren
- Lastsimulation
- Möglichkeiten der Drehzahlstellung und der Lasteinstellung
- Anlassen und Bremsen
- Kennlinien von Generatoren
- Leerlauf und Kurzschlussversuch



Lastsimulationsbetrieb quadratischer Funktionen

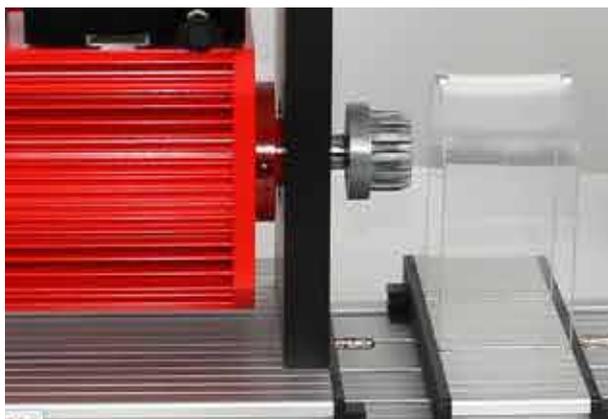
# SICHERHEITSKONZEPT VOM MASCHINENPRÜFSYSTEM

## HOCH BELASTBARE MASCHINENBANK & MECHANISCHE VERRIEGELUNG

Eine hoch belastbare ALU-Maschinenbank dient der Fixierung der Maschinen. Mechanische Impulse, die beim Abreißen von IPM- und Synchronmotoren oder von Hocheffizienzmaschinen entstehen können, werden durch die Bank und die mechanische Verriegelung auf beiden Seiten aufgefangen. Jederzeit können die Maschinen variabel auf der Maschinenbank verschoben werden, sodass zwei Maschinen auf der Maschinenbank gegeneinander betrieben werden können. Der Einbau von digitalen und analogen Tachometern ist ohne Aufwand möglich.



## SCHUTZ VOR BERÜHRUNG VON DREHENDEN TEILEN



Die Welle wird durch eine Haube, die auf einem eigenen Sockel steht, mit den Sockeln von Maschine und Pendelmaschine verbunden. Die Antriebswellen können nur noch nach der Demontage des Antriebssystems berührt werden. Zusätzlich ist die Verriegelung des Sockels elektrisch überwacht, d. h. sobald die Sockel getrennt werden, wird die Anlage abgeschaltet. Optische Drehzahlmesser können hier noch angewendet werden.

## ISOLIERUNG FÜR ELEKTROMAGNETISCHE VERTRÄGLICHKEIT

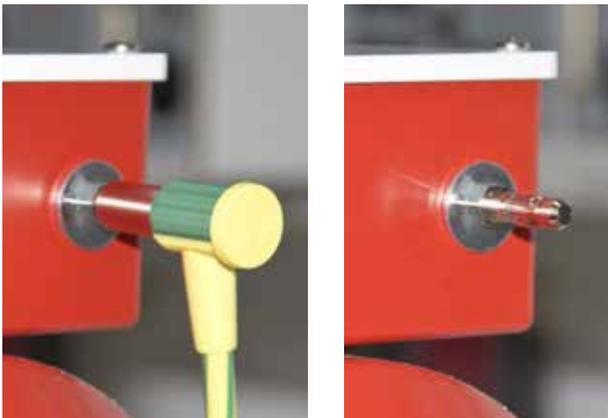


Alle Motoren werden gegen den Sockel isoliert, damit nicht unnötige Stromschleifen die Störabstrahlung erhöhen und vagabundierende Ableitströme die Messsensoren nicht beeinflussen.

Dies ist die Voraussetzung für Industrie 4.0-fähige Frequenzumrichter und Servoantriebe sowie den dazugehörigen Drehzahl-Drehwinkeln und Positionssensoren.



## ZUSÄTZLICHER POTENTIALAUSGLEICH



Der zusätzliche Potentialausgleich ist zum Schutz von Menschen und Anlage notwendig. Ein Bruch des Schutzleiters würde die Maschine oder sogar die ganze Anlage unter Spannung setzen, da Ableitströme über den Stator direkt auf den Motor und die Anlage geleitet werden könnten.

Um die Problematik didaktisch im Unterricht zur vermitteln, kann ein zusätzlicher Schutzleiter (Potentialausgleich) geschaffen werden. Dazu wird ein in der Medizintechnik gebräuchliches System mit 6-mm-Steckverbindern und 10-mm<sup>2</sup>-Leitungen (grün/gelb) genutzt. Diese ermöglichen es, recht zügig und wie vorgesehen einen zusätzlichen Schutzleiter oder einen örtlichen Potentialausgleich zu erstellen.

## DIDAKTISCH AUFBEREITET ZUM BESSEREN VERSTÄNDNIS



Die Maschinen sind alle industriell gefertigt, didaktisch aufbereitet und mit einem Wellenende ausgeführt. Für den flexiblen Aufbau von Versuchen wurde das Klemmbrett nach oben gelegt. Zur Sichtbarkeit von wichtigen Bauteilen sind die Maschinen teilweise geöffnet und abgedeckt.

## WEITERE SICHERHEITSMERKMALE

- Temperaturschalter für Schutz vor Überhitzung
- automatische Abschaltung zum Schutz vor Beschädigungen bei Überlastung
- alle Wicklungsenden sind am Klemmbrett auf 4-mm-Sicherheitsbuchsen herausgeführt
- alle Messungen sind potentialfrei

# SYSTEM DIDAKTISCHER ANTRIEBE FÜR MASCHINEN CONVERTER CONTROLLER CASSY



## MÖGLICHE ANWENDUNGEN

### ANTRIEB EINER GLEICHSTROMMASCHINE:

- Einfluss der Pulsbreite und -frequenz auf die Ankerspannung
- Drehzahlsteuerung mit der Ankerspannung

### ANTRIEB EINER ASYNCHRONMASCHINE:

- Parametrieren eines Frequenzumrichters mit U/f-Steuerung
- Regleroptimierung einer Kaskadenregelung mit PID-Reglern

### ANTRIEB FÜR SYNCHRONMASCHINEN:

- Unterschiede bei den Kommutierungsmethoden
- Aufbau:
  - permanenterregt als BLDC-Antrieb
  - fremderregt mit inkrementaler Kommutierung

# LEISTUNGSELEKTRONIK IN DER ANTRIEBSTECHNIK KOMPAKT VERMITTELN

Um der zunehmenden Bedeutung der mittels Leistungselektronik gesteuerten elektrischen Maschinen im technischen, aber auch schulischen Umfeld gerecht zu werden, hat die LD DIDACTIC ein kompaktes, didaktisch aufgebautes Steuergerät mit Leistungsteil entwickelt. Damit wird das Grundlagenverständnis für die moderne Technik vermittelt.

Das Steuergerät (Converter Control CASSY) beherrscht in Verbindung mit elektrischen Maschinen sowohl Antriebssysteme für Gleichstrommaschinen, Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen.

Im Gleichstrombetriebsmodus (H-Brücke) können variable Gleichspannungen mit Puls-Breiten-Modulation erzeugt werden. Das dient als Grundlage des Gleichstromantriebs für den vier Quadrantenbetrieb. Eine Darstellung des Aufbaus einer Kaskadenregelung für winkelorientierte Drehzahl- und Positionsregelung ist ebenfalls möglich.

Als Frequenzumrichter für 3-Phasen-Asynchronmaschinen können Frequenz- und Spannungsvariable Drehspannungen erzeugt werden. Die Analyse der Modulationsmethoden und Frequenzen erfolgt durch eine U/F-Funktion.

Mit verschiedenen Kommutatoren wie Block-, Sinus- und Inkrementaler-Kommutator können 3-Phasen-Synchronmaschine betrieben und die Unterschiede der Kommutatorverfahren untersucht werden. Anhand der Erzeugung von Drehbewegung und Drehmoment können auch der Aufbau einer permanenten Synchronmaschine als BLDC-Antrieb und Aufbau einer fremderregten Synchronmaschine als Servoantrieb erfolgen.

Komplettiert wird das Converter Controller CASSY durch eine integrierte Messeinheit (technische Daten siehe Power Analyser CASSY). Mit diesem Messgerät ist es einfach, die Spannung zwischen den Phasen eines Frequenzumrichters zu messen. Durch Zuschalten des integrierten digitalen Filters ist eine hochauflösende Messung von Größen der Puls-Breiten-Modulation gegeben.

## ANTRIEBE DER GLEICHSTROMMASCHINE

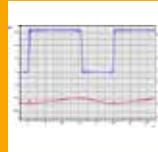


Abb. 1

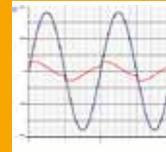


Abb. 2



Abb. 3

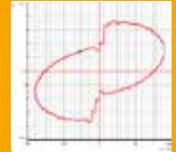


Abb. 4

Abb. 1 Puls-Breiten-Modulation

Abb. 2 Dynamische Drehzahlregelung mit sinusförmiger Führungsgröße

Abb. 3 Ausschnitt aus Abbildung 2

Abb. 4 Ankerstrom über 4 Quadranten

## ANTRIEBE DER ASYNCHRONMASCHINE

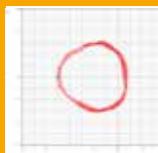


Abb. 1

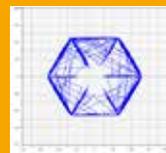


Abb. 2



Abb. 3

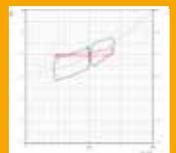


Abb. 4

Abb. 1 Stromvektor einer Drei-Phasen Asynchronmaschine ohne Filter

Abb. 2 Spannungsvektor einer Drei-Phasen Asynchronmaschine ohne Filter

Abb. 3 Drehmomentkennlinie bei Lastsimulation eines Gebläses

Abb. 4 U/F Kennlinie bei Lastsimulation eines Gebläses

## ANTRIEBE DER SYNCHRONMASCHINE



Abb. 1

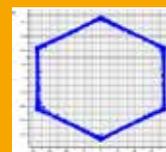


Abb. 2

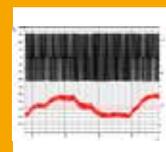


Abb. 3

Abb. 1 Stromvektor einer Blockkommutierung

Abb. 2 Spannungsvektor einer Blockkommutierung

Abb. 3 Spannung und Strom einer blockkommutierten permanenten Synchronmaschine

# CASSY – FAMILIE

## UNIVERSELLES MESSSYSTEM



### VORTEILE IM ÜBERBLICK

- einfach manuell bedien- und verwendbar mit allen gängigen digitalen Endgeräte
- moderne Schnittstellen
  - USB C
  - WLAN
  - Ethernet
- umfangreiche Softwareunterstützung
  - Lab Doc interaktive Anleitungen
  - übersichtliches Webinterface
  - integrierter VNC Server
  - CASSY Lab 2
  - LabView™ und MATLAB®
- experimentieren mit und ohne Computer möglich

### SOFTWARE CASSY LAB 2 FÜR ANTRIEBE & ENERGIESYSTEME

- Schullizenz zur Nutzung auf beliebig vielen PCs einer Schule oder eines Instituts
- Unterstützt Power Analyser CASSY und Maschinen Test CASSY
- Messwertaufnahme manuell oder automatisch
- verschiedene Auswertungsarten möglich, wie z. B. Integrale, Diagrammbeschriftung, etc.
- Verbindungsaufbau zum integrierten Messwertserver im lokalen Netzwerk über QR-Code
- Export der Messdaten und Diagramme bequem über Zwischenablage möglich
- kostenlose Updates und Demoversionen sind im Internet verfügbar
- Systemvoraussetzungen: Windows 7/8/10/11 (32+64 bit), alternativ Linux oder MacOS X (bis Version 10.14) mit Wine, freier USB-Port, lokales Netzwerk, unterstützt Mehrkernprozessoren



**Power Analyser CASSY**  
Analyse und Messung von Netzen  
mit mehreren Phasen



**Power Analyser CASSY Plus**  
Netzanalyse und Steuerung von  
Lasten, Relais, etc.



**Converter Controller CASSY**  
Ansteuerung von Antrieben mit  
unterschiedlichen Signalformen  
mit und ohne Regelung



**Maschinen Test CASSY 1,0**  
Prüfung und Analyse von elektrischen  
Maschinen und Antrieben bis ca. 1.000W



**Maschinen Test CASSY 0,3**  
Prüfung und Analyse von elektrischen  
Maschinen und Antrieben bis ca. 300W

## POWER ANALYSER CASSY

Das Power Analyser CASSY ist eine Kombination aus potentialfreiem und differenziellem Oszilloskop, Multimeter, Wattmeter, Energieanalysator und Schreiber.

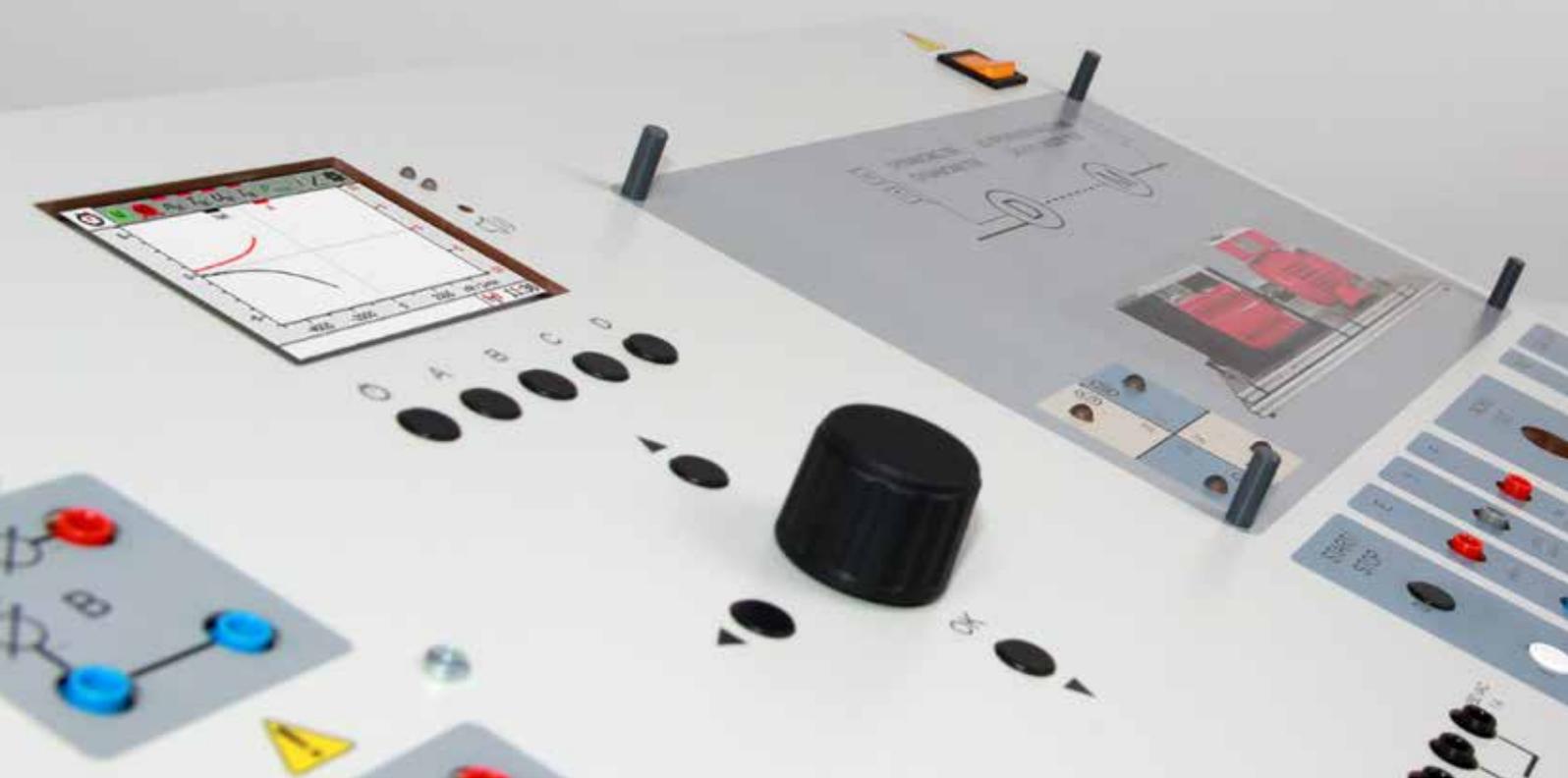
- Spannungs- und Frequenzstabilität
- Lastverhalten von Netzen
- Wirkung von Oberwellen
- Einschaltstrom von Transformatoren und Maschinen
- Übersetzungsverhältnis von Transformatoren
- Wirkungsgrad von Maschinen
- Gleichrichter und Frequenzumrichter
- DC/DC-Konverter und DC/AC-Konverter



## POWER ANALYSER CASSY PLUS

Erweiterung zu einem 4-Kanal-Isoliervverstärker. Die analogen Ausgänge ermöglichen den Anschluss von z. B. einem Oszilloskop.

Zudem kann ein Ausgang als Funktionsgenerator genutzt werden.

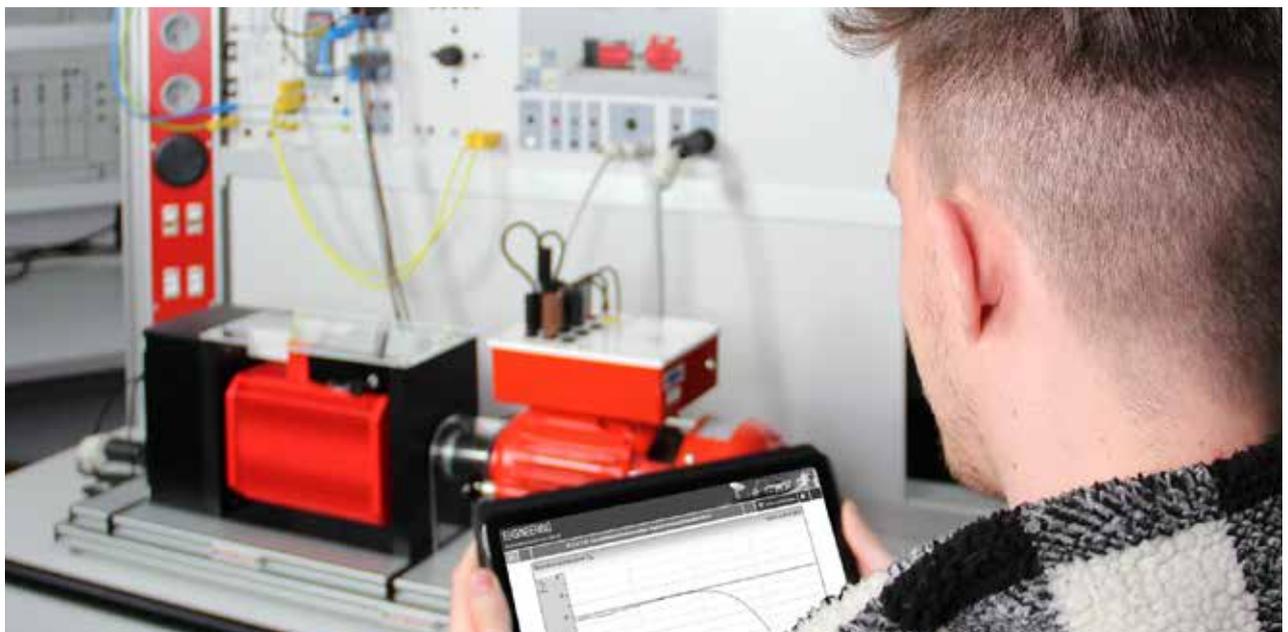


## MASCHINEN TEST CASSY 300 W | 1 KW

Das Maschinen Test CASSY ist Teil des Maschinenprüfsystems zur Analyse elektrischer Antriebe und zur Simulation von Maschinenlasten. Als kompaktes Gerät kann es im Experimentierkasten oder als Tischgerät genutzt werden.

Zusätzlich besitzt es ein leistungsfähiges Mess- und Analysesystem mit vier isolierten und potentialfreien Messkanälen zur jeweils gleichzeitigen Messung von Strom und Spannung.

- Analyse von Maschinen als Motor und als Generator
- Verhalten an verschiedene Lastfälle, z. B. Schwungmasse, Gebläse usw.
- Verhalten von zeitlich variablen Lastfällen
- Untersuchung von Frequenzumrichter mit Asynchronmaschine, IMP-Maschinen
- Anlassen mit Stern-Dreieck-Schaltung, Softstarter und Frequenzumrichter
- Parametrierung von Steuergeräten für Sanftanlauf oder Schweranlauf mit Schleifring-Läufer



# DIE CASSY-FAMILIE

## FÜR DIE BERUFLICHE QUALIFIZIERUNG

Die technischen Angaben gelten für die folgenden Produkte aus dieser Familie:

### MESSFUNKTIONEN & STEUERUNG

- 4-Kanal Power Analyser enthalten
- 1 MSample je Kanal / 16 Bit Abtastung
- 1000 V DC / 700 V AC max. Spannung
- 24 A DC / 16 A AC / max. Strom
- $\varphi, P, f, t, \varphi U_A-U_X$
- integrierter Filter, zuschaltbar, 140 Hz - 560 Hz, -3 dB

### SCHNITTSTELLEN

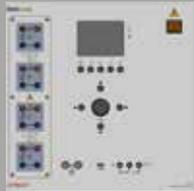
- USB (Typ C Buchse)
- LAN (RJ45)
- WiFi (800.11ag)
- unterstützt WiFi Hotspot

### SOFTWAREUNTERSTÜTZUNG

- CASSY LAB 2
- Lab Docs (Netzwerk, USB)
- LabView™ (Netzwerk, USB)
- MatLab® (Netzwerk, USB)
- WebAPP (Interner Webserver)
- 16 GB interner Speicher
- max. 4 anschließbare TCP-Clients

#### Power Analyser CASSY

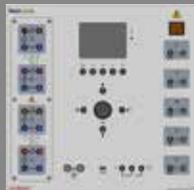
Analyse und Messung von Netzen mit mehreren Phasen



- 4 Kanäle  $\pm 1000\text{ V} / \pm 100\text{ V} / 1\text{ MSamp.} / 16\text{ Bit}$
- 4 Kanäle  $\pm 24\text{ A} / \pm 2,4\text{ A} / 1\text{ MSamp.} / 16\text{ Bit}$

#### Power Analyser CASSY Plus

Netzanalyse und Steuerung von Lasten, Relais, etc.



- 5 Kanäle  $\pm 10\text{ V} / 1\text{ MS} / 12\text{ Bit}$  als analoger Ausgang

#### Maschinen Test CASSY 0,3

Prüfung und Analyse von elektrischen Maschinen und Antrieben bis ca. 300W



- spezielle Messgrößen integriert ( $T_M, n_M, \alpha_M$ )
- Messgrößen in Echtzeit ( $U_M, I_M, P_{eM}, \varphi_M, P_{mecM}, S_M, Q_M, s_M, \eta_M$ )
- 1 Kanal  $\pm 10\text{ V} / 1\text{ MS} / 12\text{ Bit}$  als analoger Ausgang
- 2 analoge Kanaleingänge  $\pm 10\text{ V}$
- 1 digitaler Kanaleingang 0- 5/24V
- Dynamometer, digitales Tachometer & Temperaturüberwachung

#### Maschinen Test CASSY 1,0

Prüfung und Analyse von elektrischen Maschinen und Antrieben bis ca. 1.000W



- spezielle Messgrößen integriert ( $T_M, n_M, \alpha_M$ )
- Messgrößen in Echtzeit ( $U_M, I_M, P_{eM}, \varphi_M, P_{mecM}, S_M, Q_M, s_M, \eta_M$ )
- 1 Kanal  $\pm 10\text{ V} / 1\text{ MS} / 12\text{ Bit}$  als analoger Ausgang
- 2 analoge Kanaleingänge  $\pm 10\text{ V}$
- 1 digitaler Kanaleingang 0- 5/24V
- Dynamometer, digitales Tachometer & Temperaturüberwachung

#### Converter Controller CASSY

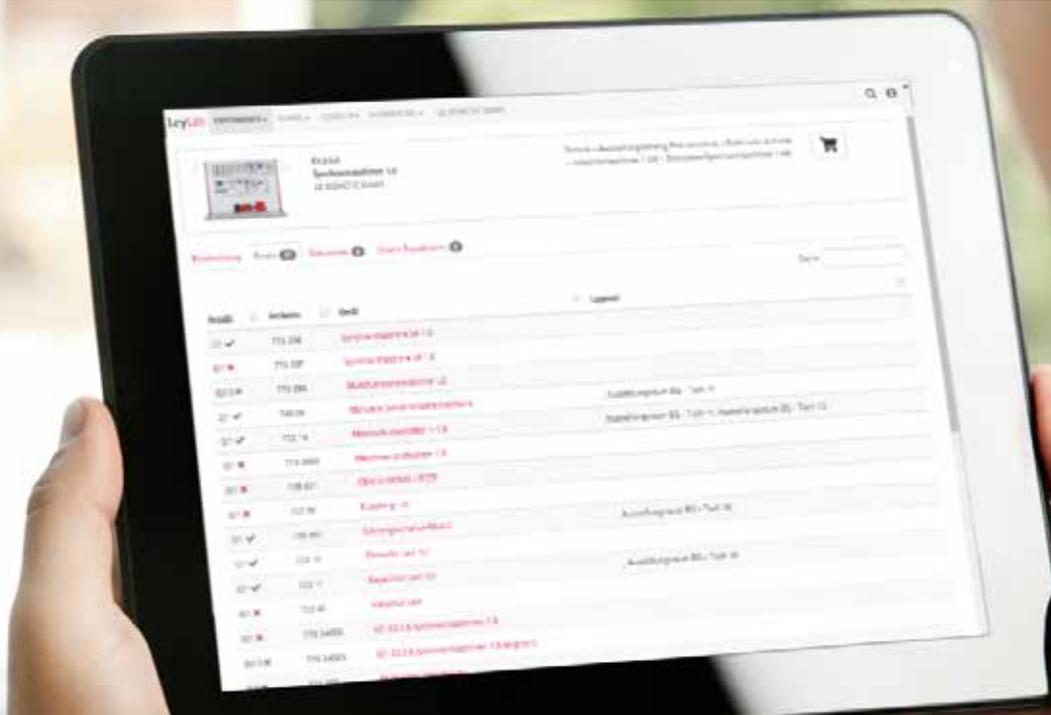
Ansteuerung von Antrieben mit unterschiedlichen Signalformen mit und ohne Regelung



- spezielle Messgrößen integriert ( $U_{DC}, I_{DC}, I_U, I_W, n_x, \alpha_x, \alpha_{Posx}$ )
- 2 analoge Kanaleingänge  $\pm 10\text{ V}$
- 3 digitale Kanaleingänge 0- 5/24V
- analoges & digitales Tachometer, Frequenzumrichter, Resolver, Blockkommutator & Temperaturüberwachung

# LEYLAB -

ONLINE-PORTAL ZUR ORGANISATION & VERWALTUNG VON EXPERIMENTEN, GERÄTEN & LITERATUR



In dem Online-Portal LeyLab finden Ausbilder alles für eine zeitsparende Unterrichtsvorbereitung. Neben der passenden Ausstattung werden auch die entsprechenden Geräte inklusive der digitalen Versuchsanleitungen mit vielen Hinweisen in der Lehrerversion schnell und übersichtlich abgebildet und gefunden. Mit einem Klick kann so der Ausbilder die Anleitungen mit allen Tablets, Smartphones und PCs der Auszubildenden teilen.

- vollständiges Online-Portal
- zentrale Organisation & Verwaltung von Experimenten & Geräten
- keine Installation erforderlich
- für alle Plattformen, Tablets, Smartphones, Laptops oder PCs
- inklusive Video-Tutorials
- jederzeit und von überall aus zugänglich

# EXPERIMENTE-SAMMLUNG

## JEDERZEIT & ÜBERALL

- Zugriff auf den gesamten LD-Experimentierkatalog mit allen relevanten Informationen zu jedem Experiment
- gewünschtes Experiment schnell und zuverlässig finden
- eigene Experimente-Sammlung einrichten
- einfaches Erweitern der LD-Experimente
- eigene, neue Experimente einfach erstellen
- Geräte intelligent verknüpfen
- zusätzliche Dokumente sind dort, wo Sie sie für das Experiment benötigen
- Sammlung von Dokumenten aller Art wie PDFs, Videos oder Links zu Webseiten



## ZENTRAL VERFÜGBARE LITERATUR

- Gekaufte LD-Literatur wird unter zugehöriges Experiment
- Kann leicht mit allen Schülern geteilt werden
- Eigene Experimentieranleitungen können eingebunden werden

## GERÄTESAMMLUNG

### INVENTAR AUF EINEN BLICK

- direkter Überblick über alle verfügbaren Geräte inklusive Anzahl und Lagerort
- sparen Sie Zeit bei der Suche nach Geräten
- detaillierte Informationen zu jedem Gerät
- einfache Inventarisierung der gesamten Sammlung
  - LD-Geräte und Geräte anderer Hersteller
  - mit Barcode-Funktionalität
- übersichtliche Bestandsverwaltung mit Leih- und Rückgabefunktion

## ALLES AN EINEM ORT

### LIZENZVERWALTUNG

- alle LD-Software und Literaturversuche
- Lizenzcodes werden sicher in der Cloud gespeichert, so dass sie nicht verloren gehen und verwendet werden können, um Software auf neuer Hardware zu installieren

## GASTZUGANG & ZUSAMMENARBEIT

### INFORMATIONEN TEILEN

- Zugriff von Dritten auf LeyLab ist möglich
- Kollaboration mit Kollegen
- Benutzerverwaltung mit verschiedenen Zugriffsebenen
- Austausch von Informationen ermöglicht eine zentralisierte Organisation

# EXPERIMENTIERANLEITUNGEN

## PERFEKTE UNTERSTÜTZUNG FÜR AUSBILDER & AUSZUBILDENDEN

Die bekannten Versuchsanleitungen in Papierform sind jetzt nicht nur digital, sondern interaktiv und bearbeitbar. Antworten geben die Auszubildenden direkt am Tablet in Lab Docs ein. Messwerte fließen in Echtzeit in Tabellen und können unmittelbar analysiert werden. Neben Altbekanntem wie Anleitung, Aufgaben und Auswertung sind Bilder und Videos integrierbar. Alles in Einem entsteht ein komplettes digitales Protokoll, das gespeichert und zur Korrektur einfach geteilt werden kann.

Lab Docs können auf jedem Tablet, Smartphone oder PC der Auszubildenden aufgerufen werden - unabhängig vom Hersteller und der Softwareplattform. Alle Problemthemen wie Installationen, Updates, Gerätealter oder Mix an Herstellern sind damit passé. Nach dem Öffnen des Lab Docs können die Auszubildenden sofort damit arbeiten.

### SCHÜLERTEIL

**Beobachtung und Messergebnisse**

- Geben Sie die das Maschinen Test CASSY bei in dem Sie einmal die weiße Taste drücken.
- Jetzt ist die Maschine aktiv und eingeschaltet.
- Starten Sie die Messung mit der Start/Stopp Taste. ☐ sollte die Messung wiederholt werden dann ☐ - ☐ - ☐. Alle Messwerte löschen.

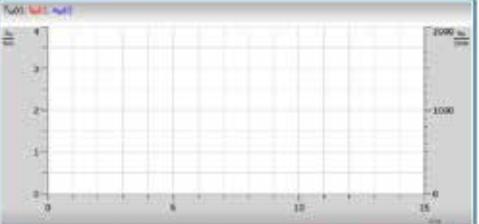


Abb. 3: Drehmoment  $T_{MP}$ , Drehzahl  $n_{sp}$  und Maschinenstrom  $I_{sp}$  mit einer Massenlast von  $0,05 \text{ kg}$

- Bestimmen Sie mithilfe der Schieberegler die Anlaufzeit des Motors bei einer Schwungmasse von  $0,050 \text{ kg}$ .

### LEHRERTEIL

**Beobachtung und Messergebnisse**

- Geben Sie die das Maschinen Test CASSY bei in dem Sie einmal die weiße Taste drücken.
- Jetzt ist die Maschine aktiv und eingeschaltet.
- Starten Sie die Messung mit der Start/Stopp Taste. ☐ sollte die Messung wiederholt werden dann ☐ - ☐ - ☐. Alle Messwerte löschen.

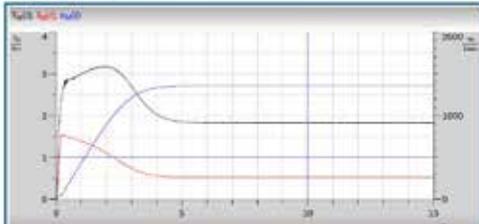


Abb. 4: Drehmoment  $T_{MP}$ , Drehzahl  $n_{sp}$  und Maschinenstrom  $I_{sp}$  mit einer Massenlast von  $0,05 \text{ kg}$

- Bestimmen Sie mithilfe der Schieberegler die Anlaufzeit des Motors bei einer Schwungmasse von  $0,050 \text{ kg}$ .

$n_{sp} = 300 \text{ 1/min}$   
 $t = 30,0 \text{ s}$

## VORBEREITUNG ZEITSPAREN

- LeyLab enthält alle erworbenen LD-Experimente Anleitungen, kann von überall aus abgerufen werden
- Alle Informationen sind direkt am Experiment verfügbar - Literatur, benötigte Geräte, Lagerort und zusätzliche Informationen
- Liste der durchführbaren Experimente mit vorhandenen Geräten kann heruntergeladen werden
- Experimentieranleitung enthält detaillierte Begleitinformationen mit Experimentzielen, Auswertung und weiteren Informationen
- Einfache Weitergabe der Experimentieranleitung
- Kostenlose Online-Updates der Experimentieranleitungen in LeyLab

## EXPERIMENTIEREN EINFACH ZU BEDIENEN & FUNKTIONELL

- Klar strukturierte Arbeitsblätter mit Hinweisen und Abbildungen
- Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Durchführung von Experimenten und Warnhinweisen für sicheres Experimentieren
- Reale Beispielmessergebnisse und Diagramme für Auszubildende zur eigenen Kontrolle



## VERTEILUNG LITERATUR

- Teilen der Experimentieranleitung in LeyLab mit allen Auszubildenden
- Über QR-Code vor Ort oder im Online-Unterricht
- Per Link per E-Mail, Lernplattform oder Online-Klassen
- Per PDF-Datei per E-Mail, Lernplattformen oder Online-Klassen

## UNTERSTÜTZUNG ONLINEPLATTFORMEN

- Microsoft Teams for Education
- Moodle
- mebis
- LOGINEO NRW
- und andere auf Moodle basierende Plattformen



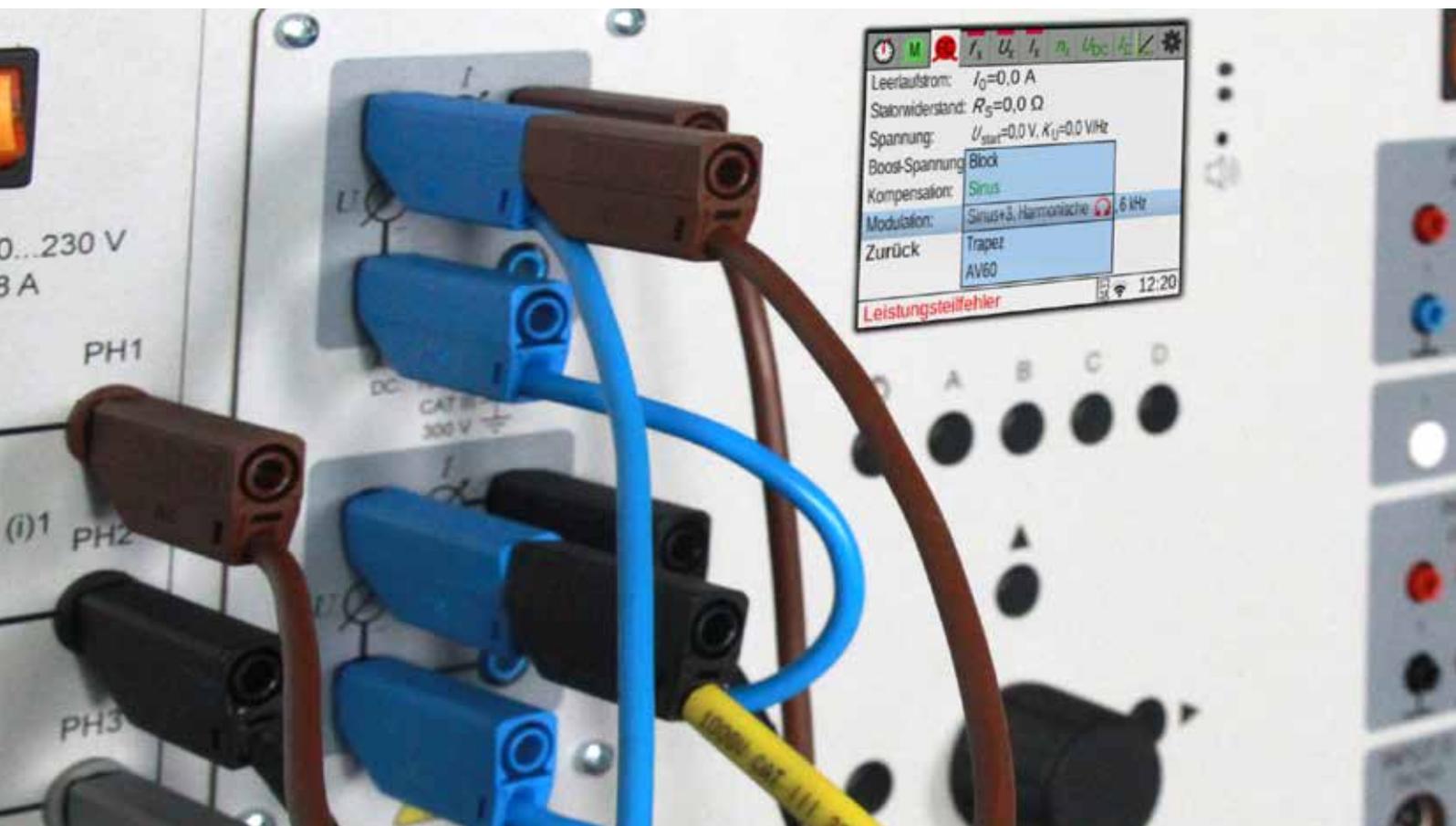
## LAB DOCS EDITOR PRO

*Digitale Versuchsanleitungen selbst erstellen oder einfach anpassen*

Um das bestmögliche Lernergebnis zu erzielen, können ab sofort die digitalen Versuchsanleitungen auf das eigene didaktische und methodische Konzept angepasst werden. Das funktioniert ganz einfach mit der Leybold Software Lab Docs Editor Pro. Ohne Vorkenntnisse können so auch ganz neue eigene Versuchsanleitungen entstehen.

- Erstellen von Anleitungen und Aufgaben; integrieren und anpassen von interaktiven Diagrammen und Tabellen; Hinzufügen von Text- und Antwortfeldern
- Einfügen von Bildern, Vektorgrafiken, Hyperlinks, etc.
- Materiallisten vorbereiten und erstellen
- Formeln in LaTeX-Syntax erstellen
- Einbetten von Videos und Webseiten z. B. GeoGebra

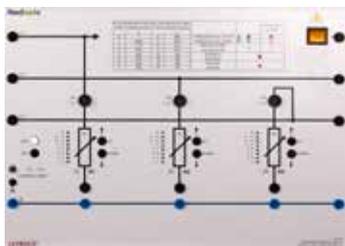
# TRAININGSPLATTEN SYSTEM – TPS



Die LEYBOLD Experimentierplatten sind der Kern eines erfolgreichen Lernsystems. Die damit zusammengestellten Ausstattungen zeichnen sich durch ihre übersichtliche Gliederung aus. Mit TPS-Ausstattungen lassen sich alle notwendigen Lernfelder im jeweiligen Themengebiet erarbeiten.

## DAS MODULARE LEHRPLATTEN-SYSTEM FÜR DEN SCHÜLER- & DEMONSTRATIONSVERSUCH

- Einsatz von Originalkomponenten
- Versuchsliteratur zur Unterrichtsvorbereitung und Versuchsdurchführung
- übersichtliche Frontansichten



Der konsequente Einsatz von 4-mm-Sicherheitsbuchsen, Kabeln und Brückensteckern ermöglicht die sichere Durchführung von Versuchen. Unterstützt durch umfassende Experimentieranleitungen, haben die Auszubildenden vielfältige Möglichkeiten, neues Wissen und Fähigkeiten zu erlernen und gleichzeitig bereits erworbenes Wissen zu festigen.

Das bewährte TPS-Experimentierplattensystem ist ebenso hervorragend geeignet, um komplexe Versuche durch die Lehrkraft zu demonstrieren. Die zusätzlich einsetzbaren Technologien TPS.NET und CASSY eröffnen die Option alle Versuche auch computerunterstützt durchführen zu können. Somit ist eine Brücke zwischen klassischer Lernerfahrung und neuer Technologie verfügbar.

Dank des stabilen Metallgehäuses können Geräte auch als Pultgehäuse verwendet werden.



*Durch das modulare Konzept können Techniklabore mit dem TPS-System schnell und einfach umgerüstet oder erweitert werden.*

# FACHRAUMPLANUNG & -EINRICHTUNG



Die LD DIDACTIC hat mit der ELABO GmbH einen Partner für die Ausstattung von Ausbildungslaboren gewonnen. Kunden können auf die Kompetenz und Erfahrung von gleich zwei langjährigen Experten für die Planung und Realisierung neuer Fachräume in der Kfz- und Elektrotechnik zurückgreifen.

Durch diese Kooperation steht der LD DIDACTIC ein Unternehmen zur Seite, das seit 1972 für seine Innovationen und Qualität elektrotechnischer Laborausstattungen bekannt ist. ELABO zählt dabei auch als Pionier bei der Berücksichtigung ergonomischer Aspekte, sowie der Integration von Stromversorgung und Messgeräten in das Labormobiliar.

Partnervorteile im Überblick:

- zwei Experten liefern aus einer Hand bei nur einem Ansprechpartner
- Synergie aus Laborausstattung und Lehrsystem für einen effizienten Unterricht
- professionelle Planung und Visualisierung des künftigen Labors
- flexible Funktionalitäten im Mobiliar integrierbar
- individuelle Arbeitsplatzlösungen (z. B. passgenauer Stauraum und kreative Nebenraumlösungen)
- digitaler Unterricht durch Software zur Raum- und Gerätesteuerung
- kreative Lösungen schaffen zeitgemäßes Lernumfeld
- modulare Einrichtungs- und Ausbildungslösungen mit Flexibilität für die Herausforderungen künftiger Ausbildungsaufgaben
- unterschiedliche Ausstattungslinien für spezifische Anforderungen
- Umsetzung mit Komplettbudget
- moderne Einrichtungslösungen schaffen optimale Lernatmosphären



## E2.1.5.2 Asynchronmaschinen mit Wechselrotoren

Weitere Informationen finden Sie auf Seite 35.



# KAPITELÜBERSICHT

- E2.1 GRUNDLAGEN DER ELEKTRISCHEN MASCHINEN & NETZE**
  - E2.1.1 ELEKTRO LEHRMASCHINEN ELM**
    - E2.1.1.1 ELM-Basismaschinen für Kleinspannung
    - E2.1.1.2 ELM-Linearmotor für Kleinspannung
    - E2.1.1.3 ELM-Effizienzmaschinen für Kleinspannung
  - E2.1.2 COM4LAB: MOTOREN & GENERATOREN**
    - ME2.1.2 COM4LAB: Drehstromtechnik
    - ME2.1.3 COM4LAB: Asynchronmaschinen
    - ME2.1.4 COM4LAB: Synchronmaschinen
    - ME2.1.5 COM4LAB: Gleichstrommaschinen
  - E2.1.3 GRUNDLAGEN DER EINPHASEN- & DREIPHASEN ENERGIENETZE**
    - E2.1.3.1 Lastverhalten in Gleich- 1 Phasen- und 3 Phasennetze
  - E2.1.4 ELEKTROMASCHINEN-TRAINER**
    - E2.1.4.1 Elektromaschinen-Trainer, Komplettsystem
    - E2.1.4.2 Elektromaschinen-Trainer, Grundausstattung
    - E2.1.4.3 Elektromaschinen-Trainer, Ergänzung
  - E2.1.5 INDUSTRIEMASCHINEN MIT WECHSELLÄUFERN**
    - E2.1.5.1 Industrielle DC-Maschine mit Wechselläufern
    - E2.1.5.2 Industrielle Asynchronmaschinen mit Wechselläufern
    - E2.1.5.3 Industrielle Synchronmaschinen mit Wechselläufern

### Elektro Lehrmaschinen ELM

E2.1.1.1  
ELM-Basismaschinen für Kleinspannung



ELM-Basismaschinen für Kleinspannung (E2.1.1.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.1.1
563 11	ELM Spule 250 Windungen	6
563 12	ELM Kurzschlussrotor	1
563 13	ELM Bürste	5
563 17	ELM Zentrierscheibe	1
563 181	ELM Bürstenbrücke	1
563 22	ELM Zweipolrotor	1
563 23	ELM Dreipolrotor	1
563 24	ELM Trommelrotor	1
563 25	ELM Drehfeldlasche und Kurzschlussring	1
563 28	ELM Magnetenrotor	1
563 29	ELM Alu-Ring mit Eisenscheibe	1
563 091	ELM Magnetpolschuh	2
563 101	ELM Breiter Spulen-Polschuh	3
563 115	ELM Spule 500 Windungen	3
563 201	ELM Schmäler Spulen-Polschuh	6
563 211	ELM Spalt-Polschuh für Spulen	2
727 811	Maschinengrundeinheit	1
727 82	Anschlussgrundeinheit	1
727 83	Auflagefoliensatz	1
727 85	Anlasser	1
727 86	Feldsteller	1
727 87	Stern-Dreieck Last	1
727 88	Antriebseinheit	1
685 96	Treibriemen lang	1
510 48	Magnete, 35 mm Ø, Paar	1
578 16	Kondensator 4,7 µF, STE 2/19	3
579 06	Schraubfassung E10, oben, STE 2/19	3
505 171	Glühlampe 6 V/1,1 W, E10, Satz 10	3
505 191	Glühlampe 15 V/2 W, E10, Satz 5	3

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.1.1
579 10	Taster (Schließer), STE 2/19	1
579 13	Kippschalter STE 2/19	1
563 04	Aufbewahrungstablett für ELM-Geräte	1
564 171	LIT: Elektro-Lehrmaschinen	1
727 100	Power Analyser CASSY	1
580 0136	Drehzahlmesser-Handgerät	1*
725 722	Kleinspannung-Dreiphasengenerator	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 592	Sicherheits-Verbindungsstecker mit Abgriff, schwarz, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
505 171	Glühlampe 6 V/1,1 W, E10, Satz 10	3
505 191	Glühlampe 15 V/2 W, E10, Satz 5	3
563 16	Innensechskant-Schraubendreher	1
563 31	Öl, 100 ml, in Tropfflasche	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Diese Ausstattung ermöglicht mit wenigen überschaubaren Einzelkomponenten Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrommaschinen aufzubauen. Die aufgebauten Maschinen entsprechen der jeweiligen physikalischen Funktion und erlauben in den Experimenten, diese in den verschiedenen Schaltungsarten zu untersuchen.

Der Ständerstromkreis wird auf einer Anschlussgrundeinheit und mit einer Aufbauhilfe so montiert, dass der benötigte Luftspalt zum Läufer eingestellt ist. Alle Versuche werden mit ungefährlicher Kleinspannung (Schutzkleinspannung) betrieben.

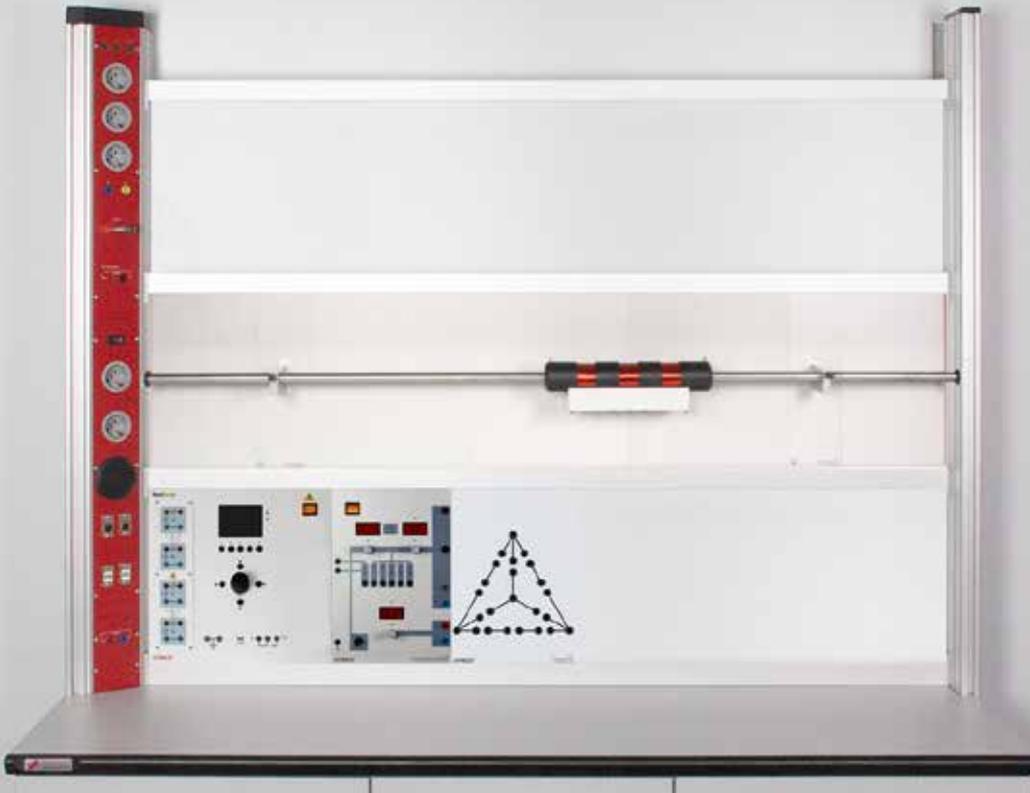
### Elektro Lehrmaschinen ELM

E2.1.1.2

ELM-Linearmotor für Kleinspannung

E2.1.1.3

ELM-Effizienzmaschinen für Kleinspannung



ELM Linearmotor für Kleinspannung (E2.1.1.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.1.2	E2.1.1.3
727 91	Linearmotor-Grundeinheit	1	
727 92	Linearmotor mit Spulenkörper	1	
563 04	Aufbewahrungstablrett für ELM-Geräte	1	1
727 800	Aufbewahrung ELM		1
564 171	LIT: Elektro-Lehrmaschinen	1	1
727 100	Power Analyser CASSY	1	1
580 0136	Drehzahlmesser-Handgerät	1*	1*
725 722	Kleinspannung-Dreiphasengenerator	1	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1	1
500 592	Sicherheits-Verbindungsstecker mit Abgriff, schwarz, Satz 10	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1
727 812	ELM Rotorlagegeber		1
727 815	ELM Satz Multipolstator/-rotor		1
727 816	ELM PM Rotor-Magnete innen		1
727 811	Maschinengrundeinheit		1
727 82	Anschlussgrundeinheit		1
727 83	Auflagefoliensatz		1
727 87	Stern-Dreieck Last		1
727 88	Antriebseinheit		1
685 96	Treibriemen lang		1
510 48	Magnete, 35 mm Ø, Paar		1
579 06	Schraubfassung E10, oben, STE 2/19		3
505 171	Glühlampe 6 V/1,1 W, E10, Satz 10		3
505 191	Glühlampe 15 V/2 W, E10, Satz 5		3
775 071DE	LIT: Elektrische Maschinen in Hybrid- und Elektrofahrzeugen		1
563 16	Innensechskant-Schraubendreher		1
563 31	Öl, 100 ml, in Tropfflasche		1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

#### E2.1.1.2 ELM-Linearmotor für Kleinspannung

Linearmotoren sind Maschinen mit einer geradlinig linear wirkenden Kraft. Die verschiedenen Bauformen und Wirkungsprinzipien werden aus den bekannten rotierenden elektrischen Maschinen abgeleitet. In der Praxis gibt es Asynchronlinearmotoren und permanenterregte Synchronlinearmotoren. Die einfache und robuste Bauart des Asynchronlinearmotors hilft, die Grundprinzipien dieser Antriebe zu verstehen.

#### E2.1.1.3 ELM-Effizienzmaschinen für Kleinspannung

Durch die verlustlose Rotorerregung und aufgrund des geringeren Rohstoffesatzes (Al, Fe, Cu) steigt die Energieeffizienz im Vergleich zu einem klassischen Synchronmotor. Beim Einsatz als Direktantrieb lässt sich bei kleinen Motorleistungen ein zusätzlicher Effizienzgewinn gegenüber Getriebemotoren ausmachen: Permanentmagnet-Motoren sind verschleißfrei und benötigen weder Schmiermittel noch Getriebe. Auch als Generator in Kleinstkraftwerken erreichen Effizienzmaschinen höhere Wirkungsgrade, als es bisherige Lösungen zulassen. In Verbindung mit der Drehstrom-Spannungsversorgung können block- und sinusförmige Modulationsarten untersucht werden. Auch die Funktion des mit Hallelementen bestückten Rotorlagegebers ist Gegenstand der Experimente. Durch einfache Verbindung der Wicklungen mittels Brückensteckern lassen sich Stern- und Dreieckschaltung schnell und übersichtlich ineinander umwandeln. Es sind zwei Hoch-Effizienz-Rotoren verfügbar: ein Rotor mit aufgeklebten äußeren Magneten und ein Rotor mit eingelassenen inneren Magneten. Zur Polunterscheidung sind die Magnete farbig markiert. Die 10-poligen Ständerwicklungen sind ebenfalls farbig ausgeführt, um die Zuordnung zu den drei Phasen zu verdeutlichen.

### COM4LAB: Motoren & Generatoren

ME2.1.2  
COM4LAB: Drehstromtechnik

ME2.1.3  
COM4LAB: Asynchronmaschinen



COM4LAB: Drehstromtechnik (ME2.1.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	ME2.1.2	ME2.1.3
700 2401	COM4LAB Board: Drehstromtechnik - COM4LAB ready	1	
70025-00	COM4LAB Board: Elektrische Maschinen		1
70025-20	COM4LAB Kurs: Asynchronmaschinen		1
70000-00	COM4LAB Master Unit	1	1
70000-11	USB-C Ladegerät 45 W Eurostecker (Typ C)	1	1
70000-22	COM4LAB Satz Sicherheitskabel, 2 mm, 24 St	1	1

#### ME2.1.2 COM4LAB: Drehstromtechnik

Der COM3LAB-Kurs zu den Grundlagen von Drehstromsystemen. Praxisrelevante Versuche erläutern z.B. die Entstehung von Drehfeldern oder die Funktion des Transformators. Weiterhin behandelt der Kurs das Verhalten passiver Bauteile in unterschiedlichen Schaltungen. Spule, Kondensator und Widerstand werden in verschiedenen Kombinationen analysiert und berechnet. Ein 8-kanaliges Oszilloskop ermöglicht die gleichzeitige Messung aller Spannungen und Ströme im Drehstromnetz.

#### ME2.1.3 COM4LAB: Asynchronmaschinen

Der COM4LAB Kurs „Asynchronmaschinen“ ist der erste Kurs zu der faszinierenden Welt der elektrischen Maschinen. Das Betriebsverhalten der Asynchronmaschinen wird sowohl auf physikalisch-mechanischer Ebene erklärt als auch durch Aufnahme von Kennlinien mittels eines integrierten Maschinentestsystems untersucht. Anlusstechniken von Asynchronmaschinen, Änderung der Drehrichtung und Drehzahlsteuerung werden anhand einer Vielzahl von Versuchen praktisch erarbeitet. Der Kurs besteht aus 10 Kapiteln.

#### Themen

- Kenngrößen im Drehstromnetz
- Darstellung von Liniendiagrammen und Phasenbeziehungen
- Stern- und Dreieckschaltung mit unterschiedlichen Verbrauchern
- Messungen von Strang- und Leitergrößen
- ohmsche Last
- Symmetrische und unsymmetrische Belastungen
- Leistungsmessung im Drehstromnetz

### COM4LAB: Motoren & Generatoren

ME2.1.4  
COM4LAB: Synchronmaschinen

ME2.1.5  
COM4LAB: Gleichstrommaschinen



Kat.-Nr.	Bezeichnung	ME2.1.4	ME2.1.5
70025-00	COM4LAB Board: Elektrische Maschinen	1	1
70025-30	COM4LAB Kurs: Synchronmaschinen	1	
70025-40	COM4LAB Kurs: Gleichstrommaschinen		1
70000-00	COM4LAB Master Unit	1	1
70000-11	USB-C Ladegerät 45 W Eurostecker (Typ C)	1	1
70000-22	COM4LAB Satz Sicherheitskabel, 2 mm, 24 St	1	1

#### ME2.1.4 COM4LAB: Synchronmaschinen

Der COM4LAB Kurs „Synchronmaschinen“ ist der zweite Kurs zu der faszinierenden Welt der elektrischen Maschinen. Das Betriebsverhalten der Synchronmaschinen, die Drehzahlmessung und die Drehzahlstellung werden untersucht. Der Aufbau und die Wirkungsweise des Schrittmotors und dessen Betriebsverhalten werden anhand einer Vielzahl von Versuchen praktisch erarbeitet. Der Kurs besteht aus 9 Kapiteln.

#### ME2.1.4 COM4LAB: Synchronmaschinen

Der COM4LAB Kurs „Gleichstrommaschinen“ ist der dritte Kurs zu der faszinierenden Welt der elektrischen Maschinen. Das Betriebsverhalten der Gleichstrommaschinen wird für unterschiedliche Anschlussarten erklärt und anhand einer Vielzahl von Versuchen praktisch erarbeitet. Der Kurs besteht aus 9 Kapiteln.

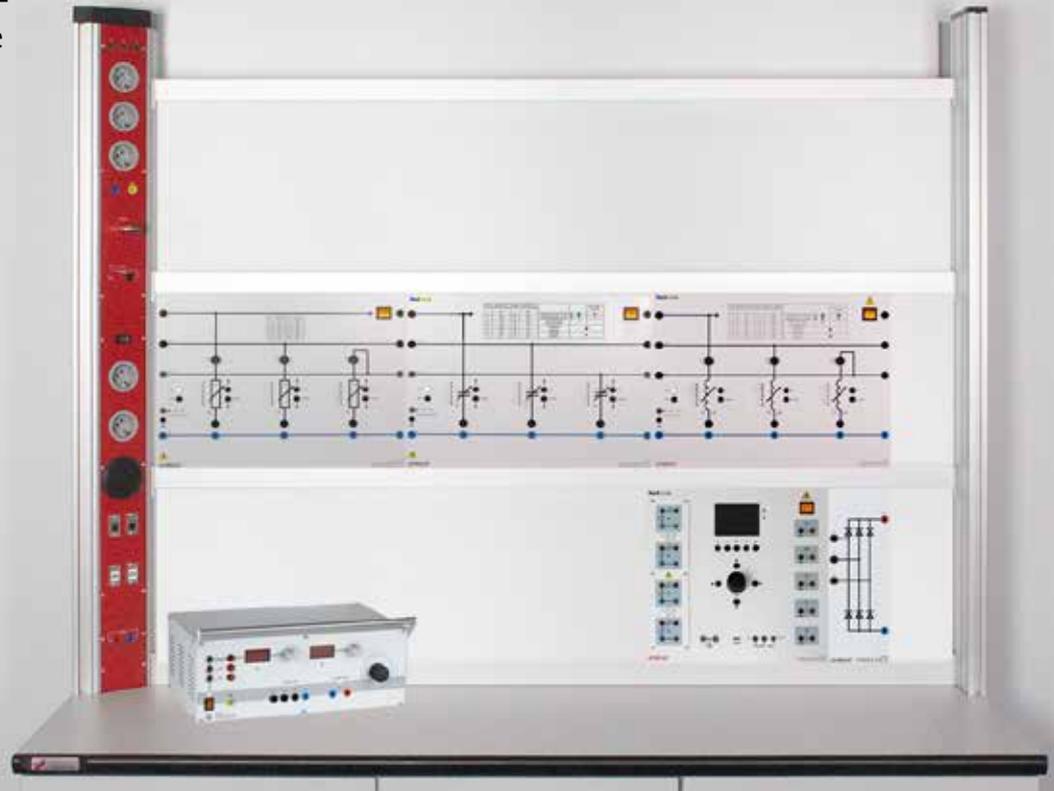
#### Themen

- Aufbau
- Schaltbilder  
Blockschaltbild | Ersatzschaltbild
- Anschlussarten  
Fremderregung | Nebenschluss | Reihenschluss | Generatorbetrieb

### Grundlagen der Einphasen- & Dreiphasen Energienetze

E2.1.3.1

Lastverhalten in Gleich-  
1 Phasen- & 3 Phasennetzen



Lastverhalten in Gleich- 1 Phasen- & 3 Phasennetzen (E2.1.3.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.3.1
773 360	Steuerbare ohmsche Last 0,3 kW	1
773 362	Steuerbare kapazitive Last 0,3 kW	1
773 364	Steuerbare induktive Last	1
735 065	Gleichrichter B6, 3X400 V/10 A	1
735 095	Kapazität 2x 1000 µF; 385 V	1
116 0-60070ECT	LIT: Lasten in DC und AC-Netze (englisch)	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
725 442DG	Drehspannung 400 V/2,5 A	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 617	Sicherheitskabel 25 cm, braun	3
500 614	Sicherheits-Experimentierkabel 25 cm, schwarz	3
500 6181	Sicherheitskabel 25 cm, grau	3
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau	9
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Ausstattung ermöglicht die Untersuchung der Eigenschaften von elektrischer Energie in Einphasen- und Dreiphasensystemen. Besonderes Augenmerk wird auf die messtechnische Analyse der physikalischen Parameter (Spannung, Strom, Phase, Leistung) gelegt. Damit handelt es sich um eine hervorragende Ausstattung zum Einstieg in die Drei-Phasen-Technik.

Das Messinstrument Power Analyser CASSY wurde speziell für diese Art von Versuchen entwickelt. Die Vektordarstellung für den Zusammenhang von Strom, Spannung und zugehöriger Phasenwinkel in Abhängigkeit der Lasten ist in diesem Gerät integriert. Diese Echtzeitdarstellung vermittelt die Auswirkungen unterschiedlicher Netzbelastungen besonders eindrücklich.

Die Ausstattung eignet sich gleichermaßen für Schüler- und Studentenversuche im Labor mit Niederspannung (Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom) und -bei fahrbarem Versuchsstand - für die Lehrerdemonstration im Klassenzimmer oder Hörsaal. Die Durchführung der Versuche erfolgt nach Handbuch.

#### Themen

- Einphasensystem / Dreiphasensystem
- Darstellung von Phasen und Phasenunterschieden (Oszilloskop-Darstellung und Vektordiagramm)
- ohmsche Last / ohmsches Gesetz
- Sternschaltung / Dreieckschaltung
- Einfluss induktiver und kapazitiver Belastung
- Wirkleistung, Blindleistung und Scheinleistung
- Grundlagen der Lastkompensation

### Elektromaschinen-Trainer

E2.1.4.1  
Elektromaschinen-Trainer,  
Komplettsystem

E2.1.4.2  
Elektromaschinen-Trainer,  
Grundausrüstung

E2.1.4.3  
Elektromaschinen-Trainer,  
Ergänzungsausrüstung



Elektromaschinen-Trainer, Grundausrüstung (E2.1.4.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.4.1	E2.1.4.2	E2.1.4.3
62- 100	Elektro-Maschinen-Trainer - Grundmodul	1	1	
67- 190	RC Last	1		
62- 102	Bürstenverstellung	1		
67- 113	Variabler Widerstand 200 Ohm 3A	1		
65- 130	Schalteinheit Elektro-Maschinen-Trainer	1		
67- 470	Reibungsbremse	1		
731 62	Synchronisierungsanzeige	1		
775 215EN	Lit: Elektromaschinen-Trainer (englisch)	1	1	
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3	1		1
773 1910	Dynamometer 0,3 DM	1		1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1		1
731 06	Kupplung 0,3			1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1		1
580 0136	Drehzahlmesser-Handgerät	1		
725 442DG	Drehspannung 400 V/2,5 A	1		
726 85	Stelltransformator 0...260 V	1		
738 01	Kabel- und Steckerbox	4	4*	
726 287	Profilrahmen FB T150, dreizeilig	1		
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1*	
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1*	
724 733	Fahrbarer Kabelhalter	1	1*	
62- 101	Aufbewahrungsplatte Elektro-Maschinen-Trainer		1	

\* zusätzlich empfohlen

Die Ausstattung Elektromaschinen-Trainer basiert auf einem Lehrsystem mit zerlegbaren didaktischen Maschinen. Die aus einzelnen Komponenten – aus einem Bausatz nach Anleitung zusammengesetzten Maschinen können vollständig messtechnisch untersucht und miteinander verglichen werden.

#### Lernziele

- Erklärung der Bestandteile eines elektrischen Motors
- Elektromagnetische Grundlagen
- Gleichstrommotoren
- Generatoren
- Reihen-, Neben- und Verbundschlussmotoren
- Einphasige und dreiphasige Wechselstrommotoren und -generatoren
- Serien-, Universal-, Kondensatormotoren
- Störungen in elektrischen Motoren

#### E2.1.4.2 Elektromaschinen-Trainer, Grundausrüstung

Diese Ausstattung ist eine reduzierte Ausstattung des Komplettsystems in E2.1.4.1. Alle Versuche werden ebenfalls mit dem Bausatz zerlegbaren didaktischen Maschinen durchgeführt. Dazu sind einfache Werkzeuge, wie Schraubendreher und Zange notwendig.

#### E2.1.4.3 Elektromaschinen-Trainer, Ergänzung

Mit diesem Lehrsystem werden elektrische Maschinen aus Einzelelementen aufgebaut und untersucht. Die Themen sind sehr vielfältig und reichen von den Grundlagen magnetischer Stromkreise über Kommutatormaschinen bis zu Drehstrommaschinen. Alle relevanten Bauteile der Motoren sind sichtbar und müssen mechanisch aufgebaut und elektrisch angeschlossen werden.

### Industriemaschinen mit Wechselläufern

E2.1.5.1  
Industrielle DC-Maschine mit Wechselläufern



Industrielle DC-Maschine mit Wechselläufern (E2.1.5.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.5.1
774 7726	Gleichstromstator NS 0,3 kW	1
774 7728	Gleichstromrotor 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
775 190DE	LIT: Gleichstrommaschinen 0,3 kW	1
725 852DG	DC-Motorenversorgung 0,3 kW	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1
774 7730	Montagesatz Sockel Wechselrotoren 0,3 kW	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die DC-Maschinen mit Wechselläufer bestehen aus einem Läufer und zwei verschiedenen Ständer. Erst durch den Zusammenbau von Ständer und Läufer entsteht eine betriebsbereite elektrische Maschine der 300 W Klasse. Der Ständer enthält eine Nebenschlusswicklung oder eine Reihenschlusswicklung, das A-Lagerschild und den Klemmkasten.

Das Ständergehäuse ist auf einen Sockel montiert und kann direkt mit dem Maschinen Test System 0,3 kW verbunden werden. Die sichere Verbindung von Ständer und Läufer übernehmen Sterngriff-Zugbolzen, die einen schnellen Wechsel des Läufers erlauben. Werkzeug ist dazu nicht erforderlich.

Die Läufer sind mit B-Lagerschild, Lüfterrad, Abdeckhaube und Kommutator, Bürsten, etc. ausgestattet. Zusammen mit dem Maschinenprüfsystem lassen sich die Kennlinien der Maschinen auf die Eigenschaften des jeweiligen Ständers zurückführen. Abhängig vom verwendeten Ständer zeigt die Modellmaschine dann die typischen Eigenschaften von Nebenschluss- und Reihenschlussmaschinen.

#### Themen

- Aufnahme der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie
- Bestimmung der Nennbetriebswerte elektrischer Maschinen als Motor oder als Generator
- Vergleich der Wirkungsgrade unterschiedlicher Maschinen als Motor oder als Generator
- Belastungskennlinie im Generatorbetrieb
- Leerlaufkennlinie im Generatorbetrieb

### Industriemaschinen mit Wechselläufern

E2.1.5.2

Industrielle Asynchronmaschinen mit Wechselläufern



Asynchronmaschinen mit Wechselrotoren (E2.1.5.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.5.2
774 7720	Drehstromstator 0,3 kW	1
774 7721	Kurzschlussrotor 0,3 kW	1
774 7729	Kurzschlussrotor hoher Effizienz 0,3 kW	1
774 7722	Schleifringrotor 0,3 kW	1
732 29	Läuferanlasser 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
775 200DE	LIT: Asynchronmaschinen 0,3 kW	1
726 75	Dreiphasen-Anschlussinheit mit RCD	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1
774 7730	Montagesatz Sockel Wechselrotoren 0,3 kW	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Asynchronmaschinen mit Wechselläufer bestehen aus einem Ständer und drei verschiedenen Läufern. Erst durch den Zusammenbau von Ständer und Läufer entsteht eine betriebsbereite elektrische Maschine der 300 W Klasse. Der Ständer enthält eine drei Phasenwicklung, das A-Lagerschild und den Klemmkasten.

Die Läufer sind als Käfigläufer aus Aluminium, Käfigläufer aus Kupfer und als Schleifringläufer aufgebaut. Das Ständergehäuse ist auf einen Sockel montiert und kann direkt mit dem Dynamometer 0,3 kW verbunden werden. Die sichere Verbindung von Ständer und Läufer übernehmen Sterngriff-Zugbolzen, die einen schnellen Wechsel des Läufers erlauben. Werkzeug ist dazu nicht erforderlich.

Die Läufer sind mit B-Lagerschild, Lüfterrad, Abdeckhaube und Kommutator, Bürsten, etc. ausgestattet. Zusammen mit dem Maschinenprüfsystem lassen sich die Kennlinien der Maschinen auf die Eigenschaften des jeweiligen Läufers zurückführen. Abhängig vom verwendeten Läufer zeigt die Modellmaschine dann die typischen Eigenschaften von Käfigläufer- und Schleifringläufer-Maschinen.

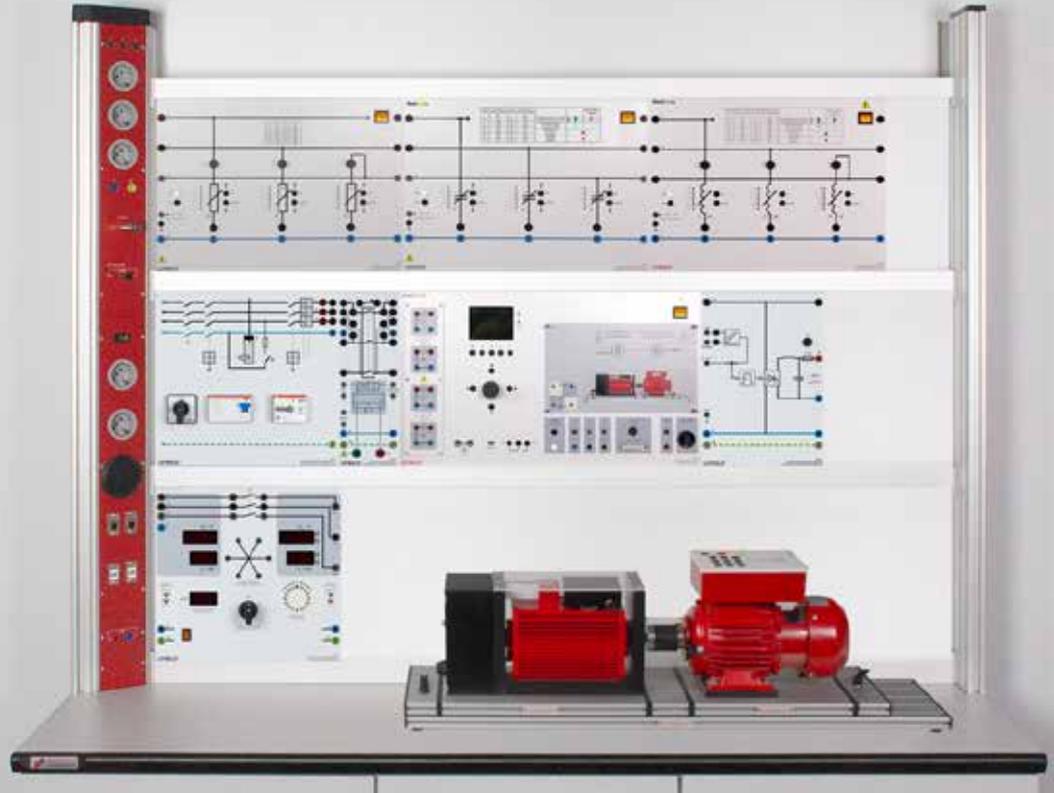
#### Lernziele

- Schutzmaßnahmen und elektrische Sicherheit
- Aufnahme von Maschinenkennlinien
- Aufbau unterschiedlicher elektrischer Maschinen

### Industriemaschinen mit Wechselläufern

E2.1.5.3

Industrielle Synchronmaschinen mit Wechselläufern



#### Synchronmaschinen mit Wechselrotoren (E2.1.5.3)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.1.5.3
774 7720	Drehstromstator 0,3 kW	1
774 7723	Schenkelpolrotor 0,3 kW	1
774 7724	Vollpolrotor 0,3 kW	1
774 7725	Reluktanzrotor 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
775 205DE	LIT: Synchronmaschinen 0,3 kW	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1
745 021	Erregerspannungssteller 200 V/2,5 A	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1
774 7730	Montagesatz Sockel Wechselrotoren 0,3 kW	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Synchronmaschinen mit Wechselläufer bestehen aus einem Ständer und drei verschiedenen Läufern. Auch hier entsteht erst durch den Zusammenbau von Ständer und Läufer eine betriebsbereite elektrische Maschine der 300 W Klasse. Der Ständer enthält eine drei Phasenwicklung, das A-Lagerschild und den Klemmkasten.

Die Läufer sind als Vollpolläufer, Schenkelpolläufer und als Reluktanzläufer ausgeführt. Das Ständergehäuse ist auf einen Sockel montiert und kann direkt mit dem Dynamometer 0,3 kW verbunden werden. Die sichere Verbindung von Ständer und Läufer übernehmen Sterngriff-Zugbolzen, die einen schnellen Wechsel des Läufers erlauben. Werkzeug ist dazu nicht erforderlich.

Die Rotoren sind mit B-Lagerschild, Lüfterrad, Abdeckhaube und Kommutator, Bürsten, etc. ausgestattet. Zusammen mit dem Maschinenprüfsystem lassen sich die Kennlinien der Maschinen auf die Eigenschaften des jeweiligen Läufers zurückführen. Abhängig vom verwendeten Rotor zeigt die Modellmaschine dann die typischen Eigenschaften von Synchronmaschinen als Motor oder Generator.

# KAPITELÜBERSICHT

## E2.2 INDUSTRIEMASCHINEN 300 W

### E2.2.1 TRANSFORMATOREN 300 W

E2.2.1.1 Drehstromtransformator, 0,3 kW

E2.2.1.2 Scott-Transformator, 0,3 kW

E2.2.1.3 AC-Transformator, 0,3 kW

E2.2.1.4 AC-Ringkerntransformator, 0,3 kW

E2.2.1.5 AC-Spartransformator, 0,3 kW

### E2.2.2 GLEICHSTROMMASCHINEN 300 W

E2.2.2.1 Verbundmaschinen, 0,3 kW

E2.2.2.2 Universalmotor DC, 0,3 kW

### E2.2.3 WECHSELSTROMMASCHINEN 300 W

E2.2.3.1 Universalmotor AC, 0,3 kW

E2.2.3.2 Kondensatormotor, 0,3 kW

### E2.2.4 DREHSTROM-ASYNCHRONMASCHINEN 300 W

E2.2.4.1 Käfigläufer, 400/690, 0,3 kW

E2.2.4.2 Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW

E2.2.4.3 Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW, IE3

E2.2.4.4 Schleifringläufer, 0,3 kW

E2.2.4.5 Käfigläufer D, 0,3 kW

E2.2.4.6 Multifunktionsmaschine, 0,3 kW

### E2.2.5 DREHSTROM-SYNCHRONMASCHINEN FREMDERREGT 300 W

E2.2.5.1 Schenkelpollläufer, 0,3 kW

E2.2.5.2 Vollpolläufer, 0,3 kW

E2.2.5.3 Multifunktionsmaschine, 0,3 kW

### E2.2.6 Drehstrom-Synchronmaschinen permanentenerregt 300 W

E2.2.6.1 Synchronmaschine permanentenerregt mit eingebetteten Magneten, EPM, 0,3 kW

E2.2.6.2 Synchronmaschine permanentenerregt mit Oberflächenmagneten, BLDC, 0,3 kW

### Transformatoren 300 W

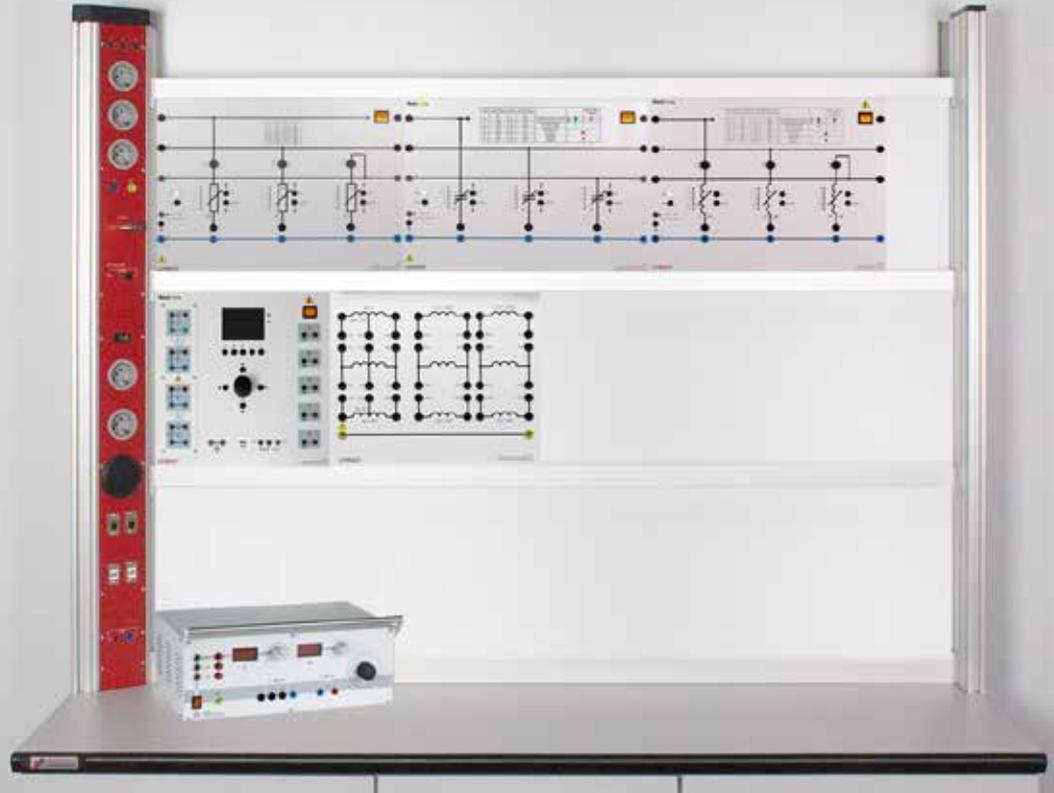
E2.2.1.1  
Drehstromtransformator 0,3 kW

E2.2.1.2  
Scott-Transformator 0,3 kW

E2.2.1.3  
AC-Transformator 0,3 kW

E2.2.1.4  
AC-Ringkerntransformator 0,3 kW

E2.2.1.5  
AC-Spartransformator 0,3 kW



Drehstromtransformator 0,3 kW (E2.2.1.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.2.1.1	E2.2.1.2	E2.2.1.3	E2.2.1.4	E2.2.1.5
733 90	3-Phasen-Transformator 0,3 kW	1				
773 360	Steuerbare ohmsche Last 0,3 kW	1	1	1	1	1
775 185DE	LIT: Transformatoren 0,3 kW	1				
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1	1	1	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1	1*		1*
725 442DG	Drehspannung 400 V/2,5 A	1	1			
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1	1	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2	2	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1	1	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1	1	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1	1	1	1
733 93	Scott-Transformator	1				
775 220DE	LIT: Transformatoren 1,0 kW		1	1	1	1
733 97	1-Phasen-Transformator 0,3 kW			1		
726 85	Stelltransformator 0...260 V			1	1	1
733 98	AC-Ringkerntransformator 0,3 kW				1	
773 362	Steuerbare kapazitive Last 0,3 kW				1	1
773 364	Steuerbare induktive Last				1	1
733 99	AC-Spartransformator 0,3 kW					1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

In diesem Praktikum werden ausschließlich Transformatoren der Energietechnik untersucht.

#### E2.2.1.1 Drehstromtransformator, 0,3 kW

Die Drehstromtransformatoren in der Energietechnik dienen zur Spannungsanpassung in den verschiedenen Spannungsebenen der Netze. Sie können je nach Anwendung eine Bauleistung von 500 MVA bis 50 kVA haben. Baugröße und Bauart haben entscheidenden Einfluss auf die Kennwerte des Drehstromtransformators. Die Wicklungen von Drehstromtransformatoren können in verschiedenen Schaltungsarten kombiniert werden.

#### E2.2.1.2 Scott-Transformator, 0,3 kW

Der Scott-Transformator ist eine Zusammenschaltung von zwei verschiedenen Transformatoren mit speziellen Wicklungen. Er dient der Umwandlung von einem zweiphasigen Netz mit 90° Phasenversatz in ein dreiphasiges Netz mit 120° Phasenversatz und umgekehrt. Sein Haupteinsatzgebiet ist die Mess- und Schutztechnik.

#### E2.2.1.3 AC-Transformator, 0,3 kW

Der AC-Transformator (1-Phasen-Transformator) ist eine Standardbaugruppe mit vielen Anwendungen in der gesamten Elektrotechnik. Dieser Transformator eignet sich für die Untersuchungen des Ersatzschaltbildes mit Kurzschluss-, Leerlauf- und Lastexperiment.

#### E2.2.1.4 AC-Ringkerntransformator, 0,3 kW

Beim Ringkerntransformator ist der Transformator Kern als Ring ausgeführt. Als Kernmaterial werden Weicheisen oder Ferrite verwendet. Durch die Bauform hat der Transformator nur eine geringe magnetische Streuung. Allerdings ist die Wickeltechnik aufwändiger als bei herkömmlichen Bauarten.

#### E2.2.1.5 AC-Spartransformator, 0,3 kW

Der Spartransformator ist eine materialsparende Bauart des Transformators. Im Unterschied zu herkömmlichen Transformatoren nutzen Primär- und Sekundärkreis gemeinsam eine Wicklung mit Anzapfung. Der Spartransformator liefert deshalb keine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärseite.

## Gleichstrommaschinen 300 W



E2.2.2.1  
Verbundmaschine, 0,3 kW

E2.2.2.2  
Universalmotor DC, 0,3 kW

Verbundmaschine, 0,3 kW (E2.2.2.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.2.2.1	E2.2.2.2
773 186	Verbundmaschine 0,3 kW	1	
732 83	Motorschutzschalter 1,6-2,4A	1	
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1	1
315 39	Wägestück 1 kg	1	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1	1
731 94	Anlasser 0,3 kW	1	1
731 95	Feldsteller, Motor 0,3 kW	1	
773 360	Steuerbare ohmsche Last 0,3 kW	1	
731 96	Feldsteller, Generator 0,3 kW	1	
775 190DE	LIT: Gleichstrommaschinen 0,3 kW	1	1
725 852DG	DC-Motorenversorgung 0,3 kW	1	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1
773 200	Universalmotor 0,3 kW		1
732 84	Motorschutzschalter 2,4-4A		1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Gleichstrommaschine hat in den letzten Jahren zunehmend von der frequenz-umrichter gespeisten Asynchronmaschine Konkurrenz erhalten. Sie wird aber immer noch in einigen Sondergebieten der Antriebstechnik bevorzugt eingesetzt.

### E2.2.2.1 Verbundmaschinen, 0,3 kW

Die Verbundmaschine enthält zwei getrennte Feldwicklungen und kann daher sowohl im Nebenschluss, Reihenschluss und im Doppelschluss betrieben werden. Die Reihenschlusswicklung besitzt zusätzlich eine Anzapfung, damit lassen sich verschiedene Arten der Kompoundierung untersuchen.

### E2.2.2.2 Universalmotor DC, 0,3 kW

Die Einzelausstattung eignet sich gleichermaßen für Schülerversuche im Labor mit Niederspannung (220 V Gleichspannung) und - bei fahrbarem Versuchsstand - für die Lehrerdemonstration im Klassenzimmer. Die Durchführung der Versuche erfolgt nach Handbuch.

### Lernziele

- Schutzmaßnahmen und elektrische Sicherheit
- Aufbau und Inbetriebnahme von Gleichstrommaschinen
- Einsatz von Anlasserschaltungen
- Beurteilung von Kennlinien Gleichstrommaschinen

### Wechselstrommaschinen 300 W

E2.2.3.1  
Universalmotor AC, 0,3 kW

E2.2.3.2  
Kondensatormotor, 0,3 kW



Universalmotor AC, 0,3 kW (E2.2.3.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.2.3.1	E2.2.3.2
773 200	Universalmotor 0,3 kW	1	
732 84	Motorschutzschalter 2,4-4A	1	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1	1
315 39	Wägestück 1 kg	1	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1	1
775 195DE	LIT: Wechselstrommaschinen 0,3 kW	1	1
726 85	Stelltransformator 0...260 V	1	
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1
773 2041	Kondensatormotor 0,3 kW		1
727 115	4 Relais 230 V / 5 A		1
726 71	Einphasen-Anschlussinheit		1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

LD DIDACTIC bietet eine vielfältige Produktpalette von Wechselstrommotoren an, deren Aufbau, Anschluss an das Wechselstromnetz sowie Anlauf- und Betriebsverhalten in ausführlichen Experimenten beschrieben werden.

#### E2.2.3.1 Universalmotor AC, 0,3 kW

Der Universalmotor ist eine Kommutatormaschine für Gleich- und Wechselstrombetrieb. Erreicht wird das durch die zusätzliche Blechung des Ständereisens. Der Universalmotor wird auch als Einphasenreihenschlussmotor bezeichnet. Er ist weit verbreitet und wird für Haushaltsgeräte und Werkzeugmaschinen verwendet.

#### E2.2.3.2 Kondensatormotor, 0,3 kW

Kondensatormotoren sind Drehfeldmaschinen mit Kurzschlussläufer, die mit Einphasen-Wechselstrom betrieben werden. Das Drehfeld ist elliptisch und entsteht an einer 2-strängigen Ständerwicklung. Die Hauptwicklung des Ständers wird direkt an die Netzspannung angelegt, die räumlich versetzte Hilfswicklung erhält die Versorgungsspannung über einen in Reihe geschalteten Kondensator. Zur Vergrößerung des Anlaufmoments wird über ein Relais ein Anlaufkondensator parallel zum Betriebskondensator geschaltet.

#### Lernziele

- Umkehr der Drehrichtung
- Messung des Wirkungsgrades und Vergleich mit Leistungsschildangaben
- Aufnahme von Belastungskennlinien
- Untersuchung der Wirkung des Anlaufkondensators
- Schaltpunkt für den Anlaufkondensator

## Drehstrom-Asynchronmaschinen 300 W



E2.2.4.1  
Käfigläufer, 400/690, 0,3 kW

E2.2.4.2  
Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW

E2.2.4.3  
Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW, IE3

Käfigläufer, 400/690, 0,3 kW (E2.2.4.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.2.4.1	E2.2.4.2	E2.2.4.3
773 212	Käfigläufermotor 400/690, 0,3 kW	1		
732 13	Motorschutzschalter 0,6-1	1	1	1
731 44	Motorschutzschalter 0,4-0,6	1		
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1	1	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1	1	1
315 39	Wägestück 1 kg	1	1	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1	1	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1	1	1
731 49	Drehrichtungswendeschalter	1	1	1*
731 47	Stern-Dreieck-Schalter	1		
773 1391	Fehlersimulator Käfigläufer	1*	1*	1*
727 293	Isolationstester digital	1*	1*	1*
739 836	Milliohm Messgerät	1*	1*	1*
775 200DE	LIT: Asynchronmaschinen 0,3 kW	1	1	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1	1	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1	1
773 2104	Käfigläufermotor 230/400, 0,3 kW		1	
773 2108	Käfigläufermotor 230/400, 0,3 kW IE3			1
773 51	Sanftstarter 0,3/1,0 kW	1*	1*	1*

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

### E2.2.4.1 Käfigläufer, 400/690, 0,3 kW

Asynchronmaschinen als Käfigläufer sind weit verbreitet. Diese sind besonders wartungsarme Motoren. Der Asynchronmotor in dieser Ausstattung hat den Zusatz 400 / 690 V, dieser kann in einem 230 V / 400 V Netz im Dreieck betrieben werden. Dieser Motor ist für den Anlauf im Stern-Dreieck geeignet.

### E2.2.4.2 Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW

Asynchronmaschinen als Käfigläufer sind weit verbreitet. Diese sind besonders wartungsarme Motoren. Der Asynchronmotor in dieser Ausstattung hat den Zusatz 230 / 400 V, dieser kann in einem 230 V / 400 V Netz nur im Stern betrieben werden. Diese Maschine ist besonders geeignet für den Industriefrequenzumrichter und dem Didaktischen Frequenzumrichter.

### E2.2.4.3 Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW, IE3

Die EU-Vorschriften für energiebetriebene Produkte betrifft erst Motoren über 0,75 kW, aber es macht trotzdem Sinn bei Motoren mit 0,3 kW die im Dauerbetrieb arbeiten einen Blick auf den Wirkungsgrad zu werfen. Maschinen die Pumpen oder Gebläse antreiben die 24 Stunden laufen werden mit solchen Motoren versehen. Der höhere Anschaffungspreis wird durch die Energieeinsparung wieder herausgeholt.

### Lernziele

- Aufbau und Wirkungsweise
- Kennlinien bei Motorbetrieb
- Stern-Dreieck-Anlauf
- Bremsen
- Wirkungsgrad
- Leerlaufversuch
- Kurzschlussversuch

### Drehstrom-Asynchronmaschinen 300 W

E2.2.4.4  
Schleifringläufer, 0,3 kW

E2.2.4.5  
Käfigläufer D, 0,3 kW

E2.2.4.6  
Multifunktionsmaschine, 0,3 kW



Schleifringläufer, 0,3 kW (E2.2.4.4)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.2.4.4	E2.2.4.5	E2.2.4.6
773 233	Schleifringläufermotor 0,3 kW	1		
732 13	Motorschutzschalter 0,6-1	1		1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1	1	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1	1	1
315 39	Wägestück 1 kg	1	1	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1	1	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1	1	1
732 29	Läuferanlasser 0,3 kW	1		1
775 200DE	LIT: Asynchronmaschinen 0,3 kW	1	1	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1	1	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1	1
773 224	Käfigläufermotor D, 0,3 kW		1	
732 14	Motorschutzschalter 1-1,6		1	
731 55	Polumschalter, Dahlander		1	
773 228	Multifunktionsmaschine 0,3 kW			1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

#### E2.2.4.4 Schleifringläufer, 0,3 kW

Die Versuche werden mit industriell gefertigten Maschinen durchgeführt. Alle Testmaschinen besitzen einen speziellen Sockel zum Anschluss an das Maschinenprüfsystem 0,3 kW. Mit dem Maschinen Test CASSY werden alle Messwerte der Wechselstrommaschinen aufgenommen. Die Messwerte können direkt auf dem eingebauten Display als Einzelwert, Tabelle einer Messreihe oder Diagramm angezeigt werden. Die Messungen können ohne zusätzliche Software erfolgen, die Speicherung der Messdaten kann lokal auf dem Gerät erfolgen. Mit dem Maschinen Test CASSY werden die Kennlinien der Testmaschinen aufgenommen. Die Stromversorgung für die Testmaschinen erfolgt teilweise direkt aus dem öffentlichen Versorgungsnetz.

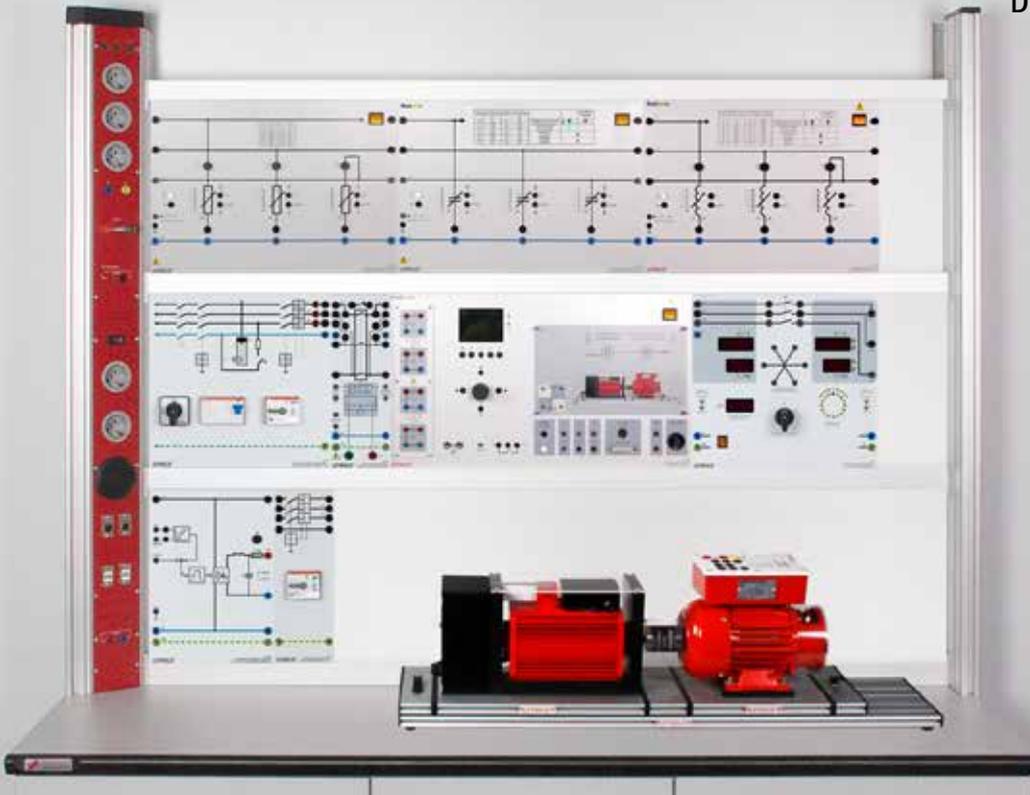
#### E2.2.4.5 Käfigläufer D, 0,3 kW

Der Käfigläufer D ist eine besondere Bauform der Asynchronmaschine (Dahlander motor). Bei der Dahlanderschaltung werden die Drehstromwicklungen des Stators mit einer Mittelanzapfung ausgeführt. Dadurch kann die Polpaarzahl und damit die Drehzahl des Rotors im Verhältnis 1:2 umgeschaltet werden.

#### E2.2.4.6 Multifunktionsmaschine, 0,3 kW

Die Multifunktionsmaschine ist ein Schleifringläufermotor mit der Möglichkeit diesen mit einer geeigneten Gleichstromquelle als Synchronmaschine zu betreiben. Diese Zusatzfunktion hat keine Auswirkungen auf die Funktion als Schleifringläufer.

## Drehstrom-Synchronmaschinen fremderregt 300 W



E2.2.5.1  
Schenkelpolläufer, 0,3 kW

E2.2.5.2  
Vollpolläufer, 0,3 kW

E2.2.5.3  
Multifunktionsmaschine, 0,3 kW

### Schenkelpolläufer, 0,3 kW (E2.2.5.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.2.5.1	E2.2.5.2	E2.2.5.3
773 236	Synchronmaschine SP 0,3 kW	1		
732 13	Motorschutzschalter 0,6-1	1	1	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1	1	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1	1	1
315 39	Wägestück 1 kg	1	1	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1	1	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1	1	1
745 05	Manuelle Synchronisierereinrichtung	1	1	1
773 360	Steuerbare ohmsche Last 0,3 kW	1	1	1
773 362	Steuerbare kapazitive Last 0,3 kW	1	1	1
773 364	Steuerbare induktive Last	1	1	1
775 205DE	LIT: Synchronmaschinen 0,3 kW	1	1	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1	1	1
745 021	Erregerspannungssteller 200 V/2,5 A	1	1	
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1	1
773 237	Synchronmaschine VP 0,3 kW		1	
773 228	Multifunktionsmaschine 0,3 kW			1
726 890	DC-Netzgerät 1...32 V/0...20 A			1
500 990	Adapterbuchsen, Satz 2			1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Das Haupteinsatzgebiet der Synchronmaschine ist die Energieerzeugung. Sie wird auch als kommutierte Synchronmaschinen in der Antriebsregelung verwendet. In den letzten Jahren wird die fremderregte Synchronmaschine auch bei der E-Mobilität eingesetzt.

#### E2.2.5.1 Schenkelpolläufer, 0,3 kW

Das Einsatzgebiet der Schenkelpolläufergeneratoren sind Wasserkraftwerke und Dieselgeneratoren, die bei geringer Drehzahl eine hohe Polpaarzahl benötigen. Für hohe Drehzahlen ist die Schenkelpolmaschine nicht geeignet. Die hohen Fliehkräfte, die auf die Läuferwicklung wirkenden ist nicht mehr zu beherrschen.

#### E2.2.5.2 Vollpolläufer, 0,3 kW

Das Einsatzgebiet der Vollpolläufergeneratoren sind Gas- und Dampfkraftwerke, die bei hoher Drehzahl eine geringe Polpaarzahl benötigen. Den dabei entstehenden Fliehkräften kann dieser Läufer besser widerstehen. Der Einsatzbereich des Vollpolläufergenerators ist die Wahl bei thermodynamischen Großkraftwerken.

#### E2.2.5.3 Multifunktionsmaschine, 0,3 kW

Die Multifunktionsmaschinen ist ein Vollpolläufer, der durch eine Kleinspannungsquelle erregt wird. Die Funktion des Vollpolläufers wird auch mit dieser Maschine in den Experimenten sichtbar.

### Drehstrom-Synchronmaschinen permanenterrgt 300 W

#### E2.2.6.1

Synchronmaschine permanenterrgt  
mit eingebetteten Magneten, EPM, 0,3 kW

#### E2.2.6.2

Synchronmaschine permanenterrgt  
mit Oberflächenmagneten, BLDC, 0,3 kW



Synchronmaschine permanenterrgt mit eingebetteten Magneten, EPM, 0,3 kW (E2.2.6.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.2.6.1	E2.2.6.2
773 340	Synchronmaschine permanenterrgt mit eingebetteten Magneten EPM 0,3 kW	1	
773 5313	Industrie-Frequenzumrichter	1	
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1	
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1*	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1*	1
315 39	Wägestück 1 kg	1	1
773 109	Tachogenerator 0,3 kW	1*	
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1
689 3001	Satz für Potentialausgleich	1	
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1
773 350	Synchronmaschine permanenterrgt mit Oberflächenmagneten BLDC 0,3 kW		1
773 5290	Converter Controller CASSY		1
773 1096	Kommutierungsgeber 0,3		1
773 5297	Universal Umrichter		1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)		1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter		1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm		1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit		1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau		3

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Permanenterrgte Synchronmaschinen mit vergrabenen Magneten oder Oberflächenmagneten werden meist als Motor verwendet. Durch Ihre hohe Effizienz kommen oft ohne eigene Kühlung aus. Diese Maschinen unterscheiden sich nur durch die Anordnung der Permanentmagneten im Rotor.

#### E2.2.6.1 Synchronmaschine permanenterrgt mit eingebetteten Magneten, EPM, 0,3 kW

Synchronmaschinen mit vergrabenen Magneten benötigen nicht zwingend einen Kommutator. Diese Maschinen werden oft bei einer hohen Einschaltdauer verwendet. Wie zum Beispiel bei Pumpstationen von Wasserwerken. Diese Ausstattung verwendet einen Industriefrequenzumrichter zur Drehzahlsteuerung.

#### E2.2.6.2 Synchronmaschine permanenterrgt mit Oberflächenmagneten, BLDC, 0,3 kW

Synchronmaschinen mit Oberflächenmagneten benötigen zwingend einen Kommutator. Diese Maschinen werden oft in der Positionierung aber auch im Bereich der E-Mobilität verwendet. Diese Ausstattung verwendet einen didaktischen Frequenzumrichter der LD DIDACTIC.

# KAPITELÜBERSICHT

## **E2.3 INDUSTRIEMASCHINEN 1 KW**

### **E2.3.1 TRANSFORMATOREN 1 KW**

- E2.3.1.1 Drehstromtransformator 1 kW
- E2.3.1.2 Scott-Transformator 0,3 kW
- E2.3.1.3 AC-Transformator 0,3 kW
- E2.3.1.4 AC-Ringkerntransformator 0,3 kW
- E2.3.1.5 AC-Spartransformator 0,3 kW

### **E2.3.2 GLEICHSTROMMASCHINEN 1 KW**

- E2.3.2.1 Verbundmaschinen, 1,0 kW
- E2.3.2.2 Universal Motor DC, 1,0 kW

### **E2.3.3 WECHSELSTROMMASCHINEN 1 KW**

- E2.2.3.1 Universal Motor AC, 1,0 kW
- E2.2.3.2 Kondensatormotor, 1,0 kW

### **E2.3.4 DREHSTROM-ASYNCHRONMASCHINEN 1 KW**

- E2.3.4.1 Käfigläufer, 400/690, 1,0 kW
- E2.3.4.2 Käfigläufer, 230/400, 1,0 kW
- E2.3.4.3 Schleifringläufer, 1,0 kW
- E2.3.4.4 Käfigläufer D, 1,0 kW
- E2.3.4.5 Multifunktionsmaschine, 1,0 kW

### **E2.3.5 DREHSTROM-SYNCHRONMASCHINEN FREMDERREGT 1 KW**

- E2.3.5.1 Schenkelpolläufer, 1,0 kW
- E2.3.5.2 Vollpolläufer, 1,0 kW
- E2.3.5.3 Multifunktionsmaschine, 1,0 kW

### **E2.3.6 SYNCHRONMASCHINEN PERMANENT- ERREGT 1 KW**

- E2.3.6.1 Synchronmaschine permanenterregt mit vergrabenen Magneten, EPM, 1,0 kW
- E2.3.6.2 Synchronmaschine permanenterregt mit Oberflächenmagneten, BLDC, 1,0 kW

### Transformatoren 1 kW

E2.3.1.1  
Drehstromtransformator 1,0 kW

E2.3.1.2  
Scott-Transformator 0,3 kW

E2.3.1.3  
AC-Transformator 0,3 kW

E2.3.1.4  
AC-Ringkerntransformator 0,3 kW

E2.3.1.5  
AC-Spartransformator 0,3 kW



Drehstromtransformator 1,0 kW (E2.3.1.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.3.1.1	E2.3.1.2	E2.3.1.3	E2.3.1.4	E2.3.1.5
733 91	3-Phasen-Transformator 1,0 kW	1				
773 361	Steuerbare ohmsche Last 1	1	1	1	1	1
773 363	Steuerbare kapazitive Last 1,0	1		1	1	1
773 364	Steuerbare induktive Last	1		1	1	1
775 220DE	LIT: Transformatoren 1,0 kW	1	1	1	1	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1	1	1	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1	1*		1*
725 442DG	Drehspannung 400 V/2,5 A	1	1			
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1	1	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2	2	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1	1	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1	1	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1	1	1	1
733 93	Scott-Transformator		1			
733 97	1-Phasen-Transformator 0,3 kW			1		
726 85	Stelltransformator 0...260 V			1	1	1
733 98	AC-Ringkerntransformator 0,3 kW				1	
733 99	AC-Spartransformator 0,3 kW					1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

In diesem Praktikum werden ausschließlich Transformatoren der Energietechnik untersucht.

#### E2.3.1.1 Drehstromtransformator 1,0 kW

Die Drehstromtransformatoren in der Energietechnik dienen zur Spannungsanpassung in den verschiedenen Spannungsebenen der Netze. Sie können je nach Anwendung eine Bauleistung von 500 MVA bis 50 kVA haben. Baugröße und Bauart haben entscheidenden Einfluss auf die Kennwerte des Drehstromtransformators. Die Wicklungen von Drehstromtransformatoren können in verschiedenen Schaltungsarten kombiniert werden.

#### E2.3.1.2 Scott-Transformator 0,3 kW

Der Scott-Transformator ist eine Zusammenschaltung von zwei verschiedenen Transformatoren mit speziellen Wicklungen. Er dient der Umwandlung von einem zweiphasigen Netz mit 90° Phasenversatz in ein dreiphasiges Netz mit 120° Phasenversatz und umgekehrt. Sein Haupteinsatzgebiet ist die Mess- und Schutztechnik.

#### E2.3.1.3 AC-Transformator 0,3 kW

Der AC-Transformator (1-Phasen-Transformator) ist eine Standardbaugruppe mit vielen Anwendungen in der gesamten Elektrotechnik. Dieser Transformator eignet sich für die Untersuchungen des Ersatzschaltbildes mit Kurzschluss-, Leerlauf- und Lastexperiment.

#### E2.3.1.4 AC-Ringkerntransformator 0,3 kW

Beim Ringkerntransformator ist der Transformator Kern als Ring ausgeführt. Als Kernmaterial werden Weicheisen oder Ferrite verwendet. Durch die Bauform hat der Transformator nur eine geringe magnetische Streuung. Allerdings ist die Wickeltechnik aufwändiger als bei herkömmlichen Bauarten.

#### E2.3.1.5 AC-Spartransformator 0,3 kW

Der Spartransformator ist eine materialsparende Bauart des Transformators. Im Unterschied zu herkömmlichen Transformatoren nutzen Primär- und Sekundärkreis gemeinsam eine Wicklung mit Anzapfung. Der Spartransformator liefert deshalb keine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärseite.

### Gleichstrommaschinen 1 kW

E2.3.2.1  
Verbundmaschine 1,0 kW

E2.3.2.2  
Universal Motor, DC, 1,0 kW



Verbundmaschine 1,0 kW (E2.3.2.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.3.2.1	E2.3.2.2
773 260	Verbundmaschine 1,0 kW	1	
733 53	Motorschutzschalter 4-6	1	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1
773 2900	Maschinen Test CASSY 1,0 kW	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1
773 2990	Elektrisches Dynamometer 1,0 kW	1	1
773 258	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 1,0 kW, transparent	1	1
315 40	Wägestück 2 kg	1	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1	1
732 56	Kupplung 1,0 kW	1	1
732 64	Anlasser 1,0 kW	1	1
732 65	Feldsteller, Motor 1,0 kW	1	
732 66	Feldsteller, Generator 1,0 kW	1	
773 361	Steuerbare ohmsche Last 1,0 kW	1	
775 225DE	LIT: E2.3.2 Gleichstrommaschinen 1,0 kW	1	1
725 862DG	DC-Motorenversorgung 1,0 kW	1	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1
773 270	Universalmotor 1,0 kW		1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Bei Schwerlastanlauf, im Steinbrecher- oder Zementwerkeinsatz sowie in Eishüttenanlagen sind Gleichstrommotoren unverzichtbar. Ihre Fähigkeit, hohe Drehmomentspitzen abzufangen sowie ihre über weite Bereiche linear verlaufende Drehzahlcharakteristik zeichnen sie dabei aus. Weite Verbreitung haben Gleichstrommaschinen auch im Kleinmotorenbereich z.B. in Kraftfahrzeugen, wenn nur reine Gleichstromversorgungen zur Verfügung stehen.

#### E2.3.2.1 Verbundmaschine 1,0 kW

Die Verbundmaschine enthält zwei getrennte Feldwicklungen und kann daher sowohl im Nebenschluss, Reihenschluss und im Doppelschluss betrieben werden. Die Reihenschlusswicklung besitzt zusätzlich eine Anzapfung, damit lassen sich verschiedene Arten der Kompoundierung untersuchen.

#### E2.3.2.2 Universalmotor, DC 1,0 kW

Der Universalmotor ist eine Kommutatormaschine für Gleich- und Wechselstrombetrieb. Erreicht wird das durch die zusätzliche Blechung des Stator Eisens. Der Universalmotor wird auch als Einphasenreihenschlussmotor bezeichnet. Er ist weit verbreitet und wird für Haushaltsgeräte und Werkzeugmaschinen verwendet.

### Wechselstrommaschinen 1 kW

E2.3.3.1  
Universal Motor, AC, 1,0 kW

E2.3.3.2  
Kondensatormotor 1,0 kW



Universal Motor, AC, 1,0 kW (E2.3.3.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.3.3.1	E2.3.3.2
773 270	Universalmotor 1,0 kW	1	
733 53	Motorschutzschalter 4-6	1	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1
773 2900	Maschinen Test CASSY 1,0 kW	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1
773 2990	Elektrisches Dynamometer 1,0 kW	1	1
773 258	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 1,0 kW, transparent	1	1
315 40	Wägestück 2 kg	1	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1	1
732 56	Kupplung 1,0 kW	1	1
775 230DE	LIT: Wechselstrommaschinen 1,0 kW	1	1
726 85	Stelltransformator 0...260 V	1	
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	2
773 274	Kondensatormotor R 1,0		1
727 115	4 Relais 230 V / 5 A		1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit		1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

LD DIDACTIC bietet eine vielfältige Produktpalette von Wechselstrommotoren an, deren Aufbau, Anschluss an das Wechselstromnetz sowie Anlauf- und Betriebsverhalten in ausführlichen Experimenten beschrieben werden.

#### E2.3.3.1 Universalmotor, AC, 1,0 kW

Der Universalmotor ist eine Kommutatormaschine für Gleich- und Wechselstrombetrieb. Erreicht wird das durch die zusätzliche Blechung des Ständereisens. Der Universalmotor wird auch als Einphasenreihenschlussmotor bezeichnet. Er ist weit verbreitet und wird für Haushaltsgeräte und Werkzeugmaschinen verwendet.

#### E2.3.3.2 Kondensatormotor 1,0 kW

Kondensatormotoren sind Drehfeldmaschinen mit Kurzschlussläufer, die mit Einphasen-Wechselstrom betrieben werden. Das Drehfeld ist elliptisch und entsteht an einer 2-strängigen Ständerwicklung. Die Hauptwicklung des Ständers wird direkt an die Netzspannung angelegt, die räumlich versetzte Hilfswicklung erhält die Versorgungsspannung über einen in Reihe geschalteten Kondensator. Zur Vergrößerung des Anlaufmoments wird über ein Relais ein Anlaufkondensator parallel zum Betriebskondensator geschaltet.

### Drehstrom-Asynchronmaschinen 1 kW



E2.3.4.1  
Käfigläufer, 400/690, 1,0 kW

E2.3.4.2  
Käfigläufer, 230/400, 1,0 kW

E2.3.4.3  
Schleifringläufer, 1,0 kW

E2.3.4.4  
Käfigläufer D, 1,0 kW

E2.3.4.5  
Multifunktionsmaschine, 1,0 kW

Käfigläufer, 400/690, 1,0 kW (E2.3.4.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.3.4.1	E2.3.4.2	E2.3.4.3	E2.3.4.4	E2.3.4.5
773 281	Käfigläufermotor 400/690 1,0 kW	1				
732 84	Motorschutzschalter 2,4-4A	1	1	1	1	
732 14	Motorschutzschalter 1-1,6	1				
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1	1	1	1
773 2900	Maschinen Test CASSY 1,0 kW	1	1	1	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1	1	1	1
773 2990	Elektrisches Dynamometer 1,0 kW	1	1	1	1	1
773 258	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 1,0 kW, transparent	1	1	1	1	1
315 40	Wägestück 2 kg	1	1	1	1	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1	1	1	1	1
732 56	Kupplung 1,0 kW	1	1	1	1	1
731 49	Drehrichtungswendeschalter	1	1			
731 47	Stern-Dreieck-Schalter	1				
773 1391	Fehlersimulator Käfigläufer	1*	1*			
727 293	Isolationstester digital	1*	1*			
739 836	Milliohm Messgerät	1*	1*			
775 235DE	LIT: Asynchronmaschinen 1,0 kW	1	1	1	1	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1	1	1	1	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1	1	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1	1	1	1	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1	1	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1	1	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1	1	1	1
773 256	Montagesatz Sockel Maschinen 1,0 kW kurz	1*	1*	1*	1*	1*
773 257	Montagesatz Sockel Maschinen 1,0 kW lang	1*	1*	1*	1*	1*
773 2804	Käfigläufermotor 230/400 IE3, 1,0 kW		1			
731 51	Sanftstarter 0,3/1,0 kW		1*			
773 303	Schleifringläufermotor 1,0 kW			1		
732 99	Läuferanlasser 1,0 kW			1		1

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.3.4.1	E2.3.4.2	E2.3.4.3	E2.3.4.4	E2.3.4.5
773 294	Käfigläufermotor D 1,0 kW				1	
732 83	Motorschutzschalter 1,6-2,4A				1	1
731 55	Polumschalter, Dahlander				1	
773 298	Multifunktionsmaschine 1,0 kW					1*

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

#### E2.3.4.1 Käfigläufer, 400/690, 1,0 kW

Asynchronmaschinen als Käfigläufer sind weit verbreitet und besonders wartungsarme Motoren. Der Asynchronmotor in dieser Ausstattung kann in einem 230 V/ 400 V Netz im Dreieck betrieben werden und ist für den Anlauf im Stern-Dreieck geeignet.

#### E2.3.4.2 Käfigläufer, 230/400, 1,0 kW

Diese Maschine ist besonders geeignet für den Industriefrequenzumrichter und dem Didaktischen Frequenzumrichter.

#### E2.3.4.3 Schleifringläufer D, 1,0 kW

Die Versuche werden mit industriell gefertigten Maschinen durchgeführt. Mit dem Maschinen Test CASSY werden alle Messwerte der Wechselstrommaschinen aufgenommen. Die Messwerte können direkt auf dem eingebauten Display als Einzelwert, Tabelle einer Messreihe oder Diagramm angezeigt werden. Die Messungen können ohne zusätzliche Software erfolgen, die Speicherung der Messdaten kann lokal auf dem Gerät erfolgen.

#### E2.3.4.4 Käfigläufer D, 1,0 kW

Der Käfigläufer D ist eine besondere Bauform der Asynchronmaschine (Dahlandermotor). Bei der Dahlanderschaltung werden die Drehstromwicklungen des Stators mit einer Mittelanzapfung ausgeführt. Dadurch kann die Polpaarzahl und damit die Drehzahl des Rotors im Verhältnis 1:2 umgeschaltet werden.

#### E2.3.4.5 Multifunktionsmaschine, 1,0 kW

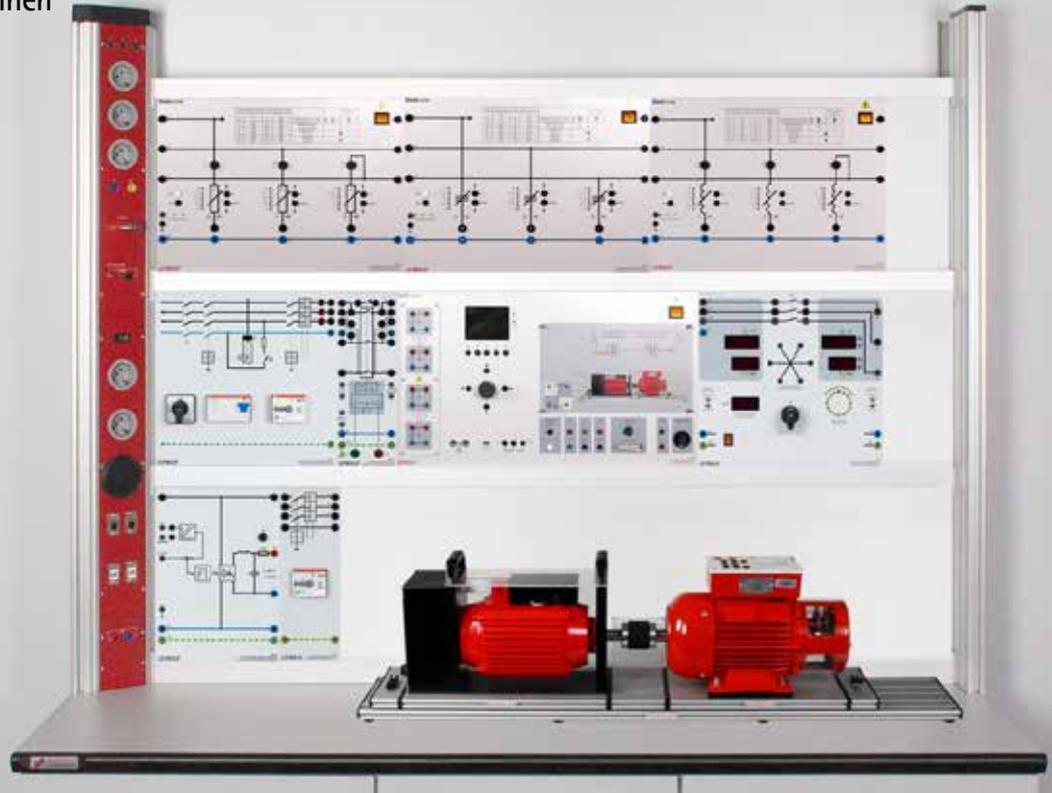
Die Multifunktionsmaschine ist ein Schleifringläufermotor mit der Möglichkeit diesen mit einer geeigneten Gleichstromquelle als Synchronmaschine zu betreiben.

### Drehstrom-Synchronmaschinen fremderregt, 1 kW

E2.3.5.1  
Schenkelpollläufer, 1,0 kW

E2.3.5.2  
Vollpolläufer, 1,0 kW

E2.3.5.3  
Multifunktionsmaschine, 1,0 kW



#### Schenkelpollläufer, 1,0 kW (E2.3.5.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.3.5.1	E2.3.5.2	E2.3.5.3
773 306	Synchronmaschine SP 1,0 kW	1		
732 14	Motorschutzschalter 1-1,6	1	1	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1	1	1
773 2900	Maschinen Test CASSY 1,0 kW	1	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1	1
773 2990	Elektrisches Dynamometer 1,0 kW	1	1	1
773 258	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 1,0 kW, transparent	1	1	1
315 40	Wägestück 2 kg	1	1	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1	1	1
732 56	Kupplung 1,0 kW	1	1	1
745 05	Manuelle Synchronisierereinrichtung	1	1	1
773 361	Steuerbare ohmsche Last 1,0 kW	1	1	1
773 363	Steuerbare kapazitive Last 1,0 kW	1	1	1
773 364	Steuerbare induktive Last	1	1	1
775 240DE	LIT: Synchronmaschinen 1,0 kW	1	1	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1	1	1
745 021	Erregerspannungssteller 200 V/2,5 A	1	1	
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2	2	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1	1
773 307	Synchronmaschine VP 1,0 kW		1	
773 298	Multifunktionsmaschine 1,0 kW			1
726 890	DC-Netzgerät 1...32 V/0...20 A			1
500 990	Adapterbuchsen, Satz 2			1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Das Haupteinsatzgebiet der Synchronmaschine ist die Energieerzeugung. Sie wird auch als kommutierte Synchronmaschinen in der Antriebsregelung verwendet. In den letzten Jahren wird die fremderregte Synchronmaschine auch bei der E-Mobilität eingesetzt.

#### E2.3.5.1 Schenkelpollläufer, 1,0 kW

Das Einsatzgebiet der Schenkelpolläufergeneratoren sind Wasserkraftwerke und Dieselgeneratoren, die bei geringer Drehzahl eine hohe Polpaarzahl benötigen. Für hohe Drehzahlen ist die Schenkelpolmaschine nicht geeignet. Die hohen Fliehkräfte, die auf die Läuferwicklung wirkenden ist nicht mehr zu beherrschen.

#### E2.3.5.2 Vollpolläufer, 1,0 kW

Das Einsatzgebiet der Vollpolläufergeneratoren sind Gas- und Dampfkraftwerke, die bei hoher Drehzahl eine geringe Polpaarzahl benötigen. Den dabei entstehenden Fliehkräften kann dieser Läufer besser widerstehen. Der Einsatzbereich des Vollpolläufergenerators ist die Wahl bei thermodynamischen Großkraftwerken.

#### E2.3.5.3 Multifunktionsmaschine, 1,0 kW

Die Multifunktionsmaschinen ist ein Vollpolläufer, der durch eine Kleinspannungsquelle erregt wird. Die Funktion des Vollpolläufers wird auch mit dieser Maschine in den Experimenten sichtbar.

### Synchronmaschinen permanentenerregt 1 kW

E2.3.6.1

Synchronmaschine permanentenerregt mit vergrabenen Magneten EPM, 1,0 kW

E2.3.6.2

Synchronmaschine permanentenerregt mit Oberflächenmagneten BLDC, 1,0 kW



Synchronmaschine permanentenerregt mit vergrabenen Magneten EPM, 1,0 kW (E2.3.6.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.3.6.1	E2.3.6.2
773 320	Synchronmaschine permanentenerregt mit eingebetteten Magneten EPM 1,0 kW	1	
735 3102	Industriefrequenzumrichter 400V	1	
773 2900	Maschinen Test CASSY 1,0 kW	1	1
773 2990	Elektrisches Dynamometer 1,0 kW	1	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1	1
732 56	Kupplung 1,0 kW	1	2
773 2592	Inkrementaler Tacho 1,0 kW	1	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1	1
689 3001	Satz für Potentialausgleich	1	
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1	1
773 330	Synchronmaschine permanentenerregt BLDC 1,0		1
773 5290	Converter Controller CASSY		1
773 5297	Universal Umrichter		1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)		1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter		1
745 561	Leistungsschalter-Modul		1
315 40	Wägestück 2 kg		1
773 258	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 1,0 kW, w transparent		2
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit		1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau		3

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Permanentenerregte Synchronmaschinen mit vergrabenen Magneten oder Oberflächenmagneten werden meist als Motor verwendet. Durch Ihre hohe Effizienz kommen oft ohne eigene Kühlung aus. Diese Maschinen unterscheiden sich nur durch die Anordnung der Permanentmagneten im Rotor.

**E2.3.6.1 Synchronmaschine permanentenerregt mit eingebetteten Magneten, EPM, 1,0 kW**

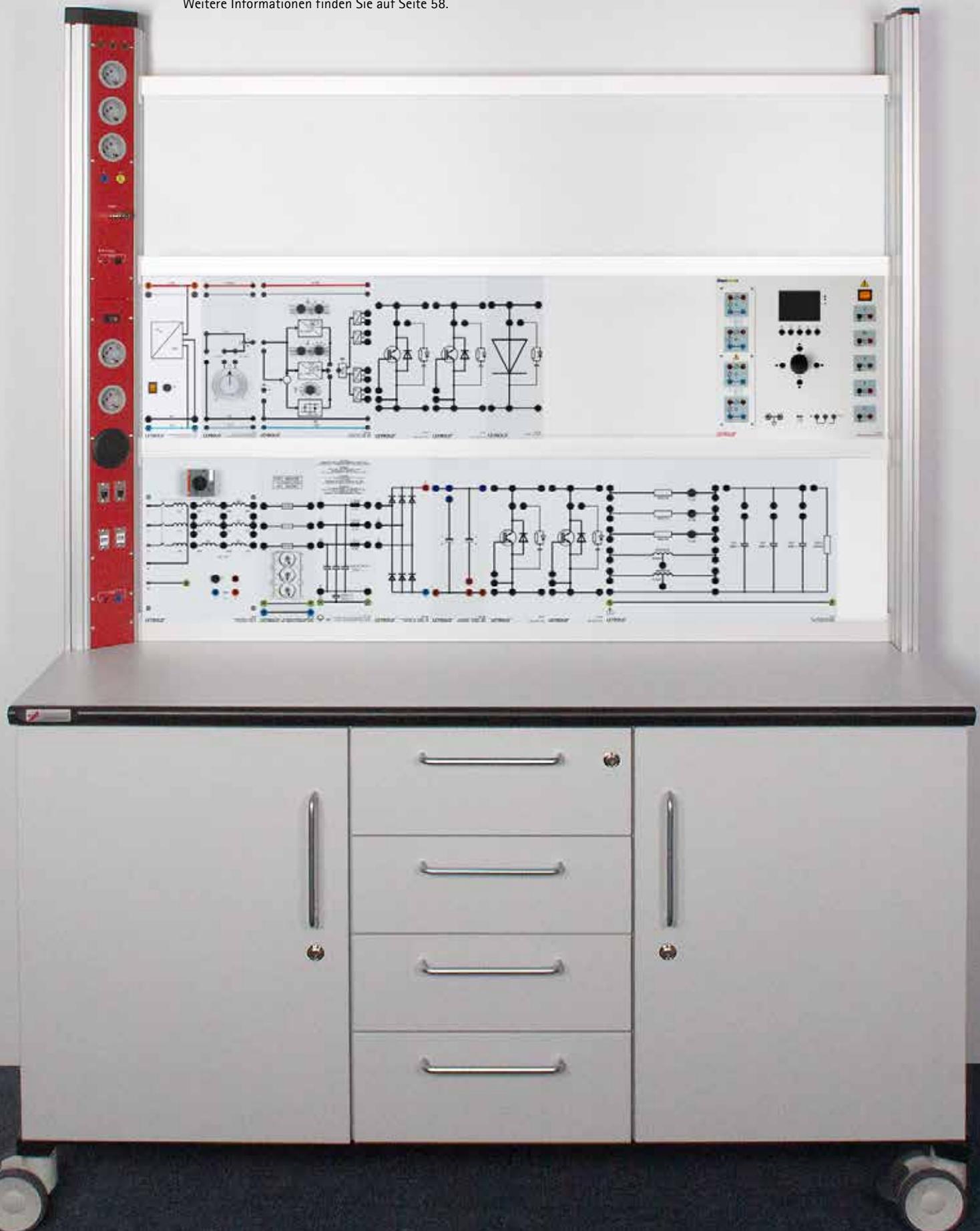
Synchronmaschinen mit vergrabenen Magneten benötigen nicht zwingend einen Kommutator. Diese Maschinen werden oft bei einer hohen Einschaltdauer verwendet. Wie zum Beispiel bei Pumpstationen von Wasserwerken. Diese Ausstattung verwendet einen Industriefrequenzumrichter zur Drehzahlsteuerung.

**E2.3.6.2 Synchronmaschine permanentenerregt mit Oberflächenmagneten, BLDC, 1,0 kW**

Synchronmaschinen mit Oberflächenmagneten benötigen zwingend einen Kommutator. Diese Maschinen werden oft in der Positionierung aber auch im Bereich der E-Mobilität verwendet. Diese Ausstattung verwendet einen didaktischen Frequenzumrichter der LD DIDACTIC.

## E2.4.3.2 Schaltnetzteile

Weitere Informationen finden Sie auf Seite 58.



# KAPITELÜBERSICHT

## E2.4 LEISTUNGSELEKTRONIK

### E2.4.1 COM4LAB: LEISTUNGSELEKTRONIK

#### E2.4.1.1 COM4LAB: Leistungselektronik

### E2.4.2 NETZGEFÜHRTE STROMRICHTER

#### E2.4.2.1 Gesteuerte / Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen

#### E2.4.2.2 Fehlersimulator Phasenanschnitt

### E2.4.3 SELBSTGEFÜHRTER STROMRICHTER

#### E2.4.3.1 Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller

#### E2.4.3.2 Schaltnetzteile

#### E2.4.3.3 Sperrwandler, Durchflusswandler und Wechselrichter

### COM4LAB: Leistungselektronik

ME2.2.1  
COM4LAB  
Leistungselektronik



#### COM4LAB: Leistungselektronik (ME2.2.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	ME2.2.1
700 2101	COM4LAB Kurs: Leistungselektronik I - COM4LAB ready	1
700 22	COM4LAB: Leistungselektronik II - COM4LAB ready	1
70000-00	COM4LAB Master Unit	1
70000-11	USB-C Ladegerät 45 W Eurostecker (Typ C)	1
70000-22	COM4LAB Satz Sicherheitskabel, 2 mm, 24 St	1

Die Kurse zur Leistungselektronik vermitteln die Thematik in konzentrierter, vertiefender Form. Untersucht werden die Kennlinien von Leistungshalbleitern sowie grundlegende Standardschaltungen. Alle Versuche arbeiten mit ungefährlicher, einphasiger Schutzkleinspannung. Für die Durchführung der Versuche ist nur ein geringer Material- und Platzbedarf erforderlich.

#### Lernziele

- Physikalische Grundprinzipien der Leistungshalbleiter
- Aufbau wichtiger Grundsaltungen der Leistungselektronik
- Beurteilung der Eigenschaften von Gleich- und Umrichtern

### Netzgeführte Stromrichter

E2.4.2.1

Gesteuerte / Ungesteuerte  
Stromrichterschaltungen



#### Gesteuerte / Ungesteuerte Stromrichterschaltungen (E2.4.2.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.4.2.1
735 012	Netzgeführte Stromrichter	1
735 122	Stromrichter-Steuergerät	1
735 190	Entstörfilter Phasenanschnitt 3 x 4,5 A	1
735 09	Last-Leistungselektronik	1
773 186	Verbundmaschine 0,3 kW	1*
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1*
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1*
775 250DE	LIT: Gesteuerte und Ungesteuerte Stromrichterschaltungen	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
726 80	Transformator 45/90, 3N	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Leistungselektronik hat sich aus der Stromrichtertechnik zu einem bedeutenden, umfassenden Teilgebiet der Elektrotechnik entwickelt. Die Versuche werden mit Experimentierplatten im Experimentierkasten aufgebaut. Die ungesteuerte / gesteuerte Gleichrichter mit Maskenaufgabe stellen Blockschaltbild und Signalflussplan dar, und gestatten einen übersichtlichen Aufbau der Versuchsschaltungen.

Die Aufgaben der Leistungselektronik sind das Schalten, Steuern und Umformen elektrischer Energie mit Leistungshalbleitern bei möglichst günstigem Wirkungsgrad. Ein Anwendungsschwerpunkt der Leistungselektronik ist die Antriebstechnik. Mit Hilfe moderner Leistungselektronik lassen sich drehzahlvariable Antriebe für 4-Quadranten in Gleich- und Drehstromtechnik realisieren. So sind heute Thyristordrehzahlregelgeräte, Sanftanlaufschaltungen usw. nicht mehr aus Industrie, Handwerk und Haushalt wegzudenken.

### Netzgeführte Stromrichter

E2.4.2.2  
Fehlersimulator Phasenanschnitt



Fehlersimulator Phasenanschnitt (E2.4.2.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.4.2.2
735 390	Fehlersimulator Phasenanschnittsteuerung	1
735 190	Entstörfilter Phasenanschnitt 3 x 4,5 A	1
505 272	Glühlampe 230 V/40 W, E14, Satz 2	2
729 09	Lampenfassung E14, dreifach	1
569 071	LIT: Fehlersimulator Phasenanschnittsteuerung	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
726 80	Transformator 45/90, 3N	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Mit dieser Ausstattung kann das Betriebsverhalten einer Phasenanschnittsteuerung vermittelt sowie anhand von 20 einstellbaren Fehlern die Fehlersuche systematisch trainiert werden, ohne Bauteile oder Personen zu gefährden.

Der Fehlersimulator ist ein Standarddimmer für ohmsche Last ( $P_{max.} = 1,2 \text{ kW}$ ) mit Minimalwertvoreinstellung. Verschiedene Messpunkte ermöglichen die systematische Fehlersuche. Es sind insgesamt 20 Fehler folgender Art einschaltbar:

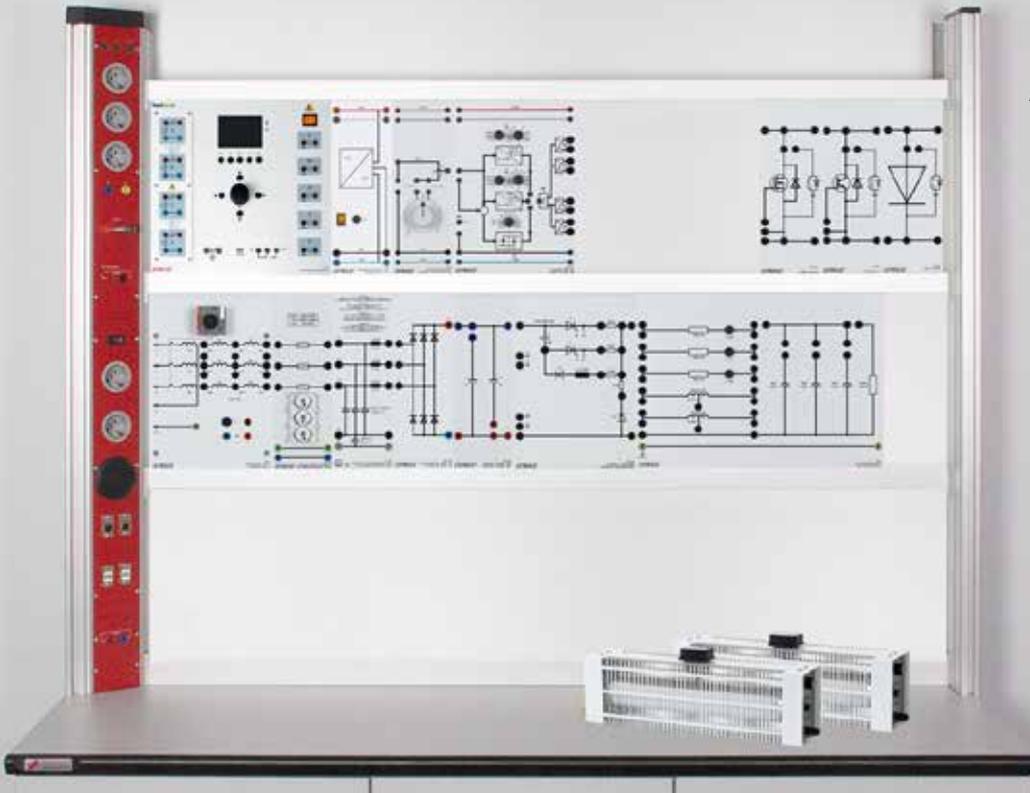
- Unterbrechung
- Kurzschluss
- Bestückungsfehler
- Bauteilfehler

Die Fehler werden durch Schiebeschalter, die sich hinter einem abschließbaren Deckel befinden, eingeschaltet.

### Selbstgeführter Stromrichter

E2.4.3.1

Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller



Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller (E2.4.3.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.4.3.1
734 02	Führungsgrößengeber	1
735 02	Diode, 1000 V/10 A	1
735 09	Last-Leistungselektronik	1
735 18	Sicherungen, dreifach superflink	1
735 065	Gleichrichter B6, 3 x 400 V/10 A	1
735 095	Kapazität 2x 1000 µF, 385 V	1
735 190	Entstörfilter Phasenanschnitt 3 x 4,5 A	1
735 341	Steuergerät PWM/PFM	1
735 342	MOSFET 500 V/10 A	1
735 343	Thyristor mit Löschkreis 230 V/8 A	1
735 346	IGBT 1000 V/10 A	1
537 34	Schiebewiderstand 100 Ohm	1
537 35	Schiebewiderstand 330 Ohm	1
773 186	Verbundmaschine 0,3 kW	1*
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1*
773 110	Maschinen Grundbank 90 cm	1
565 331L	LIT: Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller	1
565 331S	LIT: Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
726 86	Stabilisiertes Netzgerät ±15 V/3 A	1
726 80	Transformator 45/90, 3N	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizellig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

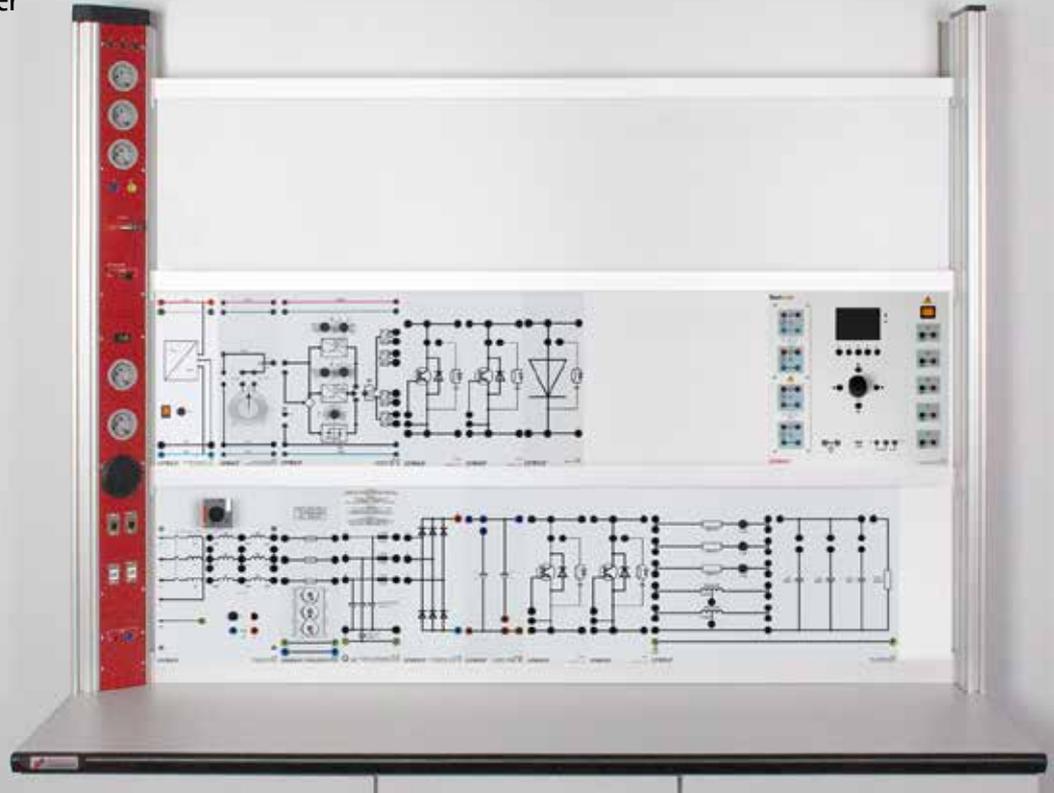
Diese Ausstattung mit Gleichstromstellern und geht dabei auf die hierfür verwendbaren abschaltbaren Ventile ein. Gleichstromsteller wandeln Gleichstrom einer gegebenen Spannung und Polarität in Gleichstrom, einer anderen Spannung und/oder Polarität um. Im Gegensatz zu anderen Verfahren der Spannungsverstellung arbeiten sie prinzipiell verlustlos, praktisch mit hohem Wirkungsgrad, da die elektronischen Ventile im periodischen Schaltbetrieb ein-gesetzt werden. Gleichstromsteller werden heute in einem weiten Bereich von Spannung, Strom und Leistung angewandt, von Netzgeräten für elektronische Schaltungen bis zur Speisung von Straßenbahnen, Stadt- und U-Bahnen aus Gleichstromnetzen.

Mit abschaltbaren Stromrichterventilen lassen sich verschiedene Gleichstromsteller (DC/DC Wandler) aufbauen. Dabei kommen drei unterschiedliche Steuerungsverfahren zum Einsatz:

- Pulsweitenmodulation
- Pulsfolgemodulation
- Zweipunktregelung

### Selbstgeführter Stromrichter

E2.4.3.2  
Schaltnetzteile



Schaltnetzteile (E2.4.3.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.4.3.2
734 02	Führungsgrößengeber	1
735 02	Diode, 1000 V/10 A	1
735 09	Last-Leistungselektronik	1
735 18	Sicherungen, dreifach superflink	1
735 065	Gleichrichter B6, 3 x 400 V/10 A	1
735 095	Kapazität 2x 1000 µF, 385 V	1
735 190	Entstörfilter Phasenanschnitt 3 x 4,5 A	1
735 341	Steuergerät PWM/PFM	1
735 346	IGBT 1000 V/10 A	1
565 401	LIT: Schaltnetzteile, Leistungsfaktor-Korrektur und Wechselrichter	1
565 331L	LIT: Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller	1
565 331S	LIT: Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
726 86	Stabilisiertes Netzgerät ±15 V/3 A	1
726 80	Transformator 45/90, 3N	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Leistungselektronik ermöglicht den Aufbau von Netzteilen, die sich durch hohen Wirkungsgrad und kleine Bauform auszeichnen. Dies wird mit schaltenden Bauteilen und bei möglichst hohen Schaltfrequenzen erreicht. Die folgenden Versuche an primär getakteten Schaltnetzteilen können aufgebaut und bezüglich ihrer Eigenschaften untersucht werden:

#### Tiefsetzsteller

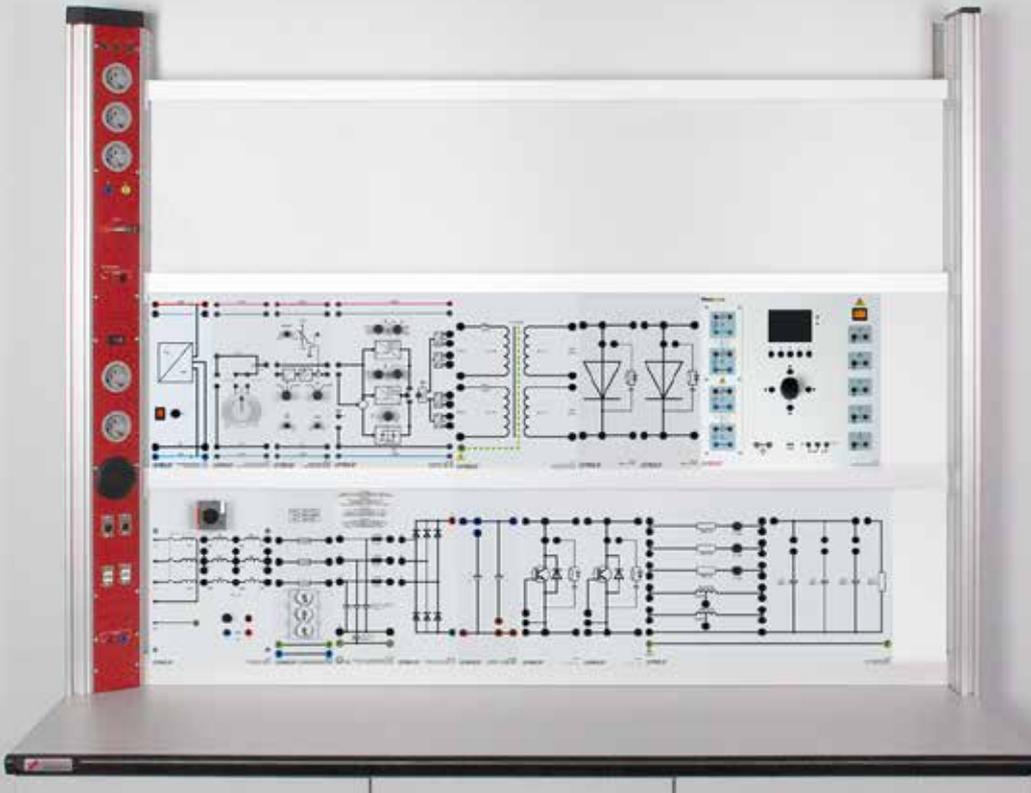
- mit unterschiedlichen Lasten,
- Steuerung von des Spannungs- und Strommittelwertes mittels Pulsbreitenmodulation,
- Funktion einer Freilaufdiode bei ohmsch induktiver Last,
- Funktion eines Glättungskondensators bei ohmsch induktiver Last,
- Wirkungsgrad des Tiefsetzstellers

#### Invertierender Hoch- und Tiefsetzsteller

- mit unterschiedlichen Lasten,
- Steuerung von des Spannungs- und Strommittelwertes mittels Pulsbreitenmodulation,
- Funktion der Drossel bei lückendem Strom

### Selbstgeführter Stromrichter

E2.4.3.3  
Sperrwandler, Durchflusswandler und  
Wechselrichter



Sperrwandler, Durchflusswandler und Wechselrichter (E2.4.3.3)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.4.3.3
734 02	Führungsgrößengeber	1
735 09	Last-Leistungselektronik	1
735 18	Sicherungen, dreifach superflink	1
734 19	Kennlinienanpassung	1
735 02	Diode, 1000 V/10 A	4
735 065	Gleichrichter B6, 3 x 400 V/10 A	1
735 095	Kapazität 2x 1000 µF, 385 V	1
735 190	Entstörfilter Phasenanschnitt 3 x 4,5 A	1
735 341	Steuergerät PWM/PFM	1
735 105	Leistungsübertrager	1
735 346	IGBT 1000 V/10 A	4
565 401	LIT: Schaltnetzteile, Leistungsfaktor-Korrektur und Wechselrichter	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
726 86	Stabilisiertes Netzgerät ±15 V/3 A	1
726 80	Transformator 45/90, 3N	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Primär getaktete Schaltnetzteile haben einen Wandler, es gibt zwei verschiedene Wandlerprinzipien:

#### Sperrwandler

- Schaltungsaufbau und Funktion
- Steuerung des Spannungs- und Strommittelwertes
- Einfluss der RCD-Schutzbeschaltung

#### Durchflusswandler

- Eintakt-Durchflusswandler
- asymmetrischer Halbbrücken-Durchflusswandler

#### Wechselrichter

- H-Brücke
- Spannungsumkehr
- Stromumkehr
- Erzeugung einer frequenz- und amplitudenvariablen Wechselspannung

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

### E2.5.4.3

## Anlaufen von großen Schwungmassen mit Schleifringläufermotor

Weitere Informationen finden Sie auf Seite 71.



# KAPITELÜBERSICHT

## E2.5 ANTRIEBSTECHNIK

### E2.5.2 INDUSTRIELLE GLEICHSTROMANTRIEBE

E2.5.2.1 Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit gesteuerten Gleichrichtern

E2.5.2.2 Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit einer IGBT H-Brückenschaltung

### E2.5.3 INDUSTRIELLE DREHSTROMANTRIEBE

E2.5.3.1 Stromrichterantriebe mit Asynchronmaschinen

E2.5.3.2 Grundlagen der Frequenzumrichter und Drehfeldtechnik

E2.5.3.3 Antriebe mit didaktischem Frequenzumrichter

E2.5.3.4 Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 0,3 kW

E2.5.3.5 Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 1,0 kW

### E2.5.4 LASTVERHALTEN VON ANTRIEBEN

E2.5.4.1 Direktanlauf und Stern-Dreieck-Anlauf eines Asynchronmotors unter Last

E2.5.4.2 Direktanlauf oder Anlauf mit einem Sanftstarter eines Asynchronmotors unter Last

E2.5.4.3 Anlaufen von großen Schwungmassen mit Schleifringläufermotor

E2.5.4.4 Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Asynchronmotoren unter Last

E2.5.4.5 Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Gleichstrommaschinen unter Last

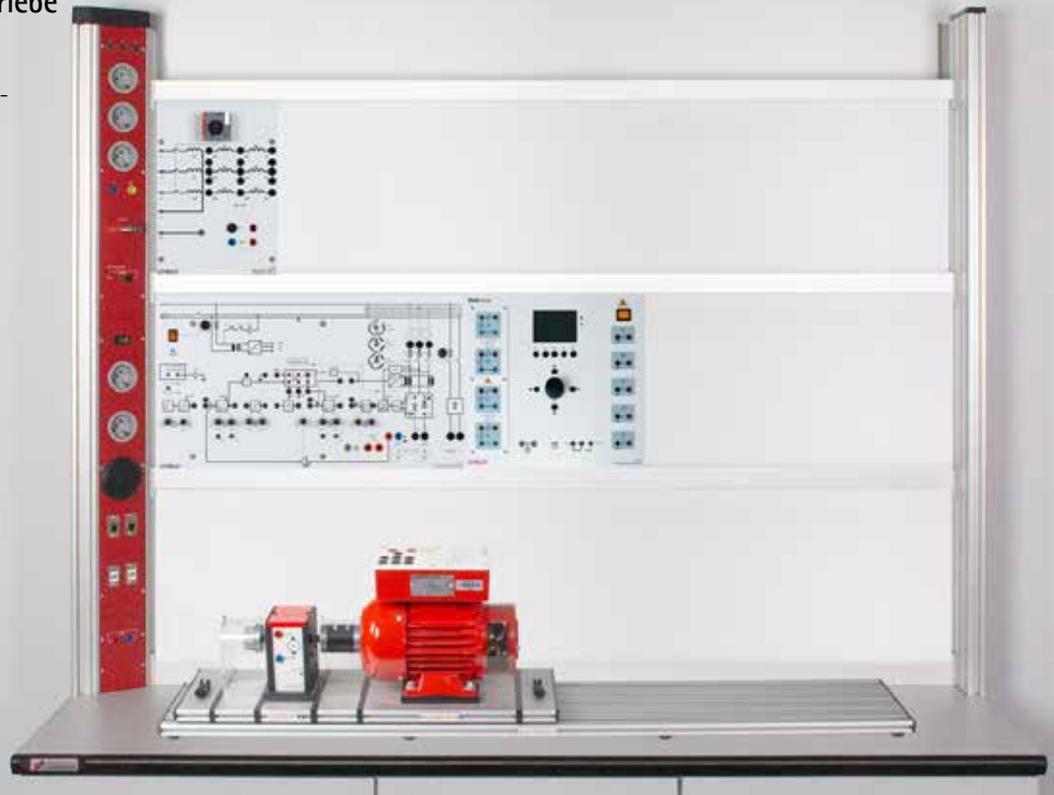
E2.5.4.6 Betriebsverhalten von drehzahlvariablen BLDC-Motoren unter Last

E2.5.4.7 Ermitteln der mechanischen Daten einer Maschine

### Industrielle Gleichstromantriebe

#### E2.5.2.1

Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit gesteuerten Gleichrichtern



Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit gesteuerten Gleichrichtern (E2.5.2.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.2.1
735 32	Thyristor-Drehzahlregelgerät	1
773 109	Tachogenerator 0,3 kW	1
773 186	Verbundmaschine 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	2
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
775 280DE	LIT: Stromrichterantrieb mit DC-Maschinen	1
727 110	Power Analyser CASSY Plus	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
726 80	Transformator 45/90, 3N	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Traditionell wird für drehzahlveränderbare Antriebe mit Thyristoren bei hoher Antriebsleistung eingesetzt. Durch Verstellung der Ankerspannung kann die Drehzahl und durch das Umpolen der Läuferspannung die Drehrichtung geändert werden. Der stromrichter gespeiste Gleichstromantrieb ist ein weit verbreiteter, geregelter elektrischer Antrieb bei hohen Leistungen. Grund dafür sind die ausgereiften, robusten und preiswerten Drehzahlregelgeräte und die hohe Regeldynamik des Gesamtsystems.

#### Themen

- Regelung eines Mehrquadrantenantriebs
- Analyse der Regelstrecke
- Optimierung des Stromregelkreises
- Aufnahme der Ankerkreis konstanten
- Optimierung des Drehzahlregelkreises
- Einstellung der Gleich- und Wechselrichtertrittgrenze
- Aufnahme der Übergangsfunktion der Regelgröße Ankerstrom
- Umschaltung des Stromrichters
- Einstellung der Strombegrenzung

### Industrielle Gleichstromantriebe

E2.5.2.2

Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit einer IGBT H-Brückenschaltung



Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit einer IGBT H-Brückenschaltung (E2.5.2.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.2.2
773 186	Verbundmaschine 0,3 kW	1
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
537 34	Schiebewiderstand 100 Ohm	1
773 109	Tachogenerator 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	2
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

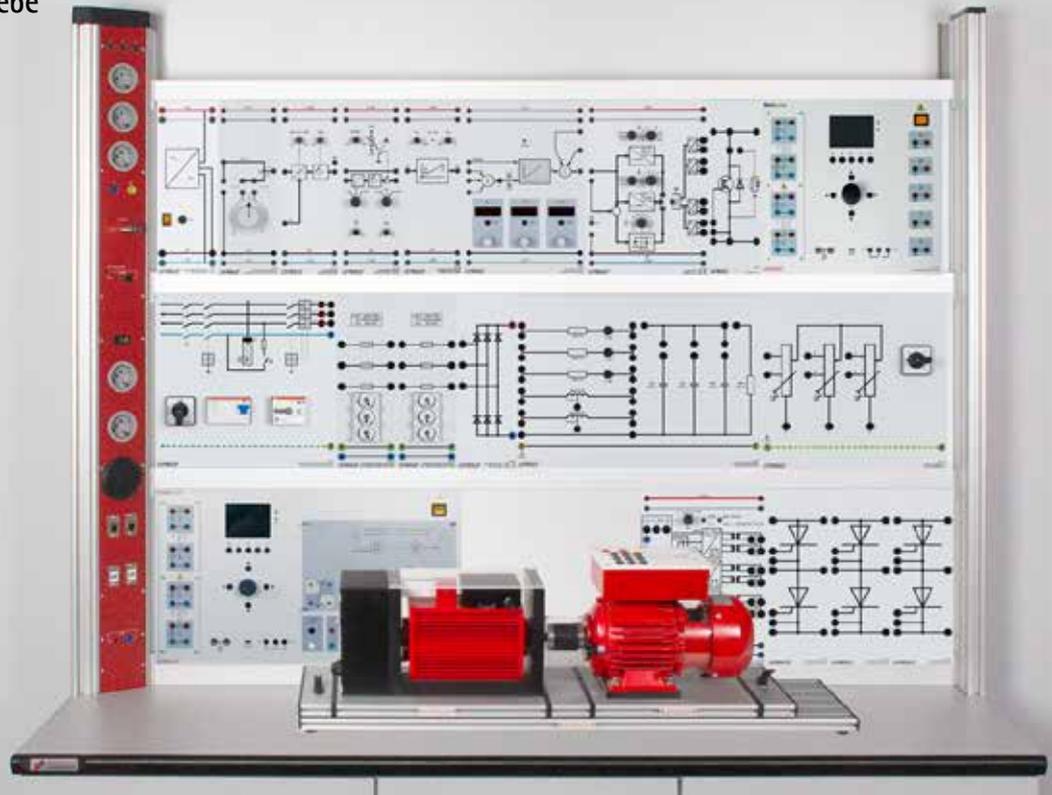
Mit dieser Ausstattung können Sie ein modernes Gleichstromantriebssystem aufbauen, um die Drehzahl über vier Quadranten zu regeln. Die Leistungselektronik ist in Form eines Universalumrichters realisiert, der vom Converter Controller CASSY angesteuert wird. Für den Antrieb wird eine Gleichstromnebenschlussmaschine mit einem analogen Tachometer verwendet. Die H-Brückenschaltung ermöglicht die Einstellung der Drehzahl und der Drehrichtung.

#### Themen

- Aufbau einer H-Brücke
- Pulsbreitensteuerung
- Drehrichtungsumkehr
- Drehzahleinstellung von Gleichstrommaschinen
- Stromgrenzregelung

### Industrielle Drehstromantriebe

E2.5.3.1  
Stromrichterantriebe mit  
Asynchronmaschinen



Stromrichterantriebe mit Asynchronmaschinen (E2.5.3.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.3.1
734 02	Führungsgrößengeber	1
734 19	Kennlinienanpassung	1
735 07	Thyristor Zweigpaar, 1000 V/12 A	3
735 09	Last-Leistungselektronik	1
735 17	Hochlaufgeber	1
735 18	Sicherungen, dreifach superflink	2
735 20	Steuerwinkelbegrenzer	1
734 064N	PID-Digitalregler Net	1
735 065	Gleichrichter B6, 3 x 400 V/10 A	1
735 135	Steuergerät sechspulsig, digital	1
735 190	Entstörfilter Phasenanschnitt 3 x 4,5 A	1
735 341	Steuergerät PWM/PFM	1
735 346	IGBT 1000 V/10 A	1
732 29	Läuferanlasser 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 228	Multifunktionsmaschine 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	2
773 109	Tachogenerator 0,3 kW	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	2
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
565 371	LIT: Stromrichtergespeiste Asynchronmaschinen	1
726 86	Stabilisiertes Netzgerät $\pm 15$ V/3 A	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1
725 442DG	Drehspannung 400 V/2,5 A	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.3.1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

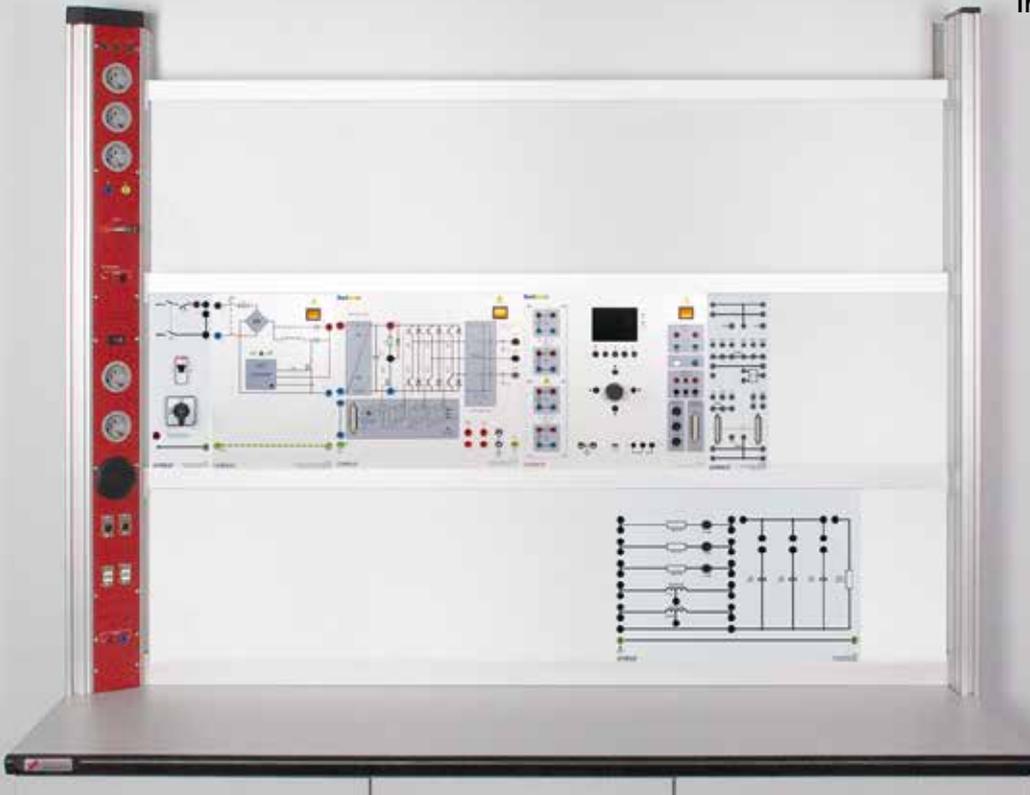
Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Mit der Ausstattung werden Versuche zur Drehzahlbeeinflussung von Asynchronmaschinen (ASM) als Schleifringläufer mit netzgeführten Stromrichtern durchgeführt. Die Drehzahl der ASM hängt von der Ständerspannung und dem Läuferwiderstand ab und kann im Experiment über diese beiden Größen beeinflusst werden. Neben der Inbetriebnahme und Parametrierung wird vor allem das veränderte Verhalten der Maschine untersucht. Dazu werden Belastungskennlinien aufgenommen und Kennwerte ermittelt. Mit einem PID-Regler lassen sich die Versuchsaufbauten zu drehzahlgeregelten Antrieben erweitern.

### Industrielle Drehstromantriebe

E2.5.3.2

Grundlagen der Frequenzumrichter und Drehfeldtechnik



Grundlagen der Frequenzumrichter und Drehfeldtechnik (E2.5.3.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.3.2
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
735 09	Last-Leistungselektronik	1
735 296	Umrichter Ein-/Ausgabe	1
565 431	LIT: Grundlagen der Frequenzumrichtertechnik	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 592	Sicherheits-Verbindungsstecker mit Abgriff, schwarz, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Ausstattung bietet Einblick in die Schaltungstechnik von Frequenzumrichtern mit Spannungszwischenkreis. Messungen werden an den Baugruppen eines speziellen didaktischen Frequenzumrichters durchgeführt. Die Versuche verwenden eine statisch elektronische Last, das erleichtert die Auswertung von Strom- und Spannungsverläufen. Auch das Drehfeld mit variabler Drehfeldfrequenz wird untersucht.

Folgende Baugruppen sind zugänglich:

- Zwischenkreis
- IGBT H-Brücke
- Brems-Chopper
- 3-Phasen-Wechselrichter

### Industrielle Drehstromantriebe

E2.5.3.3

Antriebe mit didaktischem Frequenzumrichter



Antriebe mit didaktischem Frequenzumrichter (E2.5.3.3)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.3.3
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 2104	Käfigläufermotor 230/400 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
537 34	Schiebewiderstand 100 Ohm	1
565 441	LIT: Frequenzumrichtertechnik, Antriebe	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Bedeutung der Frequenzumrichter für Fertigungs- und Betriebskonzepte war noch nie so groß wie heute. Ein Frequenzumrichter optimiert nicht nur den Motorbetrieb, sondern oft die ganze angetriebene Maschine.

Frequenzumrichter kommen mit folgenden Zielen zum Einsatz:

- Optimierung der Energieeffizienz
- Leistungsfähige Fabrikautomatisierung
- Prozessregelung und -optimierung

In dieser Ausstattung geht es um die optimale Anpassung von Frequenzumrichter und Maschinen ohne Regelung der Drehzahl.

### Industrielle Drehstromantriebe

E2.5.3.4

Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter  
0,3 kW



Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 0,3 kW (E2.5.3.4)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.3.4
773 5313	Industrie-Frequenzumrichter	1
773 2104	Käfigläufermotor 230/400, 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
537 34	Schiebewiderstand 100 Ohm	1
775 290DE	LIT: Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 0,3 kW	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
689 3001	Satz für Potentialausgleich	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 592	Sicherheits-Verbindungsstecker mit Abgriff, schwarz, Satz 10	1*
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Ausstattung enthält einen industriellen, kompakten Frequenzumrichter. Die Schwerpunkte der Experimente liegen auf der Inbetriebnahme und Parametrierung des Umrichters sowie der Untersuchung des Maschinenverhaltens.

Für die Parametrierung wird die Herstellersoftware verwendet, eine Programmierung von Hand ist zwar möglich, aber bei der Vielzahl von Parametern nicht didaktisch sinnvoll.

#### Themen

- Aufbau von Antrieben mit Asynchronmotoren
- Moment, Wirkungsgrad und optimale Magnetisierung
- Parametrierung des Frequenzumrichter
- Messungen der Umrichter Ausgangsspannung
- Spannungs- und Stromvektor
- Anlaufen eines Antriebes mit Frequenzumrichter
- Einfluss der Schlupfkompensation
- Einfluss der Lastkompensation
- Aufnahme der U/f-Kennlinie bei verschiedenen Lastfällen

### Industrielle Drehstromantriebe

E2.5.3.5  
Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter  
1,0 kW



Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 1,0 kW (E2.5.3.5)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.3.5
735 3102	Industriefrequenzumrichter 400V	1
773 2804	Käfigläufermotor 230/400 IE3, 1,0 kW	1
773 2900	Maschinen Test CASSY 1,0 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 2990	Elektrisches Dynamometer 1,0 kW	1
773 258	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 1,0 kW, transparent	1
315 40	Wägestück 2 kg	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
732 56	Kupplung 1,0 kW	1
537 34	Schiebewiderstand 100 Ohm	2
775 295DE	LIT: Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 1,0 kW	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
689 3001	Satz für Potentialausgleich	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 592	Sicherheits-Verbindungsstecker mit Abgriff, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Industrie Frequenzumrichter sind der Maschinenoptimierung und der Automatisierung im Einsatz. Die Ausstattung enthält einen industriellen, kompakten Frequenzumrichter der Klasse 1 kW. Die Schwerpunkte der Experimente liegen an der Inbetriebnahme und Parametrierung des Umrichters sowie der Untersuchung des Maschinenverhaltens.

Für die Parametrierung wird die Herstellersoftware verwendet, eine Programmierung von Hand ist zwar möglich, aber bei der Vielzahl von Parametern nicht didaktisch sinnvoll.

#### Lernziele

- Schutzmaßnahmen und elektrische Sicherheit
- Aufbau von energietechnischen Anlagen nach Schaltplan
- Inbetriebnahme von elektrischen Antrieben
- Aufnahme von Belastungskennlinien unter verschiedenen Betriebsparametern
- Erlangung von Messkompetenz an elektrischen Maschinen
- Drehzahlsteuerung einer Asynchronmaschine
- Messungen erfolgen durch das Maschinen Test CASSY

### Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.1

Direktanlauf und Stern-Dreieck-Anlauf eines Asynchronmotors unter Last



Direktanlauf und Stern-Dreieck-Anlauf eines Asynchronmotors unter Last (E2.5.4.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.4.1
773 212	Käfigläufermotor 400/690, 0,3 kW	1
731 48	Stern-Dreieck-Wendeswitcher	1
731 50	Stern-Dreieck-Starter	1
732 13	Motorschutzschalter 0,6-1	1
731 44	Motorschutzschalter 0,4-0,6	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1*
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
731 47	Stern-Dreieck-Schalter	1*
731 49	Drehrichtungswendeswitcher	1*
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

In diesen Versuchen wird das Verhalten eines Asynchronmotors bei direktem Einschalten und bei Stern-Dreieck-Anlauf im Netz untersucht.

Die Versuche werden mit einer Asynchronmaschine 400/692 V durchgeführt. Nur diese kann mit dem Stern-Dreieck-Anlauf direkt an einem Versorgungsnetz betrieben werden. Der Direktanlauf ist in Deutschland nur mit Maschinen bis 4 kW erlaubt. Durch die Hocheffizienzmaschinen und deren hoher Einschaltstrom von bis zu 8-fachem Nennstrom belastet dann die Versorgungsnetze.

#### Lernziele

- Netzrückwirkung bei Direktanlauf mit und ohne Last
- mechanische Belastung der angetriebenen Arbeitsmaschine
- Optimierung des Stern-Dreieck-Anlaufes
- Ermitteln der Schaltzeit einer automatischen Stern-Dreieck-Schaltung
- Messungen erfolgen durch das Maschinen Test CASSY

### Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.2  
Direktanlauf oder Anlauf  
mit einem Sanftstarter  
eines Asynchronmotors unter Last



Direktanlauf oder Anlauf mit einem Sanftstarter eines Asynchronmotors unter Last (E2.5.4.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.4.2
773 2108	Käfigläufermotor 230/400, 0,3 kW, IE3	1
732 13	Motorschutzschalter 0,6-1	1
731 49	Drehrichtungswendeswitcher	1
731 51	Sanftstarter 0,3/1,0 kW	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1*
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die ersten Versuche führen Untersuchungen des Verhaltens eines Asynchronmotors 230/400 V bei direktem Einschalten und direktem Wenden im Netz durch. Das Anlaufen mit Widerständen widerspricht den heutigen Effizienzrichtlinien. Für diese Motoren sind Thyristor gesteuerte Sanftstarter entwickelt worden, die ohne Leistungsverlust die Motorenspannung reduzieren können.

#### Lernziele

- Netzrückwirkung bei Direktanlauf mit und ohne Last
- Netzrückwirkung bei direktem Wenden mit und ohne Last
- mechanische Belastung der angetriebenen Arbeitsmaschine
- Anlauf mit Sanftstarter
- Optimierung des Sanftstarter
- Messungen erfolgen durch das Maschinen Test CASSY

### Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.3

Anlaufen von großen Schwungmassen mit Schleifringläufermotor



Anlaufen von großen Schwungmassen mit Schleifringläufermotor (E2.5.4.3)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.4.3
773 233	Schleifringläufermotor 0,3 kW	1
732 13	Motorschutzschalter 0,6-1	1
732 29	Läuferanlasser 0,3 kW	1
745 561	Leistungsschalter-Modul	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1*
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
726 75	Dreiphasen-Anschlusseinheit mit RCD	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	2
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 851	Sicherheits-Experimentierkabel, 32 A, Satz 32	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

\* zusätzlich empfohlen

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Der Schweranlauf ist den Schleifringläufern überlassen. Mit der Beschaltung durch Widerstände im Rotorkreis kann der Anlaufstrom auf den Nennstrom reduziert werden.

Bei diesem Experiment steht für den Schweranlauf der manuelle Läuferanlasser zur Verfügung.

#### Lernziele

- Netzurückwirkung bei Schweranlauf
- mechanische Belastung der angetriebenen Arbeitsmaschine
- Optimierung einer Anlaufsteuerung
- Energiebedarf bei Direktanlauf eines Asynchronmotors
- Energiebedarf bei Sanftanlauf eines Asynchronmotors

### Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.4

Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Asynchronmotoren unter Last



#### Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Asynchronmotoren unter Last (E2.5.4.4)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.4.4
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 2104	Käfigläufermotor 230/400, 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau	3
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Der Lernende wird an einem Antrieb mit Asynchronmotor das Verhalten von Arbeitsmaschinen erlernen. In den ersten Versuchen wird die Wirtschaftlichkeit eines Drehzahlvariablenantriebes untersucht.

In weiteren Experimenten werden die unterschiedlichen Verhalten von Arbeitsmaschinen dargestellt.

Zur Auswertung werden Kennliniendiagramme und Zeitdiagramme aufgenommen und bewertet.

#### Lernziele

- Energiebedarf bei Anlaufen unter Last
- Energiebedarf bei Drehrichtungswechsel
- Verhalten der Arbeitsmaschinen
- Drehmoment ist konstant wie bei Aufzügen; Kränen ( $T_L = \text{konst.}$ )
- Drehmoment steigt linear mit der Drehzahl; Extruder, Walkarbeit ( $T_L \sim n$ )
- Drehmoment steigt quadratisch mit der Drehzahl; Strömungsmaschinen, Gebläse, Pumpen ( $T_L \sim n^2$ )
- Drehmoment sinkt umgekehrt proportional zur Drehzahl; Dreh-, Fräs- und Wickelmaschinen ( $T_L = 1/n$ )
- Schwungmasse

### Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.5

Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Gleichstrommaschinen unter Last



Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Gleichstrommaschinen unter Last (E2.5.4.5)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.4.5
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 186	Verbundmaschine 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau	3
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Gleichstrommaschinen haben Ihre Dominanz bei den gesteuerten und geregelten Antrieb verloren. Der hohe Beschaffungspreis und die Wartungskosten, die durch die Bürsten entstehen, haben diese weitgehend durch BLDC-Maschinen ersetzt.

Trotz der schon genannten Nachteile hat dieser Antrieb durch sein hochdynamisches Regelverhalten seine Verwendung in der Antriebstechnik nicht verloren. Der Lernende wird an einem Antrieb mit Gleichstrommotor das Verhalten von Arbeitsmaschinen erlernen. In den ersten Versuchen wird die Wirtschaftlichkeit eines Drehzahlvariablenantriebes untersucht. In weiteren Experimenten werden die unterschiedlichen Verhalten von Arbeitsmaschinen dargestellt.

### Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.6

Betriebsverhalten von drehzahlvariablen  
BLDC-Motoren unter Last



Betriebsverhalten von drehzahlvariablen BLDC-Motoren unter Last (E2.5.4.6)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.4.6
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 350	Synchronmaschine Permanenterregt mit Oberflächenmagneten BLDC 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau	3
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

BLDC-Maschinen haben durch ihren hohen Wirkungsgrad und den sehr guten dynamischen Eigenschaften die Gleichstrommaschinen in vielen Drehzahl- und Positionsregelungen abgelöst. Unter BLDC-Maschinen sind permanenterregte Synchronmaschinen, die sich mit einem kommutierten Antrieb wie eine Gleichstrommaschine verhalten.

Der hohe Wirkungsgrad wird durch die Permanenterregung erreicht. Die Rotoren lassen sich mit einem sehr geringen Trägheitsmoment herstellen, was ein hohes dynamisches Verhalten ermöglicht.

### Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.7  
Ermitteln der mechanischen Daten einer Maschine



#### Ermitteln der mechanischen Daten einer Maschine (E2.5.4.7)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.5.4.7
773 2104	Käfigläufermotor 230/400, 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
315 39	Wägestück 1 kg	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Der Lernende wird mit einer Asynchronmaschine die Grundlagen der mechanischen Verluste und des Trägheitsmomentes erlernen. In mehreren Versuchen werden diese Eigenschaften untersucht.

Die mechanischen Verluste können bei einer statischen Messung, also bei konstanter Drehzahl ermittelt werden. Bei dieser Messung ist das Trägheitsmoment nicht wirksam. Die mechanischen Verluste bestehen aus der Lagerreibung und der Energie, die für die Kühlung benötigt werden.

Bei einer dynamischen Messung mit konstanter Beschleunigung sind neben den mechanischen Kräften aus Reibung und Kühlung auch das Trägheitsmoment wirksam. Das Trägheitsmoment kann dann ermittelt werden.

#### Lernziele

- mechanische Verlust
- Lüfterverluste
- Trägheitsmoment

## E2.6.1.1 Grundlagen der Kommutatortechnik

Weitere Informationen finden Sie auf Seite 78.



# KAPITELÜBERSICHT

## E2.6 SERVOTECHNIK

### E2.6.1 ELEKTRONISCH KOMMUTIERTER MASCHINEN

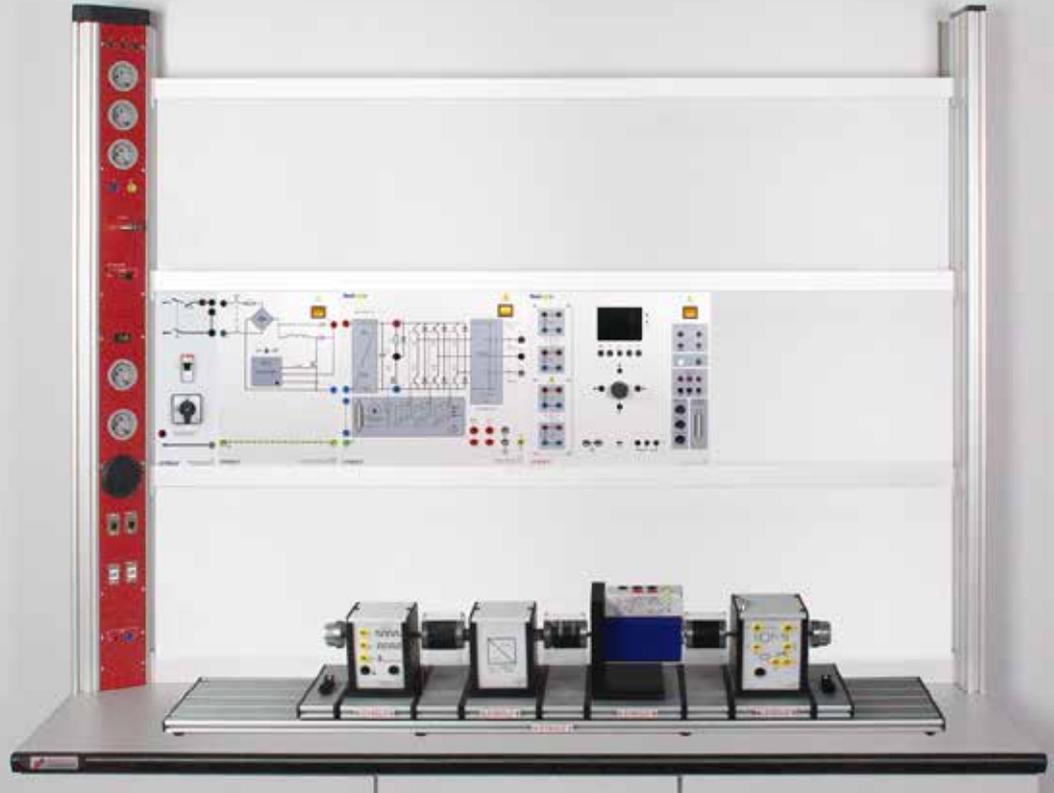
- E2.6.1.1 Grundlagen der Kommutatortechnik
- E2.6.1.2 Blockkommutierte Synchronmaschine
- E2.6.1.3 Sinuskommutierte permanenterregte Synchronmaschine mit Oberflächenmagneten
- E2.6.1.4 Inkrementalkommutierte permanenterregte Synchronmaschine mit vergrabenen Magneten

### E2.6.2 INDUSTRIELLE SERVOS 300 W

- E2.6.2.1 DC-Servo mit industrieller Gleichstrommaschine
- E2.6.2.2 AC-Servo mit industriellem Asynchronmaschine
- E2.6.2.3 AC-Servo mit industrieller permanenterregter Synchronmaschine
- E2.6.2.4 AC-Servo mit industrieller fremderregter Synchronmaschine

### Elektronisch kommutierte Maschinen

E2.6.1.1  
Grundlagen der Kommutatortechnik



Grundlagen der Kommutatortechnik (E2.6.1.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.1.1
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
735 296	Umrichter Ein-/Ausgabe	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1994	AC-Servomotor 0,3 kW	1
773 1096	Kommutierungsgeber 0,3 kW	1
773 1094	Resolver 0,3 kW	1
773 1092	Inkrementaler Tacho 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	3
731 06	Kupplung 0,3 kW	2
773 1075	Getriebe 0,3 kW	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Permanenterregten oder fremderregten Synchronmaschine können ohne Kommutierung nicht sicher betrieben werden. In dieser Ausstattung befasst sich der Lernende mit den Grundlagen der Kommutierung. Es kann zwischen Block-, Sinus- und digitaler Kommutierung gewählt werden.

Mit dieser Ausstattung soll der Lernende die Notwendigkeit und Funktion einer Kommutierung erkennen.

#### Lernziele

- mechanische Ausrichtung des Rotors
- Blockkommutierung
- Drehbewegung des Rotors
- Feldsteuerung über Umrichteransteuerung
- feldorientierte Regelung
- Sinus-Kommutierung mit Resolver
- digitale Kommutierung
- Messungen erfolgen mit dem Converter Controller CASSY

### Elektronisch kommutierte Maschinen

E2.6.1.2

Blockkommutierte Synchronmaschine



Blockkommutierte Synchronmaschine (E2.6.1.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.1.2
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1994	AC-Servomotor 0,3 kW	1
773 1096	Kommutierungsgeber 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	3
731 06	Kupplung 0,3 kW	2
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Die Ausstattung ermöglicht, die Funktionen einer BLDC-Maschine nachzuvollziehen. Die BLDC-Maschinen verfügen über eine Blockkommutierung, die das Verhalten durch eine elektronische Ansteuerung mitbestimmt.

Der Lernende analysiert an einer permanentenregten Synchronmaschine als Verhalten einer BLDC-Maschine. Messen von Maschinenparametern, Analyse der Maschinenkennlinie bei verschiedenen Lasten. Ermitteln der Reglereigenschaften durch die Sprungantwort der BLDC-Maschine.

#### Lernziele

- Drehrichtungssteuerung
- Drehzahlsteuerung
- Lastverhalten
- Sprungantwort

### Elektronisch kommutierte Maschinen

E2.6.1.3

Sinuskommutierte permanenterregte Synchronmaschine mit Oberflächennagneten



Sinuskommutierte permanenterregte Synchronmaschine mit Oberflächennagneten (E2.6.1.3)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.1.3
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 350	Synchronmaschine Permanenterregt mit Oberflächennagneten BLDC 0,3 kW	1
773 1094	Resolver 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	3
731 06	Kupplung 0,3 kW	2
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

Hier wird an einer permanenterregten Synchronmaschine (PMSM) mit Oberflächennagneten als BLDC Motor und Generator folgende Schwerpunkte erarbeitet: messen von Maschinenparametern und Analyse der Maschinenkennlinie bei verschiedenen Lasten. Ermitteln der Reglereigenschaften durch die Sprungantwort der PMSM-Maschine ist ebenfalls ein Themenschwerpunkt.

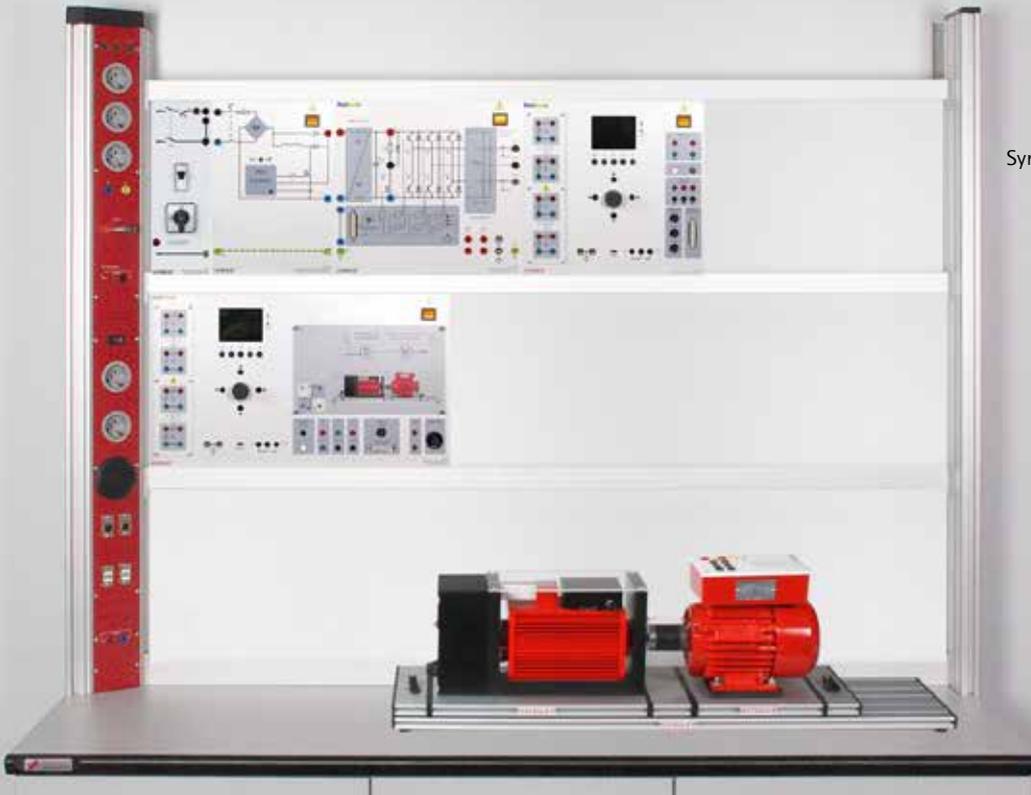
#### Lernziele

- Funktion als Generator
- Funktion als Motor
- Drehrichtungssteuerung
- Drehzahlsteuerung
- Lastverhalten
- Sprungantwort

### Elektronisch kommutierte Maschinen

E2.6.1.4

Inkrementalkommutierte permanenterregte Synchronmaschine mit vergrabenen Magneten



Inkrementalkommutierte permanenterregte Synchronmaschine mit vergrabenen Magneten (E2.6.1.4)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.1.4
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 340	Synchronmaschine Permanenterregt mit eingebetteten Magneten EPM 0,3 kW	1
773 1092	Inkrementaler Tacho 0,3 kW	1
773 1900	Maschinen Test CASSY 0,3 kW	1
773 1991	Elektrisches Dynamometer 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	2
731 06	Kupplung 0,3 kW	2
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Die Ausstattung ermöglicht die Analyse sinuskommutierte permanenterregte Synchronmaschine (PMSM) mit vergrabenen Magneten.

Der Lernende analysiert an einer permanenterregten Synchronmaschine (PMSM) mit vergrabenen Magneten als Motor und Generator. Messen von Maschinenparametern, Analyse der Maschinenkennlinie bei verschiedenen Lasten. Ermitteln der Reglereigenschaften durch die Sprungantwort der PMSM-Maschine.

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

### Industrielle Servos 300 W

E2.6.2.1  
DC-Servo mit industrieller  
Gleichstrommaschine



DC-Servo mit industrieller Gleichstrommaschine (E2.6.2.1)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.2.1
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 186	Verbundmaschine 0,3 kW	1
773 1092	Inkrementaler Tacho 0,3 kW	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
773 1075	Getriebe 0,3 kW	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

DC-Servos haben ein großes Anwendungsspektrum, die hoch dynamische Regelung war lange nur mit diesen möglich. Sie wurden in vielen Anwendungen durch permanenterregte Synchronmaschinen ersetzt. Der erhöhte Wartungsaufwand und die geringere Effizienz der Gleichstrommaschinen ist die Ursache. Eine moderne winkelorientierte Drehzahlregelung setzt eine inkrementale Drehwinkel erfassung voraus.

Erlern wird die Analyse an einem Gleichstromantrieb den Aufbau und Funktion eines DC-Servo-Antriebes. Mit Messungen und Berechnungen wird versucht, den Antrieb für seine Anwendungen zu optimieren.

#### Lernziele

- Optimieren von Regelkreisen
- 2 und 4 Quadranten Regelung
- statische Drehzahlregelung
- dynamische Drehzahlregelung
- hoch dynamische Drehzahlregelung
- Positionsregelung
- Sprungantwort

### Industrielle Servos 300 W

E2.6.2.2  
AC-Servo mit industriellem  
Asynchronmaschine



AC-Servo mit industriellem Asynchronmaschine (E2.6.2.2)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.2.2
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 2104	Käfigläufermotor 230/400, 0,3 kW	1
773 1092	Inkrementaler Tacho 0,3 kW	1
773 110	Maschinen Grundbank, 90 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
773 1075	Getriebe 0,3 kW	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau	3
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

AC-Servos mit Asynchronmaschinen sind die günstigste Lösung für Drehzahl geregelte Antriebe. Sind aber nicht so dynamisch wie Gleichstrommaschinen oder permanenterregte Synchronmaschinen. Eine Ursache hierfür ist zum einen die elektrische Zeitkonstante aus Stator-Rotorkonstante. Sowie die Abhängigkeit des Drehmomentes vom Schlupf, welches sich dämpfend auf die Beschleunigung auswirkt.

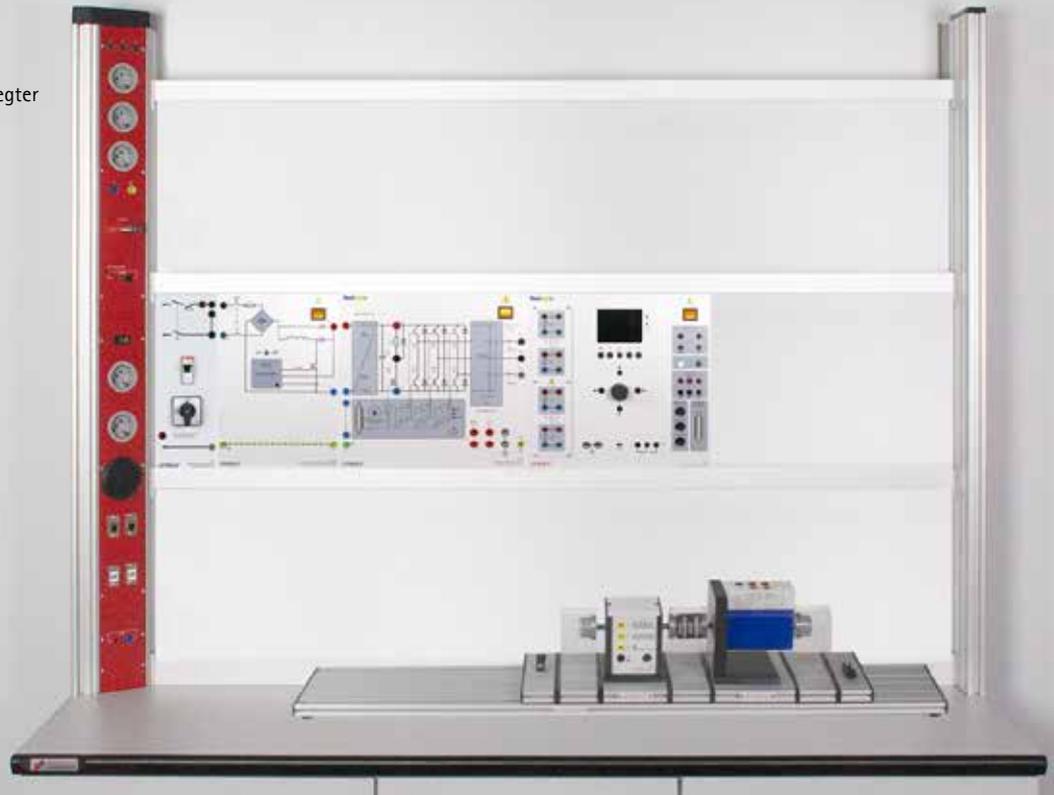
Der Aufbau eines AC-Servos mit Asynchronmaschine wird analysiert. Mit Messungen und Berechnungen wird versucht, den Antrieb für seine Anwendungen zu optimieren:

- zur Ermittlung der Regeldifferenz
- zur Analyse der Belastungen bei Sprung der Führungsgröße
- zum Anfahren der Stabilitätsgrenzen

### Industrielle Servos 300 W

E2.6.2.3

AC-Servo mit industrieller permanenterregter Synchronmaschine



AC-Servo mit industrieller permanenterregter Synchronmaschine (E2.6.2.3)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.2.3
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 1994	AC-Servomotor 0,3 kW	1
773 1092	Inkrementaler Tacho 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
773 1075	Getriebe 0,3 kW	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau	3
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

AC-Servos mit permanenterregten Synchronmaschinen werden wegen ihrer hohen Dynamik geschätzt und sind im Bereich der CNC-Technik die weitverbreitetsten Antriebe. Dieser Maschinentyp hat fast alle Bereiche der Antriebstechnik erreicht, z. B. PC-Lüfter, Quadrocopter und Elektrofahrzeuge. Die hohe Effizienz und die Wartungsfreiheit sind im Bereich der Leistungsantriebe ausschlaggebend. Bei kleinen Antrieben ist oft die Vielfalt der Bauformen entscheidend. Diese Ausstattung ermöglicht dem Lernenden, die Eigenschaften dieses variablen Antriebes zu untersuchen.

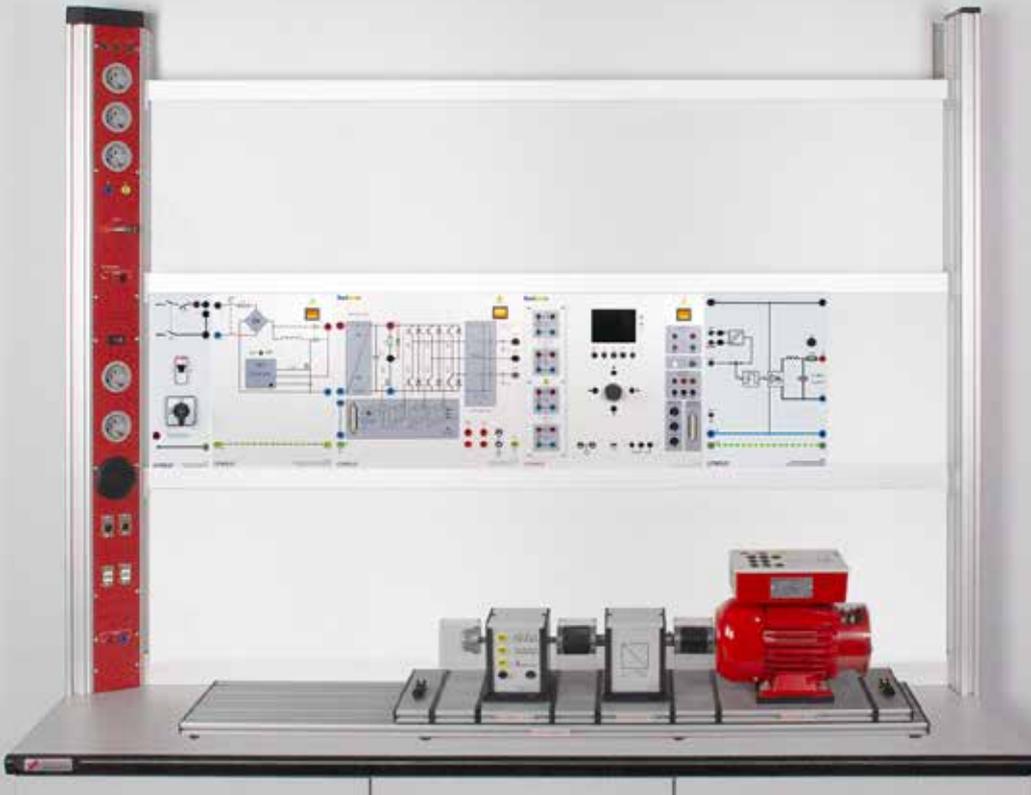
Folgende Lernthemen können mit dieser Ausstattung erarbeitet werden:

- Ermitteln der Regeldifferenz
- Analyse der Belastungen bei Sprung der Führungsgröße
- Anfahren der Stabilitätsgrenzen

### Industrielle Servos 300 W

E2.6.2.4

AC-Servo mit industrieller fremderregter Synchronmaschine



AC-Servo mit industrieller fremderregter Synchronmaschine (E2.6.2.4)

Kat.-Nr.	Bezeichnung	E2.6.2.4
773 5290	Converter Controller CASSY	1
735 290	Anschlusskabel Universalumrichter	1
773 5297	Universal Umrichter	1
773 5295	DC Netzgerät 390V, 6 A, (LFK)	1
524 222	CASSY Lab 2 für Antriebe und Energiesysteme	1
773 237	Synchronmaschine VP 0,3 kW	1
773 1092	Inkrementaler Tacho 0,3 kW	1
773 115	Maschinen Grundbank, 120 cm	1
773 108	Kupplungs- und Wellenendabdeckung 0,3 kW, transparent	1
731 06	Kupplung 0,3 kW	1
773 1075	Getriebe 0,3 kW	1
745 021	Erregerspannungssteller 200 V/2,5 A	1
726 71	Einphasen-Anschlusseinheit	1
726 09	Profilrahmen T130, zweizeilig	1
500 59	Sicherheits-Verbindungsstecker, schwarz, Satz 10	1
500 591	Sicherheits-Verbindungsstecker, gelb/grün, Satz 10	1
500 602	Sicherheits-Experimentierkabel 10 cm, blau	3
500 855	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, Satz 34	1
500 856	Sicherheits-Experimentierkabel 32 A, gelb/grün, Satz 5	1

Der abgebildete Experimentierstand ist in dieser Ausstattung nicht enthalten. Auf Anfrage kann dieser gegen Aufpreis hinzugefügt werden.

AC-Servos mit fremderregten Synchronmaschinen haben die Möglichkeit, durch die Veränderung des Feldes die Eigenschaft des Motors besonders in Fertigungsmaschinen anzupassen. Dieser Maschinentyp wird auch bei Elektrofahrzeugen verwendet. Diese Ausstattung ermöglicht dem Lernenden, die Eigenschaften dieses variablen Antriebes zu untersuchen.

Der Aufbau eines AC-Servos mit fremderregten Synchronmaschinen wird analysiert. Mit Messungen und Berechnungen wird versucht, den Antrieb für seine Anwendungen zu optimieren.

## GRUNDLAGEN DER ELEKTRISCHEN MASCHINEN & NETZE (E2.1)

### E2.1.1 Elektro Lehrmaschinen ELM

E2.1.1.1	ELM-Basismaschinen für Kleinspannung	28
E2.1.1.2	ELM-Linearmotor für Kleinspannung	29
E2.1.1.3	ELM-Effizienzaschinen für Kleinspannung	29

### E2.1.2 COM4LAB: Motoren & Generatoren

ME2.1.2	COM4LAB: Drehstromtechnik	30
ME2.1.3	COM4LAB: Asynchronmaschinen	30
ME2.1.4	COM4LAB: Synchronmaschinen	31
ME2.1.5	COM4LAB: Gleichstrommaschinen	31

### E2.1.3 Grundlagen der Einphasen- & Dreiphasen-Energienetze

E2.1.3.1	Lastverhalten in Gleich- 1 Phasen- und 3 Phasennetze	32
----------	--	----

### E2.1.4 Elektromaschinen-Trainer

E2.1.4.1	Elektromaschinen-Trainer, Komplettsystem	33
E2.1.4.2	Elektromaschinen-Trainer, Grundausstattung	33
E2.1.4.3	Elektromaschinen-Trainer, Ergänzung	33

### E2.1.5 Industriemaschinen mit Wechselläufern

E2.1.5.1	Industrielle DC-Maschine mit Wechselläufern	34
E2.1.5.2	Industrielle Asynchronmaschinen mit Wechselläufern	35
E2.1.5.3	Industrielle Synchronmaschinen mit Wechselläufern	36

## INDUSTRIEMASCHINEN 300 W (E2.2)

### E2.2.1 Transformatoren 300 W

E2.2.1.1	Drehstromtransformator, 0,3 kW	38
E2.2.1.2	Scott-Transformator, 0,3 kW	38
E2.2.1.3	AC-Transformator, 0,3 kW	38
E2.2.1.4	AC-Ringkerntransformator, 0,3 kW	38
E2.2.1.5	AC-Spartransformator, 0,3 kW	38

### E2.2.2 Gleichstrommaschinen 300 W

E2.2.2.1	Verbundmaschinen, 0,3 kW	39
E2.2.2.2	Universalmotor DC, 0,3 kW	39

### E2.2.3 Wechselstrommaschinen 300 W

E2.2.3.1	Universalmotor AC, 0,3 kW	40
E2.2.3.2	Kondensatormotor, 0,3 kW	40

### E2.2.4 Drehstrom-Asynchronmaschinen 300 W

E2.2.4.1	Käfigläufer, 400/690, 0,3 kW	41
E2.2.4.2	Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW	41
E2.2.4.3	Käfigläufer, 230/400, 0,3 kW, IE3	41
E2.2.4.4	Schleifringläufer, 0,3 kW	42
E2.2.4.5	Käfigläufer D, 0,3 kW	42
E2.2.4.6	Multifunktionsmaschine, 0,3 kW	42

### E2.2.5 Drehstrom-Synchronmaschinen fremderregt 300 W

E2.2.5.1	Schenkelläufer, 0,3 kW	43
E2.2.5.2	Vollpolläufer, 0,3 kW	43
E2.2.5.3	Multifunktionsmaschine, 0,3 kW	43

### E2.2.6 Drehstrom-Synchronmaschinen permanent-erregt 300 W

E2.2.6.1	Synchronmaschine permanent-erregt mit eingebetteten Magneten, EPM, 0,3 kW	44
E2.2.6.2	Synchronmaschine permanent-erregt mit Oberflächenmagneten, BLDC, 0,3 kW	44

## INDUSTRIEMASCHINEN 1 KW (E2.3)

### E2.3.1 Transformatoren 1 kW

E2.3.1.1	Drehstromtransformator 1 kW	46
E2.3.1.2	Scott-Transformator 0,3 kW	46
E2.3.1.3	AC-Transformator 0,3 kW	46
E2.3.1.4	AC-Ringkerntransformator 0,3 kW	46
E2.3.1.5	AC-Spartransformator 0,3 kW	46

### E2.3.2 Gleichstrommaschinen 1 kW

E2.3.2.1	Verbundmaschinen, 1,0 kW	47
E2.3.2.2	Universal Motor DC, 1,0 kW	47

### E2.3.3 Wechselstrommaschinen 1 kW

E2.3.3.1	Universal Motor AC, 1,0 kW	48
E2.3.3.2	Kondensatormotor, 1,0 kW	48

### E2.3.4 Drehstrom-Asynchronmaschinen 1 kW

E2.3.4.1	Käfigläufer, 400/690, 1,0 kW	49
E2.3.4.2	Käfigläufer, 230/400, 1,0 kW	49
E2.3.4.3	Schleifringläufer, 1,0 kW	49
E2.3.4.4	Käfigläufer D, 1,0 kW	49
E2.3.4.5	Multifunktionsmaschine, 1,0 kW	49

### E2.3.5 Drehstrom-Synchronmaschinen fremderregt 1 kW

E2.3.5.1	Schenkelläufer, 1,0 kW	50
E2.3.5.2	Vollpolläufer, 1,0 kW	50
E2.3.5.3	Multifunktionsmaschine, 1,0 kW	50

### E2.3.6 Synchronmaschinen permanent-erregt 1 kW

E2.3.6.1	Synchronmaschine permanent-erregt mit vergrabenen Magneten, EPM, 1,0 kW	51
E2.3.6.2	Synchronmaschine permanent-erregt mit Oberflächenmagneten, BLDC, 1,0 kW	51

## LEISTUNGSELEKTRONIK (E2.4)

### E2.4.1 COM4LAB: Leistungselektronik

E2.4.1.1	COM4LAB: Leistungselektronik	54
----------	------------------------------	----

### E2.4.2 Netzgeführte Stromrichter

E2.4.2.1	Gesteuerte / Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	55
E2.4.2.2	Fehlersimulator Phasenanschnitt	56

### E2.4.3 Selbstgeführter Stromrichter

E2.4.3.1	Abschaltbare Ventile und Gleichstromsteller	57
----------	---	----

E2.4.3.2	Schaltnetzteile	58
E2.4.3.3	Sperrwandler, Durchflusswandler und Wechselrichter	59

## ANTRIEBSTECHNIK (E2.5)

### E2.5.2 Industrielle Gleichstromantriebe

E2.5.2.1	Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit gesteuerten Gleichrichtern	62
E2.5.2.2	Vierquadrantenbetrieb einer Gleichstrommaschine mit einer IGBT H-Brückenschaltung	63

### E2.5.3 Industrielle Drehstromantriebe

E2.5.3.1	Stromrichterantriebe mit Asynchronmaschinen	64
E2.5.3.2	Grundlagen der Frequenzrichter und Drehfeldtechnik	65
E2.5.3.3	Antriebe mit didaktischem Frequenzrichter	66
E2.5.3.4	Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 0,3 kW	67
E2.5.3.5	Antriebe mit Industrie-Frequenzumrichter 1,0 kW	68

### E2.5.4 Lastverhalten von Antrieben

E2.5.4.1	Direktanlauf und Stern-Dreieck-Anlauf eines Asynchronmotors unter Last	69
E2.5.4.2	Direktanlauf oder Anlauf mit einem Sanftstarter eines Asynchronmotors unter Last	70
E2.5.4.3	Anlaufen von großen Schwungmassen mit Schleifringläufermotor	71
E2.5.4.4	Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Asynchronmotoren unter Last	72
E2.5.4.5	Betriebsverhalten von drehzahlvariablen Gleichstrommaschinen unter Last	73
E2.5.4.6	Betriebsverhalten von drehzahlvariablen BLDC- Motoren unter Last	74
E2.5.4.7	Ermitteln der mechanischen Daten einer Maschine	75

## SERVOTECHNIK (E2.6)

### E2.6.1 Elektronisch kommutierte Maschinen

E2.6.1.1	Grundlagen der Kommutatortechnik	78
E2.6.1.2	Blockkommutierte Synchronmaschine	79
E2.6.1.3	Sinuskommutierte permanent-erregte Synchronmaschine mit Oberflächenmagneten	80
E2.6.1.4	Inkrementalkommutierte permanent-erregte Synchronmaschine mit vergrabenen Magneten	81

### E2.6.2 Industrielle Servos 300 W

E2.6.2.1	DC-Servo mit industrieller Gleichstrommaschine	82
E2.6.2.2	AC-Servo mit industriellem Asynchronmaschine	83
E2.6.2.3	AC-Servo mit industrieller permanent-erregter Synchronmaschine	84
E2.6.2.4	AC-Servo mit industrieller fremd-erregter Synchronmaschine	85

- Direkte Information über Produktneuheiten und Trends
- Inspirationen für den Unterricht
- Erlesene Auswahl an Experimenten
- Aktuelle Informationen rund um Produkte und Lösungen
- Exklusive Angebote und Aktionen



<https://info.ld-didactic.de/newsletter-abonnieren>



## FOLGEN SIE UNS!



Besuchen Sie unseren YouTube-Kanal und finden Videos über unsere Produkte, Lösungen, Experimente und vieles mehr.

<https://www.youtube.com/@LDdidactic>



## FOLGEN SIE UNS

<https://www.linkedin.com/company/ld-didactic-gmbh>



PHYSIK

CHEMIE  
BIOLOGIE

TECHNIK



# KONTAKT

130 8041DE 12.2022 LD  
Technische Änderungen vorbehalten

LD DIDACTIC GmbH  
Leyboldstrasse 1  
50354 Hürth  
Deutschland

Tel.: +49 2233 604 0  
E-Mail: [info@ld-didactic.de](mailto:info@ld-didactic.de)

[WWW.LD-DIDACTIC.DE](http://WWW.LD-DIDACTIC.DE)  
[WWW.LEYBOLD-SHOP.DE](http://WWW.LEYBOLD-SHOP.DE)



BRANDS OF THE LD DIDACTIC GROUP

LEYBOLD® Feedback ELWE® TECHNIK