

# TRAININGSSYSTEME FÜR DIE LEISTUNGS- ELEKTRONIK

Die Schlüsseltechnologie für elektrische Antriebe

# Leistungselektronik verständlich gemacht

## Schlüsselrolle Leistungselektronik



Im Rahmen der Energiewende hat die Leistungselektronik als Querschnittstechnologie eine Schlüsselrolle eingenommen. Mit frequenzgesteuerten Antrieben lassen sich erhebliche Einsparpotentiale erzielen. Noch bedeutender ist der Wandel im Bereich der Kraftfahrzeugtechnik, denn Elektrofahrzeuge werden künftig mehr und mehr unser Straßenbild bestimmen.

Der Einsatz von Leistungselektronik muss kompetent vorbereitet und umgesetzt werden, sonst werden Potentiale nicht erkannt oder die erhofften Einspareffekte treten wegen falscher Parametrierung nicht ein.

Hier verlangt die Industrie in zunehmendem Maße Fachkompetenzen bei Elektronikern, Technikern und Ingenieuren – ein Wissen, das sie befähigt, Potentiale zu erkennen, Planungen durchzuführen, mit leistungselektronischen Geräten fachkundig umzugehen, sie anzuschließen und zu parametrieren. Von der beruflichen Bildung bis hin zum Ingenieurniveau wird daher eine praxis- und projektorientierte Ausbildung erwartet.

## Moderne Entwicklungs- und Analysewerkzeuge für die elektrische Antriebstechnik



Zur Bewältigung des technologischen Wandels werden von der Industrie hochqualifizierte Ingenieure gesucht, die neben dem eigentlichen Fachwissen zeitgemäße, effiziente Werkzeuge kennen und einsetzen können. Als Standard für technisch-wissenschaftliche Berechnungen und Simulationen hat sich die Programmiersprache Matlab®/Simulink® weltweit etabliert.

Durch die höhere Programmiersprache und interaktive Umgebung für numerische Berechnungen, Visualisierung und Programmierung sind besonders schnelle Entwicklungszyklen im Bereich geregelter Antriebe möglich, für die besonders aufgrund des Bedarfs der Elektromobilität ein enormer Bedarf besteht.

Der Umgang mit diesen Werkzeugen ist komplex und muss insbesondere im Zusammenspiel mit Prüfständen und „Hardware in the Loop“ gelehrt und praktisch erfahren werden. Hier haben weltweit die Hochschulen eine große Verantwortung, Ingenieure mit den von der Industrie geforderten Kompetenzen auszubilden.

## Grundlagen zur Leistungselektronik und Antriebstechnik kennen und verstehen



Das modulare Blended-Learning Trainingssystem zur Leistungselektronik und Antriebstechnik macht das Lernen und Experimentieren sehr einfach und effektiv. Verschiedene Grund- und Erweiterungsausstattungen ermöglichen anspruchsvolle, spannende Experimente und eine hocheffiziente Vermittlung von Wissen und Handlungskompetenz. Beginnend beim Transistor als Schalter, über Modulationsverfahren bis hin zum geregelten Gleich- oder Drehstromantrieb sind zu allen Themen interaktive Experimentieranleitungen (ILA) enthalten. Animationen helfen die komplexe Theorie verständlich zu machen. Erprobte Anleitungen und eigensichere Geräte machen das Experimentieren in einer projektorientierten Ausbildung zum Kinderspiel. In den Kurs integrierte, *virtuelle Instrumente* visualisieren reale Messwerte oder steuern den Umrichter.

### Ihre Vorteile

- Kompaktes, einfach zu bedienendes und eigensicheres System
- Integrierte Messung und zeitliche Darstellung der elektrischen Größen
- Erweiterung zu kompletten Antriebssystemen mit elektrischen Maschinen der 300W und 1kW Klasse

## Erweitern Sie das Trainingssystem zu einem programmierbaren Rapid-Prototyp-System für die Antriebstechnik



Das Steuergerät Ihres Antriebes kann über die Programmierschnittstelle frei programmiert werden. Mit Hilfe der LN-Toolbox lassen sich in Matlab®/Simulink® in kurzer Zeit komplexe geregelte Antriebe simulieren und anschließend mit automatisch generiertem Code das Steuergerät programmieren. Unter variabler Belastung kann das System zusammen mit erweiterten Werkzeugen komplexen Analysen unterzogen werden. Matlab®/Simulink® wird bereits von Bildungseinrichtungen auf der ganzen Welt eingesetzt. Ergänzt um das Leistungselektronik-Trainingssystem gibt es nun einen ganzheitlichen Ansatz auch für die Ingenieurausbildung im Bereiche der Leistungselektronik und Antriebstechnik.

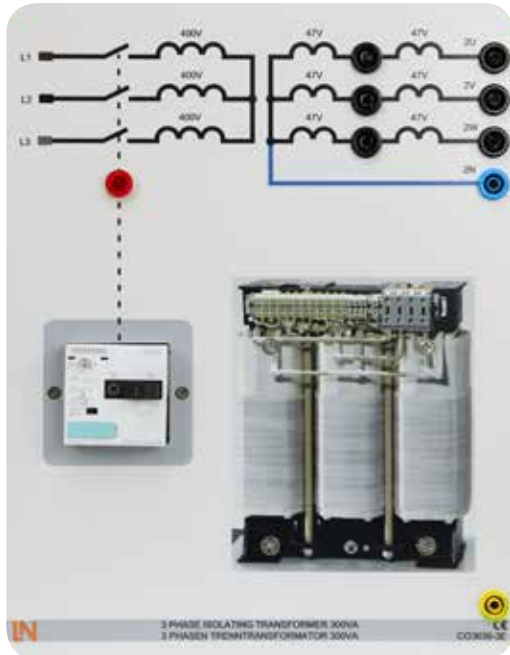
### Ihre Vorteile

- Schnelles Rapid-Prototyp-System für die Leistungselektronik
- Spezielle Matlab®/Simulink®-Toolbox ermöglicht den einfachen Hardwarezugriff
- Datenvisualisierung im Echtzeitbetrieb
- Simulation und Codegenerierung für die Hardware verwenden das gleiche Matlab®-Modell



# Die Komponenten

## Drehstrom-Trenntransformator



Der Trenntransformator dient als Versorgung für alle Leistungselektronikversuche und bietet durch die galvanische Trennung optimalen Schutz beim Experimentieren.

- Ausgangsspannung: 3x 94V mit Mittelanzapfung 47V
- Leistung: 300VA/1000VA für den Betrieb mit 300 W/1kW Maschinen
- Thermomagnetische Überlast-Absicherung

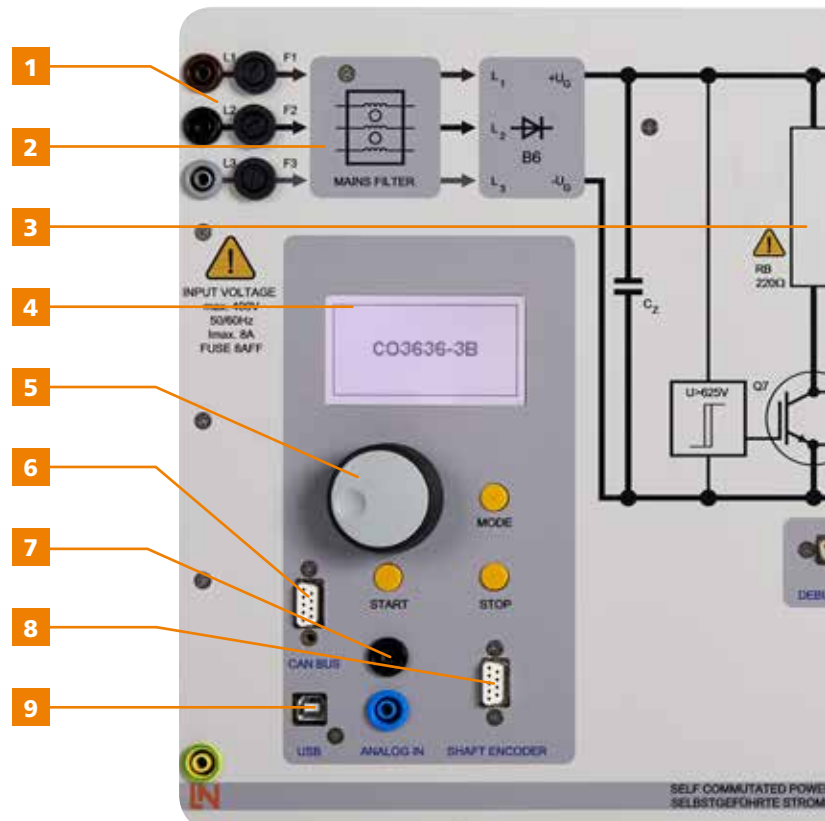
## Antriebsmaschinen

Alle Maschinen der 300W und 1kW Klasse lassen sich an die Leistungselektronik anschließen. Folgende Antriebe können so realisiert werden:

- Geregelte Gleichstromantriebe
- Frequenzumrichterantriebe mit Asynchronmotor
- Elektronisch kommutierte Antriebe
- Servoantriebe mit Synchronservomotor

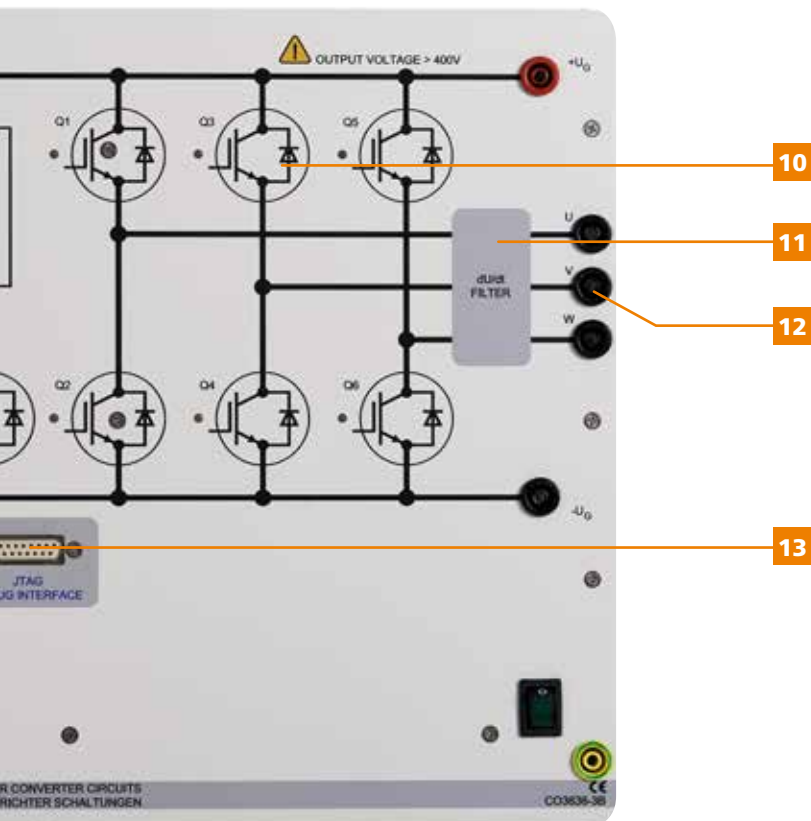
Die Antriebe lassen sich mit Hilfe des Servo-Maschinenprüfstands komfortabel untersuchen und optimieren.

## Steuereinheit „Selbstgeführte Stromrichter“

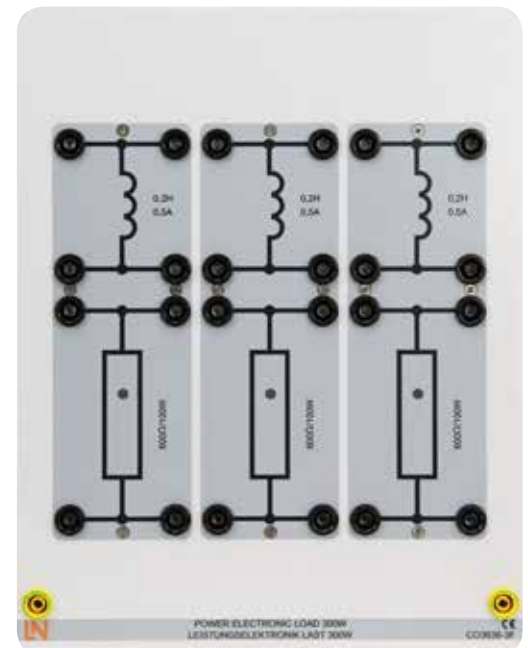


- 1 Eingangsspannungsbereich 47 – 3x 230V
- 2 Integrierter Eingangsfilter
- 3 Integrierter Brems-Chopper mit leistungsstarkem 300W Widerstand
- 4 DSP gesteuerte Ansteuer- und Messeinheit, integrierte Messung von 6 Spannungen und 3 Strömen, Display zur Anzeige der Betriebszustände
- 5 Intuitive Benutzersteuerung mittels Wahlrad und Taster
- 6 CAN-Bus Schnittstelle für die Erstellung vernetzter Antriebssysteme





### Intelligente Lasteinheit



Die Last eignet sich als universelle Belastung für alle Leistungselektronikversuche.

- Ohmsche Last, 600Ohm, 3 x 100W
- Induktive Last, 3 x 0,2H, 0,5A,
- LEDs zur Anzeige von Stromrichtung und -intensität,
- Selbstrückstellender Überlastschutz

- 7 Analogeingang +/- 10V
- 8 Galvanisch entkoppelter Eingang für Inkrementalgeber mit einer Auflösung von 1024 Ink/U
- 9 PC Anbindung durch galvanisch getrennte USB- Schnittstelle
- 10 6-fach IGBT mit Anzeige der Schaltzustände
- 11 Ausgangsfilter zur Verbesserung des EMV Verhaltens
- 12 Hoher Ausgangsstrom von max. 10A ermöglicht den Betrieb von Maschinen der 300W und 1kW Klasse
- 13 Programmier-Schnittstelle zum Betrieb von in Matlab® erstellten Applikationen



# Selbstgeführte Stromrichterschaltungen

## Trainingssystem

Die weite Verbreitung leistungselektronischer Geräte erfordert bei Elektronikern und Ingenieuren ein profundes Wissen, welches Sie als Anwender befähigt, mit diesen Geräten kompetent und ressourcenschonend umzugehen oder Sie in die Lage versetzt, sich tiefergehend mit diesem Thema im Bereich der Forschung und Entwicklung auseinanderzusetzen.

In den Curricula der Ausbildung von Elektronikern und Elektrotechnikstudenten sind daher Stromrichter elementarer Bestandteil. Das Trainingssystem „Selbstgeführte Stromrichter“ vermittelt in anspruchsvollen Versuchen praxis- und projektorientiert die Grundlagen. Schaltungen, Modulation, Drehfelderzeugung sind die Kernthemen, die zusätzlich durch Theorie und insbesondere Animationen leicht verständlich werden und in kurzer Zeit auf das nächste Kompetenzniveau führen.



Trainingssystem „Selbstgeführte Stromrichter mit passiver R-L-Last“

### Lernziele

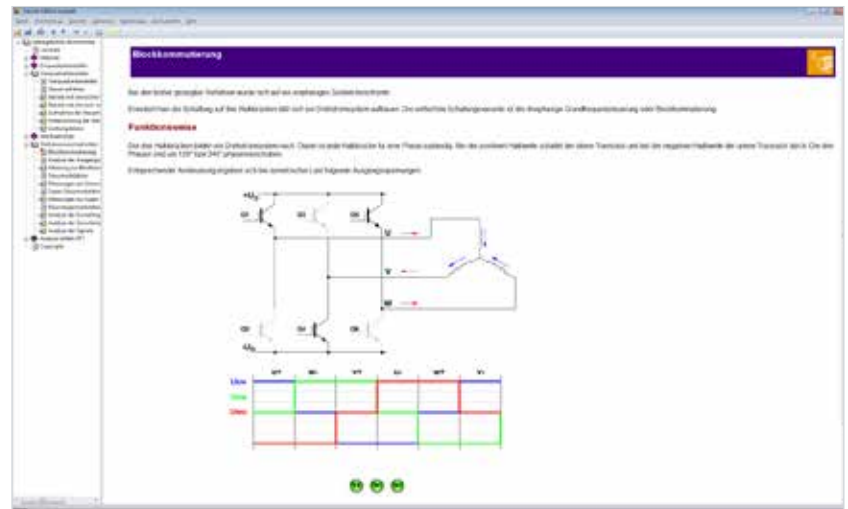
- Pulsweitenmodulation
- Gleichstromsteller im 1- und 4-Quadrantenbetrieb
- Wechselstromsteller
- Drehstromwechselrichter mit Block-/Sinuskommutierung und Raumzeigermodulation
- Ohmsche und induktive Belastung
- Schutzbeschaltung, Zwischenkreis, Freilauf
- Steuerkennlinien und Betriebsdiagramme
- Stützstellen, Taktfrequenz, Welligkeit
- Frequenzanalyse und Oberwellenbetrachtung

## Interaktive Lernumgebung

### Wie arbeiten die verschiedenen Steuerverfahren moderner Leistungselektronik?

Lernen Sie die verschiedenen Steuerverfahren moderner Leistungselektronik kennen. Bestimmen Sie das Verhalten bei unterschiedlichen Lasten und Taktfrequenzen. Untersuchen Sie die verschiedenen Steuerverfahren. Analysieren Sie die Signale im Zeit- und Frequenzbereich.

Der ILA-Kurs führt sie Schritt für Schritt durch die Experimente.



Schaltfolge der Leistungshalbleiter bei Blockkommutierung im ILA-Kurs „Selbstgeführte Stromrichter“



Oberwellenanalyse bei Blockkommutierung

### Welche Auswirkungen haben die verschiedenen Steuerverfahren?

Betreiben Sie verschiedene Lasten mit unterschiedlichen Taktfrequenzen und Steuerverfahren. Analysieren Sie die Signalverläufe und das Verhalten im Frequenzbereich. Angepasste virtuelle Instrumente ermöglichen die unterschiedlichen Betriebsarten sowie die Aufzeichnung der Messsignale. Die Messwerte lassen sich per „Drag and Drop“ in den ILA-Kurs übertragen.

# Frequenzumrichterantriebe

## Trainingssystem

Moderne Frequenzumrichter verwandeln jeden beliebigen Drehstrom-Standardmotor in einen drehzahlvariablen Antrieb. Die Robustheit und weite Verbreitung des Drehstrom-Standardmotors haben hierbei viel zum großen Erfolg der elektronischen Antriebstechnik mit Frequenzumrichtern beigetragen. Heute findet man Frequenzumrichter bei einer Vielzahl von Anwendungen, so zum Beispiel bei Textilmaschinen, Verpackungsmaschinen, Hebezeugen und selbst in Waschmaschinen. Das Zusammenspiel zwischen Leistungselektronik und Motor können mit dem Trainingssystem „Frequenzumrichterantriebe“ untersucht und erlernt werden.



Trainingssystem „Frequenzumrichterantrieb mit Servo-Maschinenprüfstand“

### Lernziele

- Unterscheidung verschiedener Umrichtertypen
- Aufbau moderner Frequenzumrichter
- Zwischenkreis
- Brems-Chopper
- Steuerverfahren (U/f-Kennlinie, U/f<sup>2</sup>-Kennlinie, Vektorsteuerung)
- Drehzahlverstellung, Drehzahlrampen
- Optimierungsverfahren
- Analyse der Spannungs- und Frequenzverhältnisse



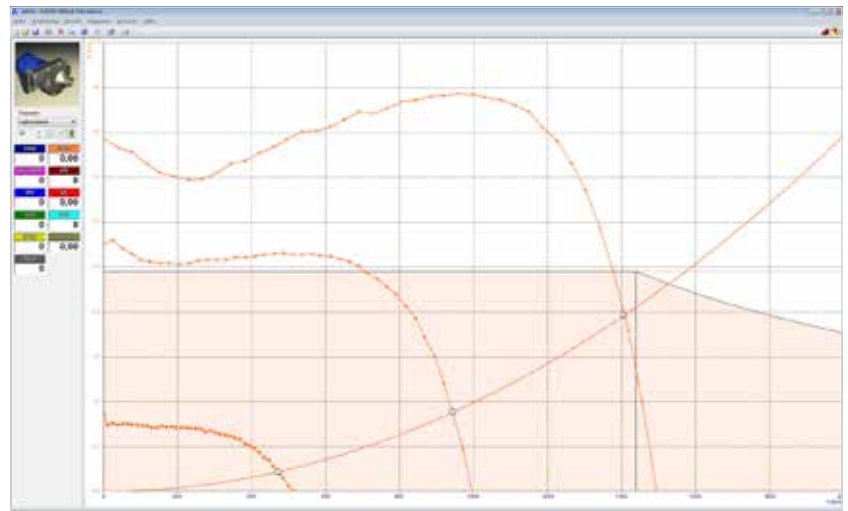
## Interaktive Lernumgebung

### Wie lassen sich verschiedene Arbeitspunkte einstellen?

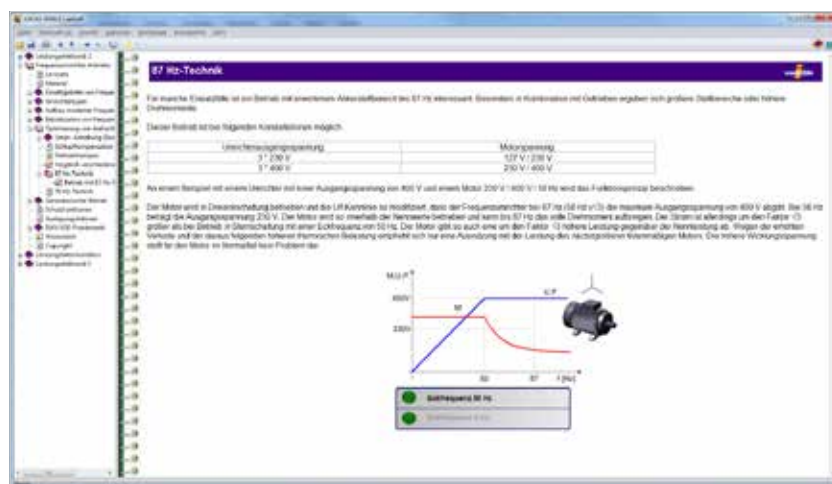
Lernen Sie den Einfluss der Frequenz und Ausgangsspannung des Frequenzumrichters auf Drehzahl, Drehmoment, Leistung und Wirkungsgrad kennen.

Bestimmen Sie mit dem Servo-Maschinenprüfstand und der Software ActiveServo die verschiedenen Arbeitspunkte. Aus der anschaulichen Darstellung lässt sich direkt das Betriebsverhalten bestimmen.

Der ILA-Kurs liefert die notwendigen Informationen und leitet die praktischen Versuche an.



Pumpenantrieb mit variabler Drehzahl



87 Hz Technik im ILA-Kurs Frequenzumrichterantriebe

### Was bedeutet 87 Hz Technik?

Für manche Anwendungen sind Antriebe mit erweitertem Stellbereich wichtig. Durch die Umrichtertechnik ergibt sich die Möglichkeit, die sogenannte 87 Hz Technik einzusetzen. Dabei wird durch intelligente Verschaltung des Motors in Verbindung mit entsprechender Parametrierung des Umrichters der Stellbereich ohne Drehmomenteinbußen vergrößert.

# Servoantriebe

## Trainingssystem

Servoantriebe sind geregelte Antriebe mit hoher Anforderung an Dynamik und Überlast. Sie werden oft in Automatisierungslösungen mit starken Drehzahl- und Drehmomentenänderungen eingesetzt, wie z.B. in Werkzeugmaschinen oder Robotersystemen. Das Trainingssystem „Servoantriebe“ zeigt in anschaulicher Weise die Funktion eines geregelten Servosystems mit Permanentmagnet.



Trainingssystem „Servoantriebe mit Servo-Maschinenprüfstand“

### Lernziele

- Aufbau des Servoantriebs
- Untersuchung von Koordinaten- und Gebersystemen
- Funktionsprinzip von Servomotor mit elektronischer Kommutierung
- Analyse der Modulation
- Aufbau der Regelungsstruktur
- Analyse des geregelten Antriebs

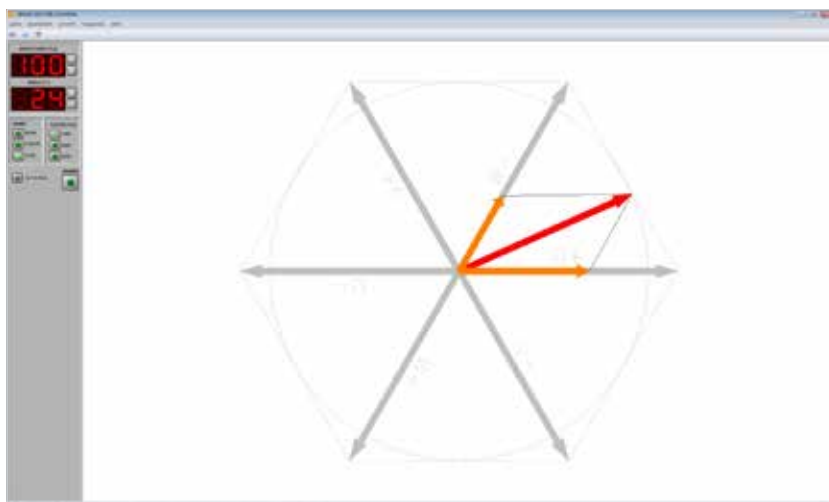
## Interaktive Lernumgebung

### Wie ist ein Synchron-Servomotor aufgebaut?

Der ILA-Kurs zeigt den Aufbau moderner Servomotoren, die Funktion der verschiedenen Lagemesssysteme sowie die verwendete Reglerarchitektur. An aussagekräftigen Abbildungen und Animationen lassen sich die Funktion und Wirkungsweise erarbeiten.



Aufbau eines Synchron-Servomotors im ILA-Kurs „Servoantriebe“



Raumzeigeransteuerung des Servomotors

### Was ist lastgeführte Kommutierung?

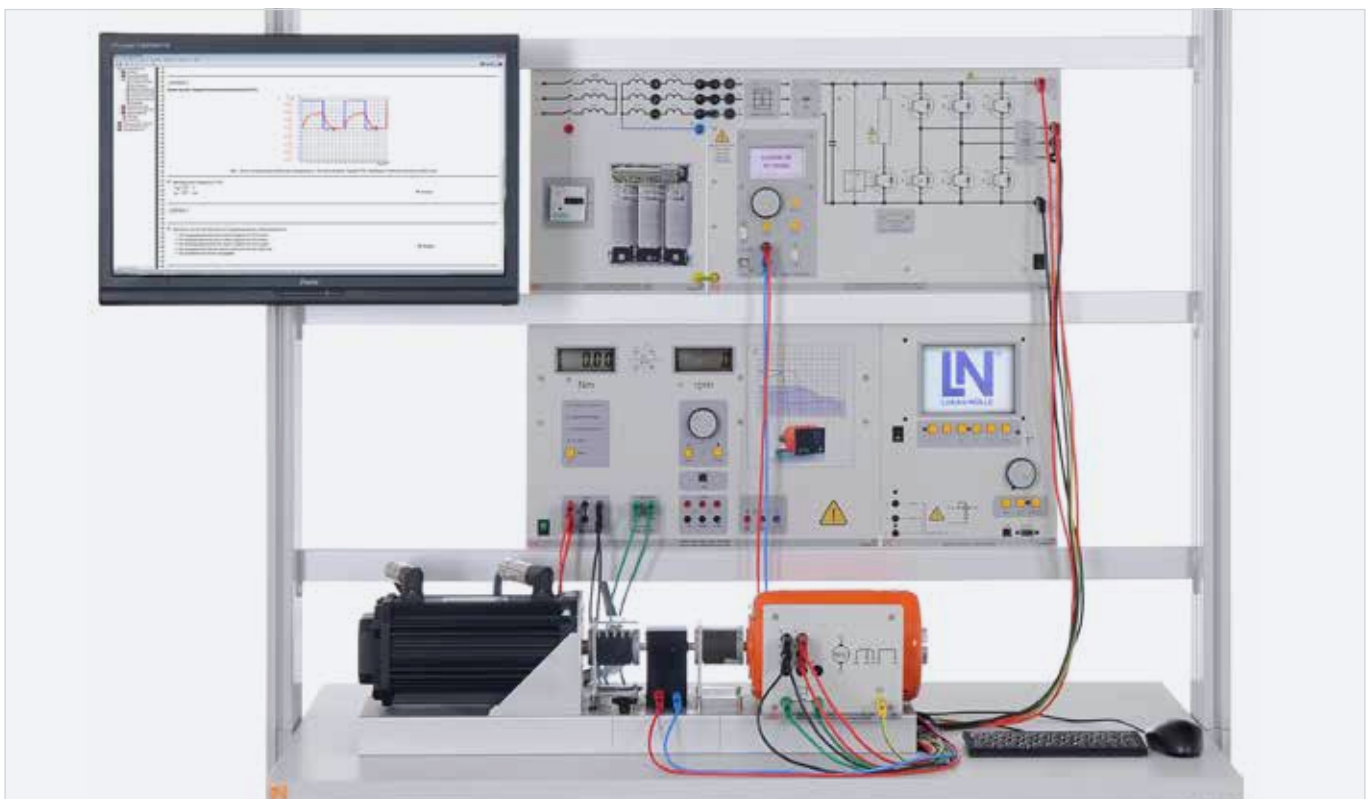
Steuern Sie über die Rotorlage die Leistungshalbleiter. Lernen Sie den Einfluss der verschiedenen Parameter auf Drehzahl und Drehmoment kennen.

Optimieren Sie mit virtuellen Instrumenten die Eigenschaften des Antriebs und untersuchen Sie das Verhalten mit dem Servo-Maschinenprüfstand.

# Umrichterantriebe mit Gleichstrommotor

## Trainingssystem

Stromrichterantriebe mit Gleichstrommotor eignen sich wegen der einfachen Regelstruktur besonders für den Einstieg in die Thematik geregelter Antriebe. Die getrennte Betrachtung von Strom- und Drehzahlregelung ermöglicht die schrittweise Inbetriebnahme und Optimierung der Reglerparameter. Das Trainingssystem zeigt in anschaulicher Weise die Funktion eines geregelten Antriebssystems.



Trainingssystem „Umrichterantriebe mit Gleichstrommotor und Servo-Maschinenprüfstand“

### Lernziele

- Drehzahlsteuerung im 1-Quadranten-Betrieb
- Drehzahlsteuerung im 4-Quadranten-Betrieb
- Drehzahlregelung
- Stromregelung
- Kaskadenregelung
- Computerunterstützte Strecken- und Regleranalyse
- P-, PI- Reglerparametrierung
- Optimierung der Regler

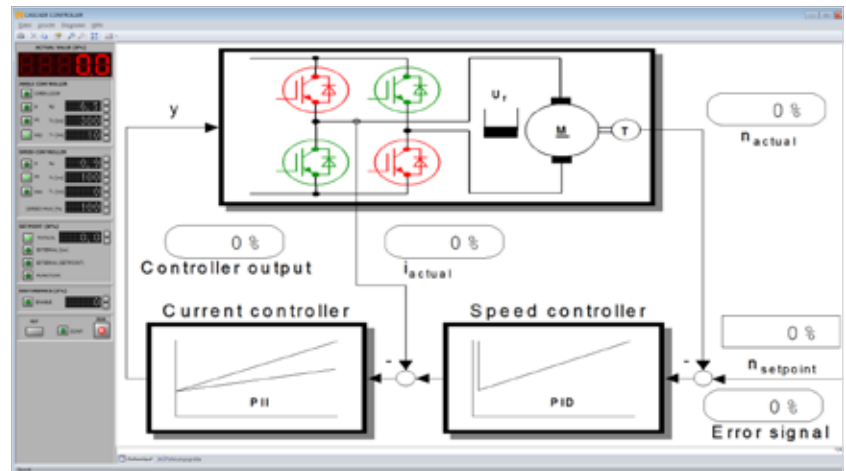


## Interaktive Lernumgebung

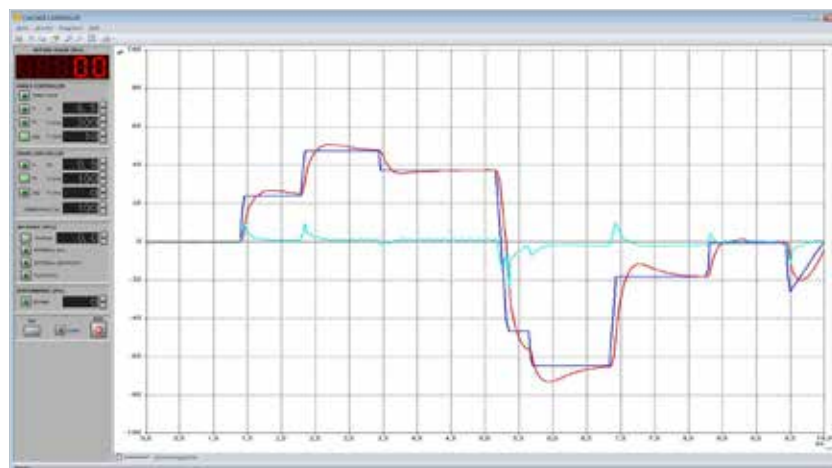
### Was versteht man unter Kaskadenregelung?

In dynamischen Gleichstromantrieben muss neben der Drehzahl auch der Strom geregelt werden. Klassisch verwendet man Kaskadenregler. Hier sind die Regelkreise geschachtelt. Der innere Kreis wird durch die Stromregelung gebildet, der äußere Kreis durch die Drehzahlregelung.

Der ILA-Kurs zeigt in einzelnen Schritten die Berechnung und Optimierung der Regler.



Aufbau des Antriebssystems mit Gleichstrommotor



Teiloptimierter Betrieb des Gleichstromantriebs

### Mit welchem Regler arbeitet der Gleichstromantrieb am besten?

Betreiben Sie den Gleichstromantrieb mit verschiedenen Reglerkonfigurationen und lernen Sie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Regler kennen. Optimieren Sie die Regler und analysieren Sie mit Hilfe der Software den zeitlichen Verlauf von Drehzahl und Motorstrom. Finden Sie Maßnahmen, den Antrieb weiter zu optimieren.

# Modellgestützte Entwicklung von Antrieben mit Matlab® / Simulink®

## Erweitern Sie das Trainingssystem zu einem programmierbaren Rapid-Prototyp-System für die Antriebstechnik

In fast allen elektrischen Antrieben, z. B. in Industrieanlagen oder Elektrofahrzeugen kommen Drehstromantriebe zum Einsatz. Die Regelung solcher Antriebe, die z. B. ein sanftes Anfahr- oder auch ein dosierbares Beschleunigungsverhalten gewährleistet, ist mathematisch komplex und aufwändig zu programmieren. Die Umsetzung ist daher oftmals von sehr langen Entwicklungszeiten geprägt.

Mit Hilfe einer neu geschaffenen Toolbox lassen sich in Zukunft unter Matlab®/Simulink® komplexe Reglerstrukturen für Drehstromantriebe vorab simulieren und anschließend an einem realen Umrichter mit Motor und Last durch einen automatisch generierten Code testen.



Trainingssystem „Feldorientierte Regelung von Asynchronmotoren mit Matlab® / Simulink®“

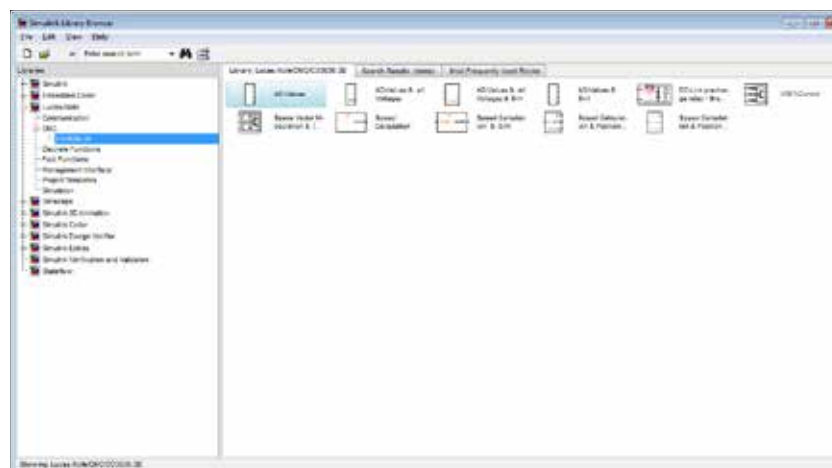
### Ihre Vorteile

- Gefahrloses Arbeiten durch eigensichere Hardware (alle Schutzfunktionen sind softwareunabhängig ausgeführt)
- Förderung des tiefgehenden Verständnisses für ein komplexes Thema z. B. in der Lehre und Ausbildung oder durch den Einsatz der Toolbox in Laborveranstaltungen parallel zur Lehre
- Sehr rasche modellgestützte und parametrierbare Softwaregenerierung für eigene Regler im Zusammenhang mit Industrieapplikationen
- Verfolgung neuer Forschungsansätze von Drehfeldantrieben z. B. Zustandsraumregelung, Condition-Monitoring für Fehler, sensorlose Drehzahlregelung durch neue beobachtende Verfahren
- Eindrucksvolle Gestaltungsmöglichkeiten in Hinblick auf die Regelung von Drehstromantrieben
- Erstellung komplexer Algorithmen durch schnelle Regelzyklen von 125µs
- P-, PI- Reglerparametrierung
- Optimierung der Regler

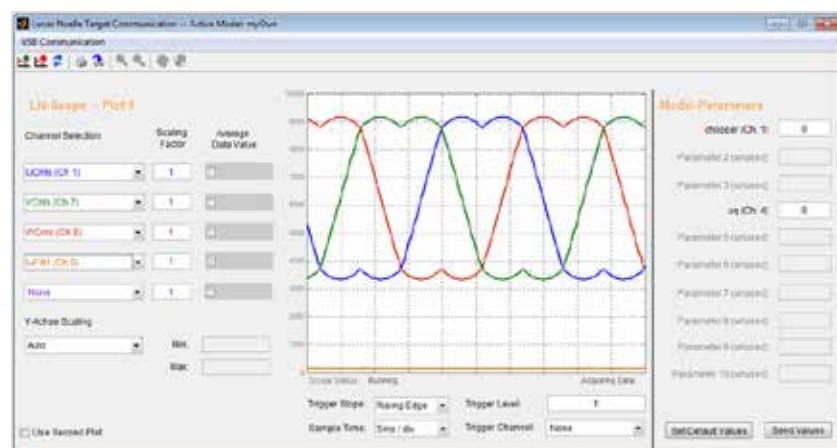


### Mit der Matlab®-Toolbox schneller zum Ziel

Eine auf die Leistungselektronik Hardware angepasste Toolbox ermöglicht die schnelle Umsetzung eigener Applikationen. Mit Hilfe spezieller Templates gelingt ein einfacher Einstieg, denn diese konfigurieren das System so, dass vom Anwender nur noch wenige Einstellungen vorgenommen werden müssen. In der Toolbox findet der Anwender alle notwendigen Bausteine zur Ansteuerung hardwarenaher Funktionen sowie Blöcke für schnelle Transformationen und Regler. Neben dem Matlab®/Simulink® Umfang kann das System beliebig um eigene Bibliothekselemente erweitert werden.



Spezielle Toolbox für das Trainingssystem



Grafische Nutzeroberfläche in der Matlab®-Umgebung

### Das Matlab® Scope – die Verbindung mit der Hardware

Ein spezielles grafisches Interface stellt die Verbindung zwischen Matlab® und Hardware über die USB-Schnittstelle her. Die Zeitverläufe aller internen Größen lassen sich während der Laufzeit grafisch darstellen. Hier stehen verschiedene Zeitaufösungen und Triggermöglichkeiten zur Verfügung. Neben der Zeitdarstellung können die Signale auch im Frequenzbereich angezeigt werden. Die Darstellung lässt sich auf zwei Anzeigen aufteilen, so dass bis zu zehn Signale gleichzeitig dargestellt werden können. Parameter wie z. B. Reglerparameter lassen sich komfortabel während der Laufzeit vom PC in die Hardware übertragen.

# Feldorientierte Regelung von Asynchronmotoren mit Matlab® / Simulink®

## Trainingssystem

In fast allen elektrischen Antrieben kommen heute Drehstromantriebe zum Einsatz. Die Regelung solcher Antriebe ist mathematisch komplex und aufwendig. Das Trainingssystem ermöglicht es, mit Hilfe einer speziellen Toolbox für Matlab®/Simulink® komplexe Regelalgorithmen zu simulieren, und danach an einer realen eigensicheren Hardware mit Motor und Last durch einen automatisch generierten Code zu testen.



Trainingssystem „Feldorientierte Regelung von Asynchronmotoren mit Matlab®/Simulink® und Servo-Maschinenprüfstand“

### Lernziele

- Erstellung eines HIL-Systems (Hardware in the Loop) unter Echtzeitbedingungen
- Modellbildung und Entwurf der feldorientierten Regelung auf kontinuierlicher Entwurfsebene
- Diskretisierung der Regelung für den Betrieb auf einem DSP (Digitaler Signal Prozessor)
- Erstellung und Optimierung von Strom- und Drehzahlregler
- Park- und Clarke-Transformation
- Integration der Raumzeigermodulation für die optimale Ansteuerung der IGBTs
- Entkopplung der feldorientierten Ströme und Spannungen
- Drehzahlfassung über einen Inkrementalgeber
- Vergleich der Simulationsergebnisse mit den realen Messungen

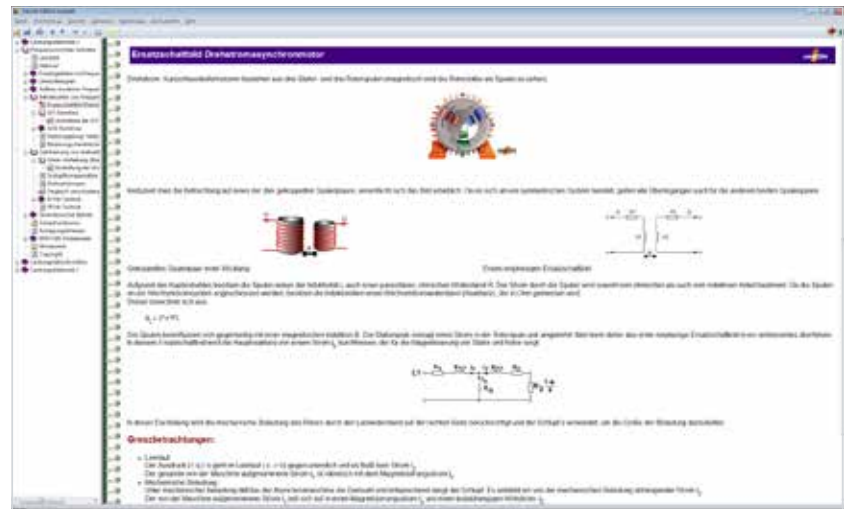


## Interaktive Lernumgebung

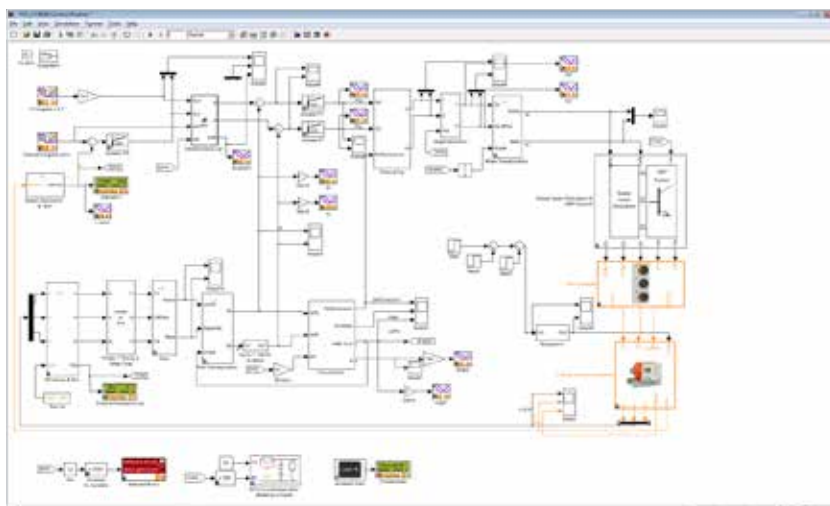
### Wie funktioniert eine feldorientierte Regelung?

Antriebe mit feldorientierter Regelung findet man heute in vielen Maschinen. Die hohe Dynamik sowie hohe Drehmomentreserven zeichnen diese Antriebssysteme aus.

Der ILA-Kurs führt Schritt für Schritt durch die Thematik der feldorientierten Regelung. Neben der Erstellung des regelungstechnischen Modells werden die Optimierung und das Testen der Regelung behandelt.



ILA-Kurs „Feldorientierte Regelung von Asynchronmotoren“



Feldorientierte Regelung eines Drehstrommotors

### Simulation oder reale Regelung? – Entscheiden Sie selbst.

Ein einziges Simulink®-Modell bildet die Basis für die Simulation oder das Programm für die reale Hardware. Erst bei der Erstellung entscheidet sich der Anwender zwischen Simulation und realem System. So ist es möglich, zuerst in der Simulation die Regelung auszuprobieren und zu optimieren. Mit diesem Modell lässt sich dann die Hardware in Betrieb nehmen. Dieses Vorgehen sichert einen schnellen Lernerfolg. Gleichzeitig erkennt man auch die Unterschiede zwischen Simulation und realem System.

# Geregelte Permanentmagnet-Servoantriebe mit Matlab® / Simulink®

## Trainingssystem

In vielen modernen Antrieben kommen heute Synchronservomotoren zum Einsatz. Neben der hohen Dynamik spielt die Energieeffizienz eine große Rolle. Das Trainingssystem ermöglicht es, durch die offene Programmierung mittels Matlab®/Simulink® bestehende Regelungskonzepte detailliert zu untersuchen, oder neue Ansätze gefahrlos auszuprobieren. So lassen sich mit dem System typische Industrieantriebe oder Antriebe aus dem Kfz-Bereich erstellen.



Trainingssystem „Geregelte Permanentmagnet Servoantriebe mit Matlab®/Simulink® und Servo-Maschinenprüfstand“

### Lernziele

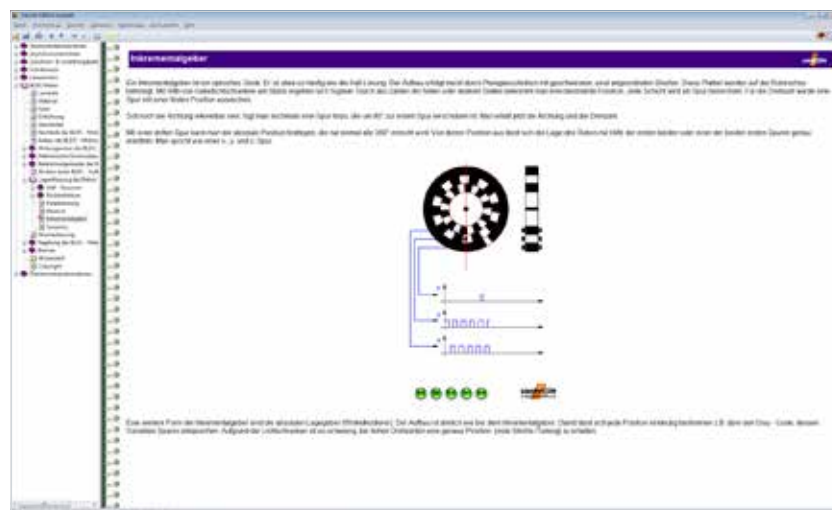
- Erstellung eines HIL-Systems unter Echtzeitbedingungen
- Modellbildung und Entwurf der Servoregelung auf kontinuierlicher Entwurfsebene
- Diskretisierung der Regelung für den Betrieb auf einem DSP
- Erstellung und Optimierung von Strom- und Drehzahlregler
- Park- und Clarke-Transformation
- Integration der Raumzeigermodulation für die optimale Ansteuerung der IGBTs
- Entkopplung der feldorientierten Ströme und Spannungen
- Drehzahl- und Lageerfassung über einen Inkrementalgeber
- Vergleich der Simulationsergebnisse mit den realen Messungen

## Interaktive Lernumgebung

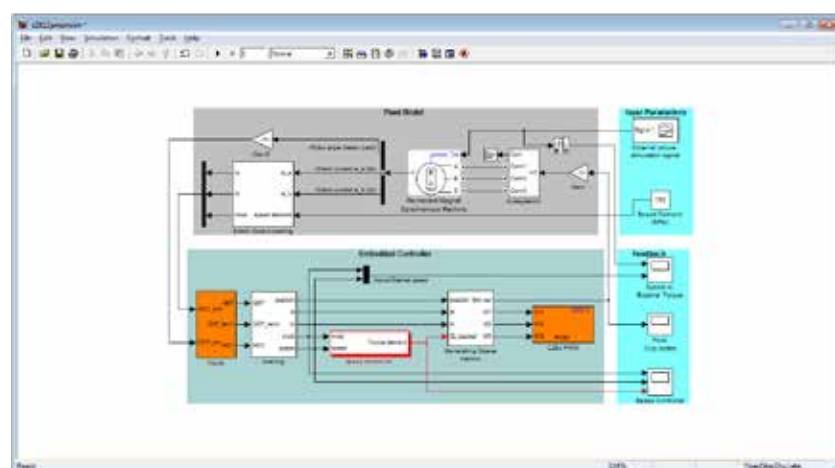
### Wie verhält sich ein Antrieb mit Synchronservomotor?

Permanenterregte Synchronmotoren funktionieren ohne entsprechende Ansteuerelektronik nicht. Erstellen Sie einen Synchronservo-Antrieb. Beginnend beim gesteuerten Betrieb erarbeiten Sie sich die Thematik bis hin zum geregelten Betrieb.

Der ILA-Kurs leitet Sie Schritt für Schritt an. Das offene System ermöglicht es leicht, weiterführende Ideen umzusetzen, um den Antrieb nach eigenen Vorstellungen zu erweitern.



Funktion des Rückführungssystems im ILA-Kurs



Modellbasierter Entwurf eines Servo-Antriebssystems

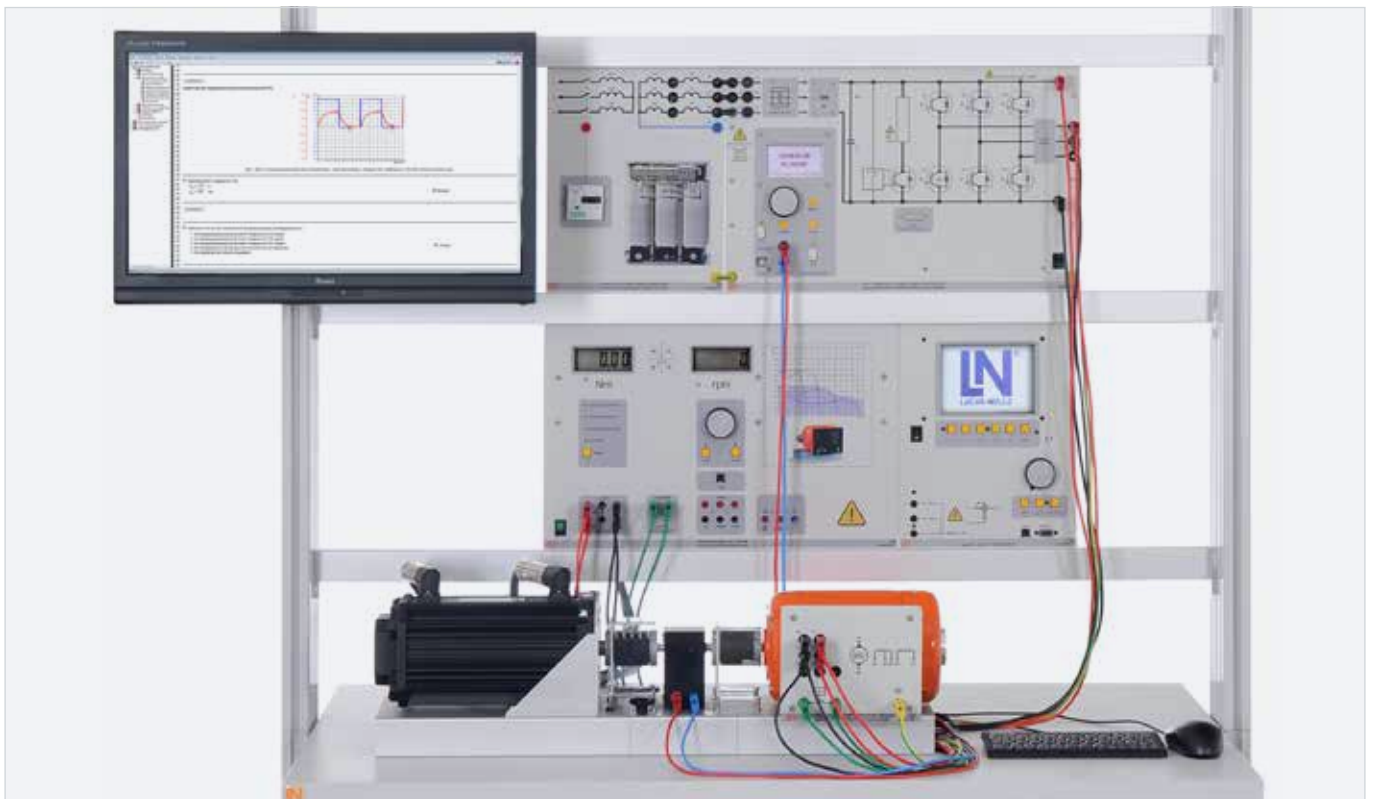
### Wie ist das dynamische Verhalten meines Antriebs?

Nutzen Sie den Servo-Maschinenprüfstand, um den Antrieb zu untersuchen. Verschiedene Lastemulationen wie z. B. der Einsatz einer variablen Schwungmasse ermöglichen es, das Regelverhalten des Antriebs unter realen Bedingungen zu untersuchen. Optimieren Sie die Einstellungen der Reglerparameter und entscheiden Sie selbst über die Leistungsfähigkeit Ihres Antriebs.

# Gleichstromantriebe mit kaskadierter Regelung mittels Matlab® / Simulink®

## Trainingssystem

Stromrichter mit Gleichstrommotoren eignen sich wegen der übersichtlichen Regelstruktur besonders gut für die Programmierung erster eigener Regelalgorithmen. Das Trainingssystem ermöglicht die Implementierung, Optimierung und den Betrieb eigener Regelstrukturen. Neben klassischen Ansätzen können in dem offenen System auch neue Ideen und Erweiterungen gefahrlos ausprobiert werden.



Trainingssystem „Gleichstromantriebe mit kaskadierter Regelung mit Matlab® / Simulink® und Servo-Maschinenprüfstand“

### Lernziele

- Erstellung eines HIL-Systems unter Echtzeitbedingungen
- Modellbildung und Entwurf der kaskadierten Regelung für den Gleichstrommotor auf kontinuierlicher Entwurfsebene
- Diskretisierung der Regelung für den Betrieb auf einem DSP
- Erstellung und Optimierung von Strom- und Drehzahlreglern
- Drehzahlerfassung über einen Inkrementalgeber
- Vergleich der Simulationsergebnisse mit den realen Messungen



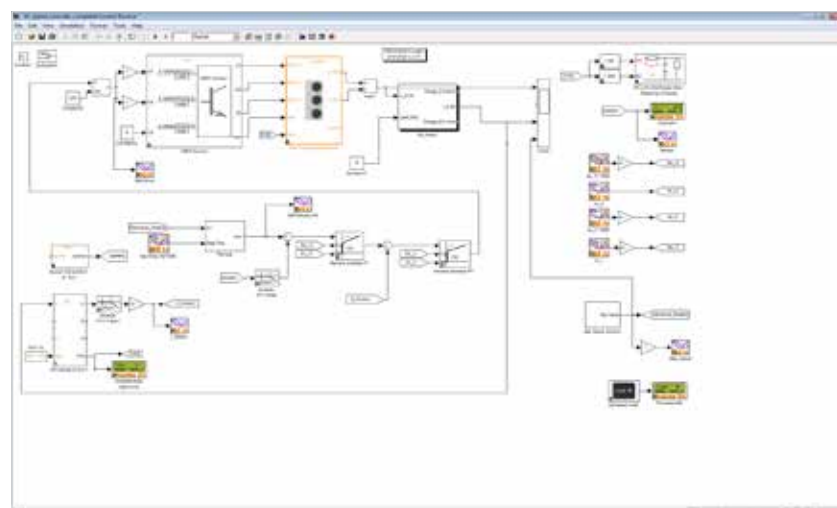
## Interaktive Lernumgebung

### Wie funktioniert ein geregelter Gleichstromantrieb?

Der ILA-Kurs zeigt am praktischen Beispiel den Aufbau, die Parametrierung und Inbetriebnahme eines Gleichstromantriebs. Schritt für Schritt werden Strom- und Drehzahlregler implementiert und optimiert. Die direkte Umsetzung in das regelungstechnische Modell sowie das Arbeiten mit dem realen System sichern den nachhaltigen Lernerfolg.



Grundlagen zum Gleichstrommotor im ILA-Kurs



Optimierung der Reglereinstellung

### Wie werden die Regler ausgelegt?

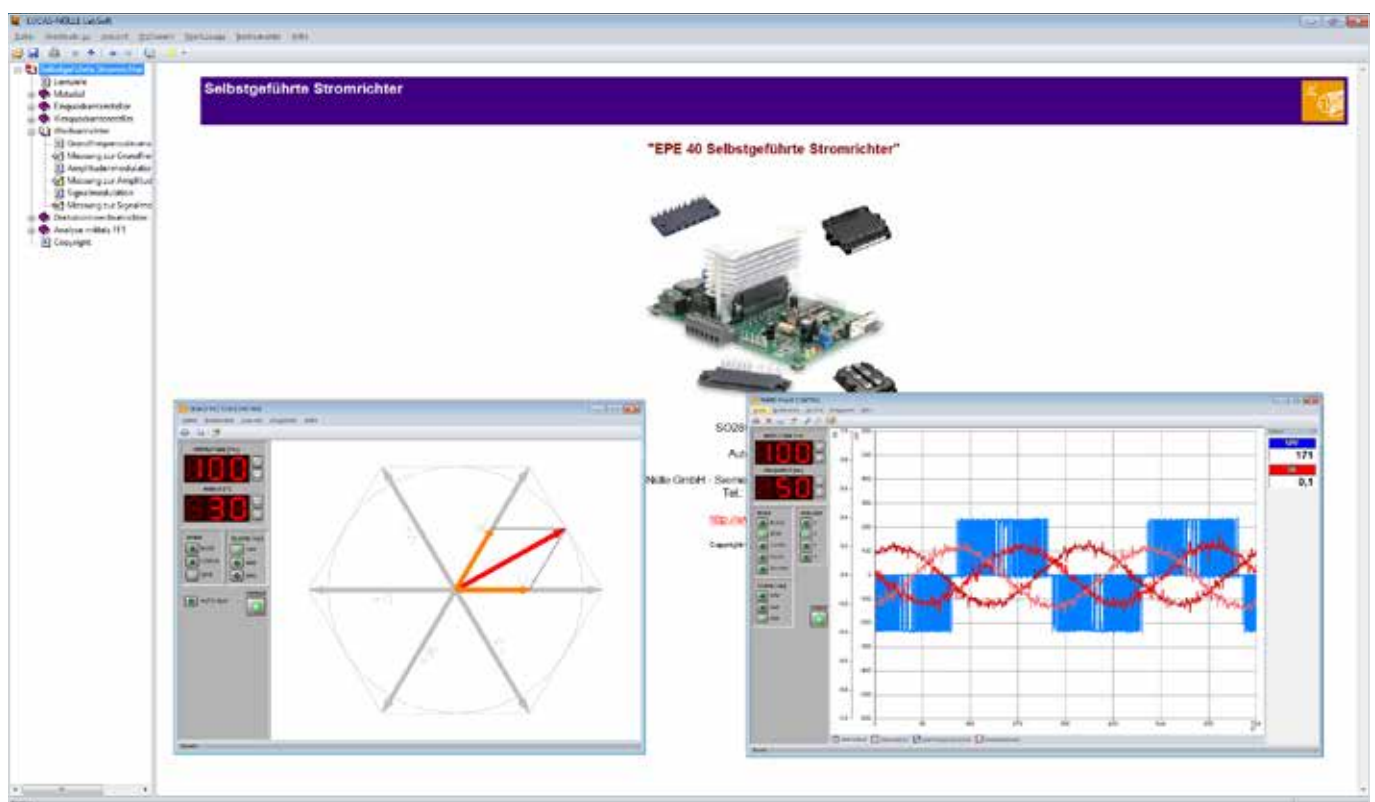
Mit dem Trainingssystem kann die Auslegung der Regler sowohl in der Simulation als auch im realen System ausprobiert werden. Mit Hilfe der grafischen Oberfläche haben Sie optimalen Zugriff auf die dynamischen Signale der Regelgrößen. So ist es möglich, schnell Veränderungen an den Einstellungen vorzunehmen und diese zu testen.

# Computergestützte Lernumgebung

## Interactive Lab Assistant (ILA)

Bei der Durchführung der Versuche werden Sie von einem Interactive Lab Assistant (ILA) unterstützt. Er führt nicht nur durch die Versuche, sondern liefert auch wertvolle Theorieinformationen und zeichnet Messwerte auf. Im Hintergrund wird automatisch die notwendige Labordokumentation als Druck- oder PDF-Dokument erstellt.

Möchten Sie die Anleitung anpassen, nutzen Sie einfach den LabSoft Classroom Manager um Inhalte zu ändern oder zu ergänzen.

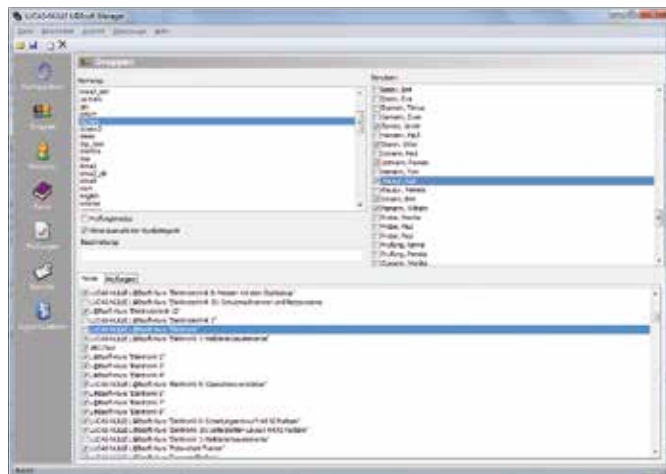


### Ihre Vorteile

- Theorievermittlung
- Unterstützung bei der Versuchsdurchführung
- Übersichtliche Darstellung der Versuchsaufbauten
- Zugriff auf reale Mess- und Testgeräte
- Integrierte Bedienungsanleitungen
- Dokumentation der Versuchsergebnisse (Erstellung eines Versuchsberichts)
- Wissensabfrage inkl. Feedbackfunktion

## LabSoft Classroom Manager

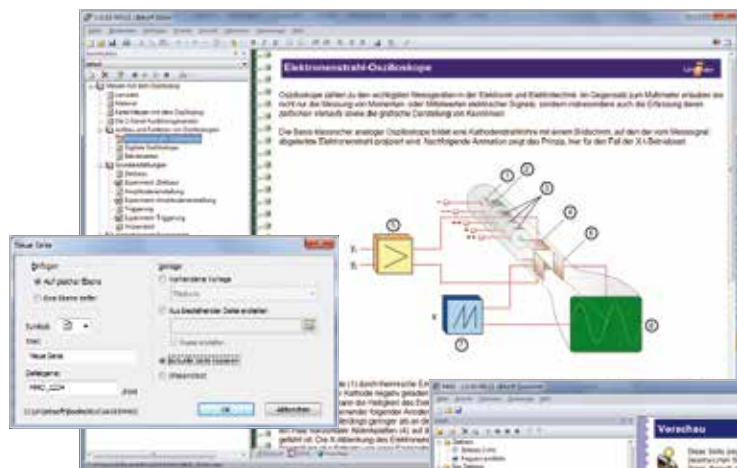
Der LabSoft Classroom Manager ist eine umfangreiche Administrationssoftware, mit der sich praxisorientierte Lehr- und Lernprozesse komfortabel organisieren und verwalten lassen. Der Classroom Manager eignet sich für alle LabSoft-basierten Lernprogramme wie ILA, UniTrain-I, InsTrain und CarTrain. Er besteht aus fünf Programmteilen:



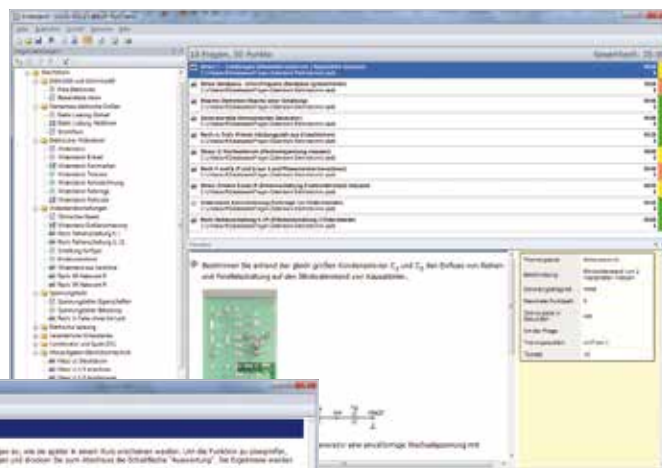
**LabSoft Manager:** Verwalten Sie Ihre LabSoft Kurse, Lerner und Lerngruppen mit dem LabSoft Manager. So stehen für die Lernenden immer die passenden Lerninhalte zur Verfügung.



**LabSoft Reporter:** Lernfortschritt und Prüfungsergebnisse präsentiert der LabSoft Reporter. Zahlreiche Auswertungen für Einzel- oder Gruppenergebnisse von Kursen und Prüfungen ermöglichen eine gezielte Kontrolle.



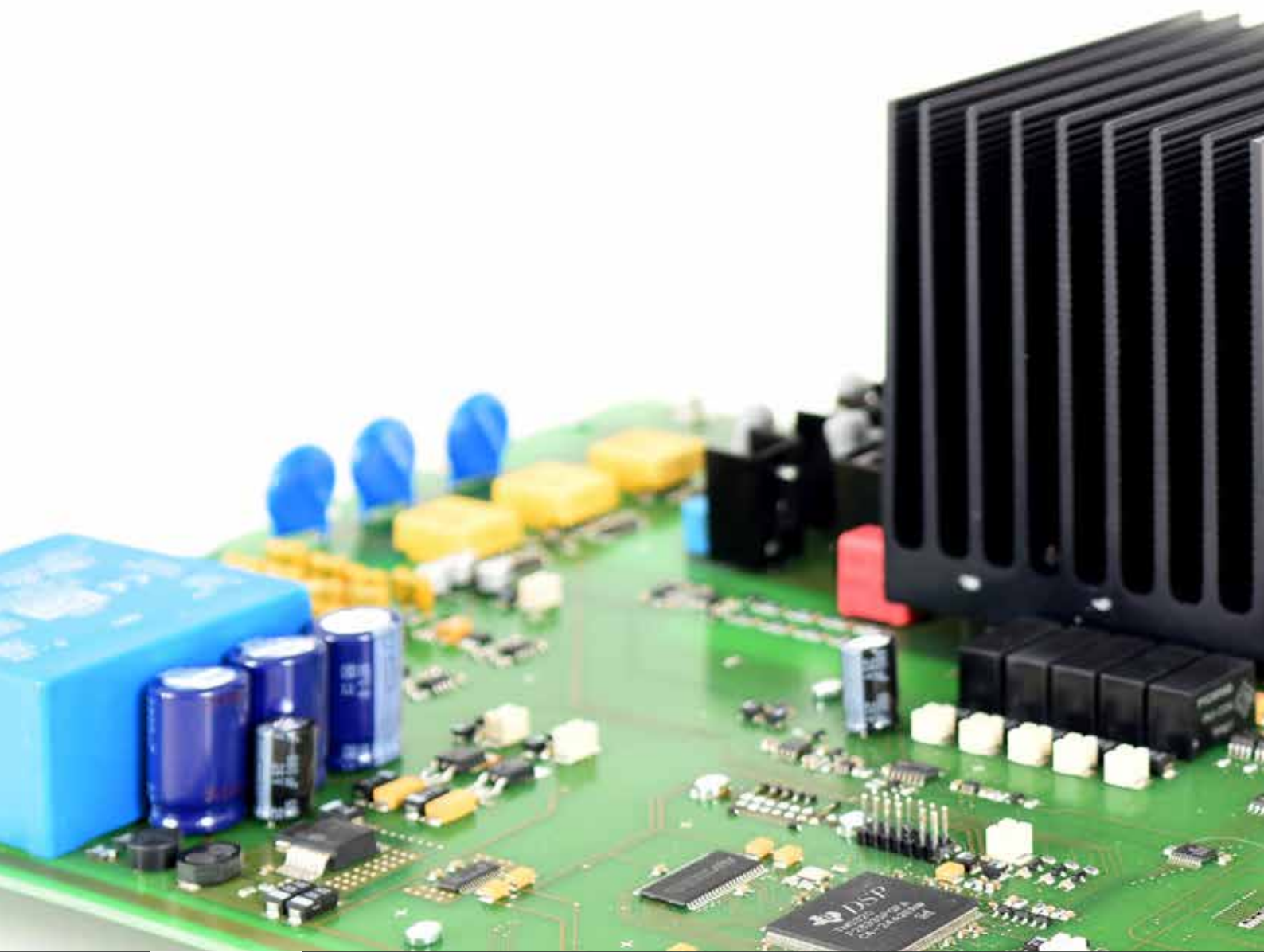
**LabSoft Editor:** Erstellen neuer Kurse oder Änderungen an bestehenden Kursen ermöglicht der LabSoft Editor. Zahlreiche Assistenten führen den Anwender schrittweise durch die notwendigen Angaben.



**LabSoft Test Creator:** Der LabSoft TestCreator erstellt Prüfungen, mit denen gleichzeitig Wissen und Handlungskompetenz abfragt werden können.



**LabSoft Questioner:** Zur Erstellung von Fragen, Messaufgaben und Prüfungsfragen stehen viele Fragentypen im LabSoft Questioner zur Verfügung. Die Aufgaben und Fragen können in Kurse und Prüfungen eingefügt werden.



## LUCAS-NÜLLE GMBH

Siemensstraße 2  
50170 Kerpen-Sindorf

Tel.: +49 2273 567-0  
Fax: +49 2273 567-69

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