

Lehrgerät für Stromtechnologie – A4 Format

Übersetzung der Originalbetriebsanleitung

FESTO

Elektrische Energietechnik

Benutzerhandbuch



Elektrische Energietechnik

**Lehrgerät für Stromtechnologie –
A4 Format**

Übersetzung der Originalbetriebsanleitung

Benutzerhandbuch

595150

Bestell-Nr.: 595150 (Druckversion) 595770 (Elektronische Version)
Erste Auflage
Stand: 2026/04

Verfasst und gedruckt von Festo Didactic

© Festo Didactic Ltée/Ltd, Québec, Kanada 2017

Internet: www.festo.com

E-Mail: services.didactic@festo.com

Gedruckt in Kanada

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-2-89747-966-4 (Druckversion)

ISBN 978-2-89747-967-1 (Elektronische Version)

Gesetzliche Aufbewahrungspflicht - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2017

Gesetzliche Aufbewahrungspflicht - Library and Archives Canada, 2017

Der Käufer erhält ein einfaches, nicht-ausschließliches, zeitlich unbeschränktes und geografisch nur auf die Nutzung innerhalb des Standortes/Sitz des Käufers beschränktes Nutzungsrecht wie folgt.

Der Käufer ist berechtigt, die Inhalte des Werkes zur Fortbildung seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Standortes zu nutzen und hierzu auch Teile der Inhalte zur Erstellung eigener Fortbildungsunterlagen zur Fortbildung seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Standortes unter Angabe der Quelle zu verwenden und für die Fortbildung am Standort zu kopieren. Bei Schulen/Hochschulen und Ausbildungsstätten umfasst das Nutzungsrecht auch die Nutzung durch deren Schüler, Lehrgangsteilnehmer und Studenten des Standortes für den Unterricht.

Ausgeschlossen ist in jedem Fall das Recht zur Veröffentlichung sowie zur Einstellung und Nutzung in Intranet- und Internet- sowie LMS-Plattformen und Datenbanken wie z. B. Moodle, die den Zugriff einer Vielzahl von Nutzern auch außerhalb des Standortes des Käufers ermöglichen.

Weitere Rechte zu Weitergabe, Vervielfältigungen, Kopien, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Übertragung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen, unabhängig ob ganz oder in Teilen, bedürfen der vorherigen Zustimmung der Festo Didactic.

Informationen in diesem Dokument können ohne Vorankündigung geändert werden und stellen keine Verpflichtung seitens Festo Didactic dar. Die in diesem Dokument beschriebenen Festo Materialien unterliegen einer Lizenz- oder Geheimhaltungsvereinbarung.

Festo Didactic erkennt Produktnamen als Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Rechteinhaber an.

Alle anderen Markenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber. Andere Warenzeichen und Handelsnamen können in diesem Dokument verwendet werden, um entweder auf die juristischen Personen, welche die Marken oder Namen beanspruchen, oder deren Produkte Bezug nehmen. Festo Didactic verzichtet auf Eigentumsansprüche bezüglich Marken und Namen von Dritten.

Inhalt

Allgemeine Informationen zum Dokument	5
Lerneinheit 1 - Allgemeine Voraussetzungen zum Betreiben der Geräte	11
Lerneinheit 2 - Bestimmungsgemäße Verwendung	13
Lerneinheit 3 - Gewährleistung und Haftung	15
Lerneinheit 4 - Arbeits- und Sicherheitshinweise	17
Sicherheitsverantwortlichkeiten	17
Allgemeine Betriebssicherheit	18
Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	18
Handhabung und Anordnung der Ausrüstung	19
Elektrische Sicherheit	20
Mechanische Sicherheit bei rotierenden Maschinen	21
Cybersicherheit	22
Lerneinheit 5 - Installation und Inbetriebnahme der Anlage	25
Umgebungsanforderungen	25
Handhabung der Geräte	25
Einbau der Geräte in einen A4-Arbeitsplatz	26
Anschluss von dreiphasigen Geräten	26
Anschluss von einphasig betriebenen Geräten	27
Anweisungen zur Schutzerdung	28
Für Geräte von Festo Didactic	28
Für Geräte von Festo Didactic in Kombination mit Geräten anderer Hersteller	31
Aufbau rotierender Maschinen	32
Aufbau rotierender Maschinen nebeneinander	32
Aufbau rotierender Maschinen in Reihe	39
Einrichten einer rotierenden Maschine für den Stand-alone-Betrieb	44
Entkuppeln rotierender Maschinen	47
Schnellstart	49
Installieren und Einschalten der Geräte	50
Ausschalten, Trennen und Entfernen der Geräte	51
Lerneinheit 6 - Konformitätsangabe	53
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	53
Lerneinheit 7 - Sicherheitshinweise	55
Voraussetzung zur sicheren Verwendung der Geräte	55
Allgemeine Warnungen	56
Schutzart gegen Eindringen (IP)	57
Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	57
Umbau der Geräte	58
Lerneinheit 8 - Beschreibung der Geräte	59
Mess- und Steuerinterface (594500)	61
Installation der LVDAC-EMS-Software	63
Vier-Quadranten-Netzteil und Dynamometer-Steuereinheit (594828)	64
Installation der LVDAC-EMS-Software	66

Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung (594826)	67
3AC 400V/DC 230V-Stromversorgung (594825).....	71
230-V-Wechselstromversorgung (595930)	74
Variable 230-V-Wechsel- und 325-V-Gleichstromversorgung (8089266)	76
24-V-Wechselstromversorgung (772050)	79
DC-Motor-Stromversorgung (8111319).....	80
Ohmsche Last (594820)	84
Intermittierender Betrieb bei Spannungen über dem Nennwert hinaus.....	85
Ohmsche Last für Windturbine (594819).....	86
Induktive Last (594821)	87
Kapazitive Last (594822).....	88
4-Quadranten-Dynamometermotor (595062)	89
Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine (595064).....	91
Synchronmaschine (595802)	93
Permanenterregte Gleichstrommaschine (8100085 und 8251304)	95
Kondensatormotor (8100743).....	97
48-V-PWM-Gleichstrom-Laderegler (8241563)	99
48-V-MPPT-Gleichstrom-Laderegler (595050).....	101
230-V-Einphasen-Inselwechselrichter (595052)	103
Netzgekoppelter 230-V-Einphasen-Wechselrichter (595053)	106
Gleichrichter und Filterinduktoren/Kondensatoren (8243905)	108
IGBT-Chopper/-Wechselrichter (8167609)	110
Drehstromfilter (8166653)	114
Leistungsthyristoren (8167245)	116
Windturbinengenerator mit Steuereinheit (595061)	119
Solarmodul-Prüfstand (595057).....	122
Austausch der Glühbirne.....	124
Monokristallines Siliziumsolarmodul (595058).....	124
230-V-Einphasen-Energiezähler (594904)	126
Pyranometer (579784)	127
Drehstromtransformatorenbank (594823)	128
Einphasen-Wechselstromtransformator (594824).....	130
48-V-Gleichstromlampen (595055)	131
Austausch der Glühbirne.....	132
230-V-Wechselstromlampen (595056 und 595149).....	133
Austausch der Glühbirne.....	135
Synchronisierungslampen und Schütz (8100086)	136
Synchronisationslampen und Schütz (8208627)	138
12-V-Bleiakkumodul (595060)	140
Eingang für Parallelladung	142
Wartung	142
Sulfatierungstest	142
Akkutausch	143
48-V-Bleiakkusatz (595059 und 8174051).....	144
Eingang für Parallelladung	146
Wartung	146

Sulfatierungstest	147
Akkutausch	147
Kommunikations-Gateway (595054)	149
Sanftstarter (8121090)	152
Lerneinheit 9 - Instandhaltung der Geräte.....	155
Allgemeine Instandhaltung	155
Instandhaltung von drehenden Maschinen	155
Verbrauchsmaterialien und sonstige Ersatzteile	156
Entsorgung des Lehrgeräts	161
Instandhaltung und Entsorgung von Batterien.....	161
Reinigung.....	162

Allgemeine Informationen zum Dokument

Über dieses Dokument

Der Bediener sollte sich vor der Installation und dem Betrieb des Lehrgeräts mit dem Inhalt dieses Dokuments vertraut machen.

In der Tabelle der Sicherheitssymbole vorn im vorliegenden Dokument sind Sicherheitssymbole aufgeführt, die in diesem Dokument vorkommen oder an den Geräten angebracht sind.

Dieses Dokument kann kostenlos von der Festo Didactic Internetseite heruntergeladen werden.

Druckversionen dieses Dokuments sind auf Anfrage frei erhältlich. Wenden Sie sich diesbezüglich an Ihren Vertriebsvertreter von Festo Didactic.



Wichtig. In diesem Dokument beziehen sich die Begriffe "das Gerät" und/oder "das Trainingssystem" ausdrücklich auf das Lehrgerät für Stromtechnologie.

Lernprogramm für Energietechnik

Elektrische Energie ist seit mehr als einem Jahrhundert Teil des täglichen Lebens, und die Zahl der Anwendungen, die elektrische Energie nutzen, nimmt weiter zu.

Dieser Trend spiegelt sich im stetigen weltweiten Wachstum des Bedarfs an elektrischer Energie wider. Als Reaktion darauf hat die Erzeugung elektrischer Energie aus erneuerbaren natürlichen Ressourcen wie Wind, Sonnenlicht, Regen, Gezeiten und geothermischer Wärme in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, da sie dazu beiträgt, den steigenden Bedarf zu decken und Treibhausgasemissionen (THG) zu reduzieren.

Um den wachsenden Schulungsbedarf im Bereich der elektrischen Energie zu decken, hat Festo Didactic eine Reihe modularer Kurse entwickelt. Diese Kurse sind unten als Flussdiagramm dargestellt, wobei jedes Feld einen Kurs repräsentiert.

Der Unterricht umfasst Kurse, die grundlegende Themen wie Gleichstromkreise, Wechselstromkreise und Leistungstransformatoren ausführlich behandeln.

Weitere Kurse konzentrieren sich auf Solar- und Windenergie. Zwei Kurse sind Photovoltaiksystemen und Windenergiesystemen gewidmet, wobei der Schwerpunkt auf ihren praktischen Aspekten liegt.

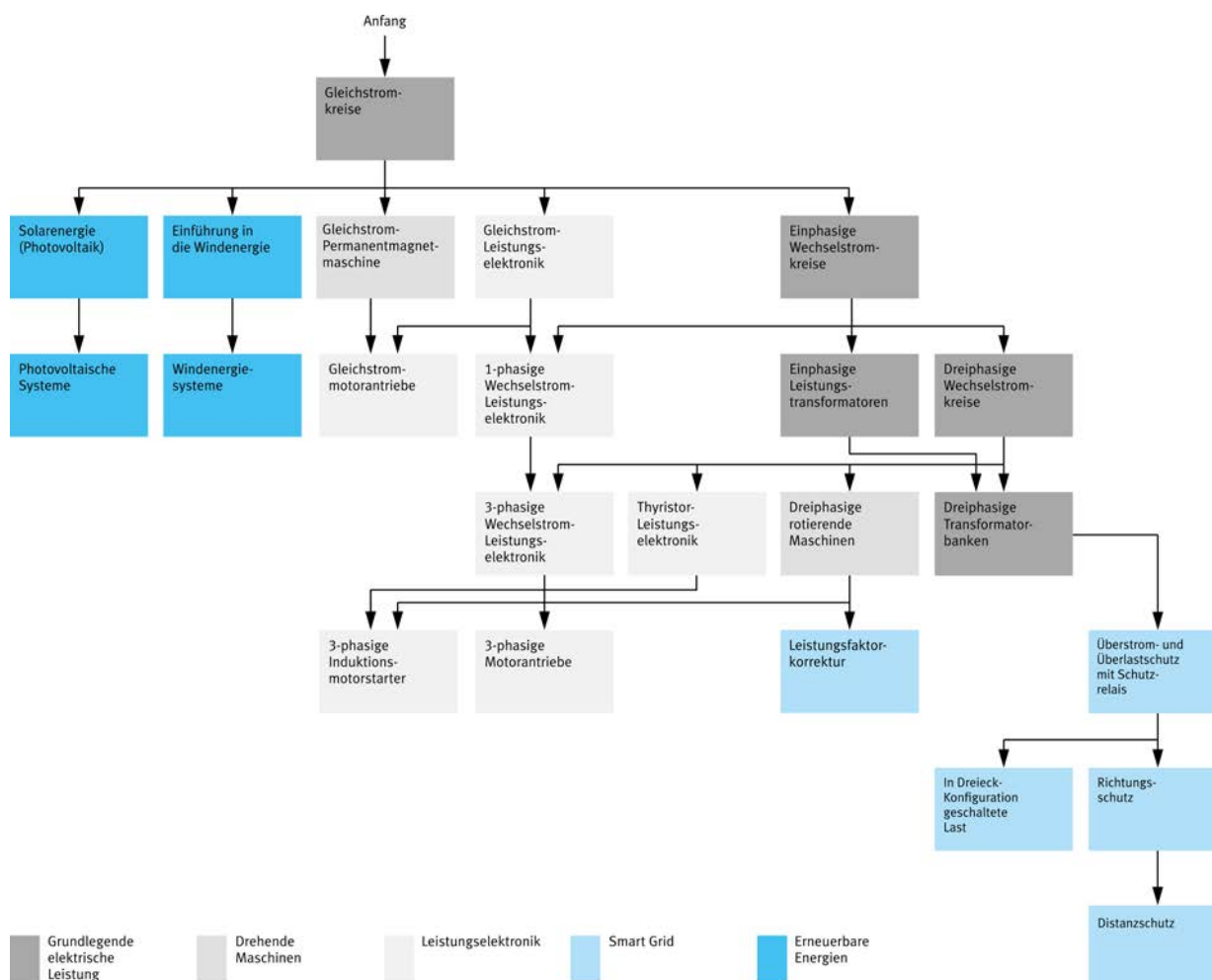


Abbildung 1: Kurse von Festo Didactic über elektrische Energie.

Sicherheitssymbole und -verfahren

In der folgenden Tabelle sind die Sicherheits- und allgemeinen Symbole aufgeführt, die in diesem Dokument und auf dem Gerät verwendet werden können. Bevor Sie Verfahren mit dem Gerät vornehmen, sollten Sie alle Abschnitte über die Sicherheit im Benutzerhandbuch lesen, das dem Gerät beiliegt. Vor jeder Aufgabe, die besondere Sicherheitsvorkehrungen erfordert, werden zusätzliche Sicherheitsverfahren angegeben.

Symbol	Beschreibung
	GEFAHR weist auf eine Gefährdung mit hohem Risiko hin. Die Nichtbeachtung kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.
	WARNUNG weist auf eine Gefährdung mit mittlerem Risiko hin. Die Nichtbeachtung kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.

Symbol	Beschreibung
	VORSICHT weist auf eine Gefährdung mit geringem Risiko hin. Die Nichtbeachtung kann zu leichten oder mittelschweren Verletzungen führen.
	ACHTUNG weist auf eine Gefährdung in einer potenziell gefährlichen Situation hin. Die Nichtbeachtung kann zu Sachschäden führen.
	Vorsicht, mögliche Gefährdung. Die relevante Anwenderdokumentation beachten.
	Vorsicht, Risiko eines elektrischen Schlags.
	Vorsicht, Gefahr beim Heben.
	Vorsicht, heiße Oberfläche.
	Vorsicht, Brandgefahr.
	Vorsicht, Explosionsgefahr.
	Vorsicht, Quetschgefahr im Riemenantrieb.
	Vorsicht, Quetschgefahr im Kettenantrieb.
	Vorsicht, Quetschgefahr im Zahnrad.
	Vorsicht, Handquetschgefahr.

Symbol	Beschreibung
	Statisch empfindlicher Inhalt. Die Vorschriften für die Handhabung von elektrostatisch gefährdeten Geräten beachten.
	Hinweis, nichtionisierende Strahlung.
	Die relevante Anwenderdokumentation beachten.
	Geografische Einschränkungen der Radio Equipment Directive (RED) – Die relevante Anwenderdokumentation beachten.
	Gleichstrom.
	Wechselstrom.
	Gleich- und Wechselstrom.
	Dreiphasen-Wechselstrom.
	Erdungsanschluss (Masse).
	Schutzleiterklemme.
	Schutzleiterklemme.
	Äquipotential.
	Ein (Einspeisung).

Symbol	Beschreibung
	Aus (Einspeisung).
	Gerät vollständig durch doppelte oder verstärkte Isolierung geschützt.
	Innere Position einer Taste mit Raste.
	Äußere Position einer Taste mit Raste.

Allgemeine Voraussetzungen zum Betreiben der Geräte

Für einen sicheren Betrieb elektrischer Geräte in gewerblichen oder schulischen Umgebungen gelten die folgenden Anforderungen:

- **Nationale Vorschriften beachten**, die elektrische Anlagen und Geräte in gewerblichen oder industriellen Einrichtungen regeln.
- **Aufsicht sicherstellen**. Ein qualifizierter Aufsichtsführender (Elektriker oder ausgebildeter Elektroingenieur mit nachgewiesener Schulung) muss Labor oder Unterrichtsraum überwachen.
- **Ornungsgemäße Installation durchführen**. Das Gerät vor der Nutzung strikt gemäß der beigefügten Dokumentation installieren und in Betrieb nehmen.
- **Beschädigte Geräte entfernen**. Beschädigte oder defekte Geräte, Kabel, Leitungen, Pneumatik- oder Hydraulikschläuche sofort aus dem Labor bzw. Unterrichtsraum entfernen bzw. sperren.
- **Räume mit erforderlichen Schutzeinrichtungen ausrüsten**. Wo lokale Vorschriften gelten, muss der Raum enthalten:
 - Gleichstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (Typ B, $\leq 30 \text{ mA}$).
 - Überstromschutz (Leitungsschutzschalter oder Sicherungen).
 - Mindestens eine Not-Aus-Einrichtung zum Abschalten der Stromversorgung für den gesamten Raum oder einzelne Arbeitsplätze.
 - Sicherheitseinrichtungen (z. B. verriegelbare Netzschalter oder Ein-/Aus-Ventile) zum Verhindern unbefugter Aktivierung von Spannung oder Druckluft.

Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Gerät darf nur verwendet werden:

- für den bestimmungsgemäßen Zweck in Lehr- und Ausbildungsanwendungen.
- wenn seine Sicherheitsfunktionen in einwandfreiem Zustand sind.

Die Gerätekomponenten sind nach dem neuesten Stand der Technik konstruiert und entsprechen anerkannten Sicherheitsstandards. Eine unsachgemäße Verwendung kann jedoch den Benutzer und andere gefährden und kann das Gerät beschädigen.

Das Lernprogramm von Festo Didactic ist ausschließlich für Schulungszwecke ausgelegt. Zum Schutz der Lernenden müssen das Ausbildungsunternehmen oder die Aufsichtspersonen sicherstellen, dass alle Lernenden das Gerät wie in den Kursen von Festo Didactic beschrieben verwenden und die Sicherheitshinweise in diesem Dokument befolgen.

	 WARNUNG
	Gefahr durch Verwendung des Geräts entgegen den Vorgaben von Festo Didactic! • Die Verwendung des Geräts entgegen den Anweisungen in den begleitenden Kursen von Festo Didactic oder die Verwendung des Geräts zusammen mit Geräten anderer Hersteller kann das Risiko von Verletzungen oder Sachschäden erhöhen. • Um das Gefährdungsrisiko zu minimieren, beachten Sie stets die auf dem Gerät angebrachten Angaben sowie die Angaben im Datenblatt von Festo Didactic zum Gerät. • Wenn das Gerät eine Fremdkomponente enthält, konsultieren Sie die offizielle Dokumentation des Herstellers für diese Komponente (vom Hersteller oder online verfügbar), um eine sichere Verwendung und die Einhaltung aller Spezifikationen und Richtlinien sicherzustellen.

Gewährleistung und Haftung

Grundsätzlich gelten unsere „Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen“. Diese stehen dem Betreiber spätestens nach Abschluss des Kaufvertrags zur Verfügung. Gewährleistungs- und Haftungsansprüche bei Personen- und Sachschäden sind ausgeschlossen, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- Verwendung der Geräte für einen anderen als den vorgesehenen Zweck.
- Unsachgemäße Inbetriebnahme und/oder unsachgemäßer Betrieb der Geräte.
- Verwendung der Geräte trotz defekter Sicherheitseinrichtungen oder nicht ordnungsgemäß angebrachter oder nicht funktionsfähiger Sicherheits- und Schutzeinrichtungen.
- Nichtbeachten der in der Kerndokumentation enthaltenen Hinweise zu Inbetriebnahme und Betrieb.
- Unbefugte Änderungen an den Geräten.
- Unsachgemäß durchgeführte Reparaturen.
- Katastrophenfälle durch Fremdkörpereinwirkung und Naturereignisse.

Festo Didactic schließt hiermit jegliche Haftung für Schäden des Auszubildenden, des Ausbildungsunternehmens und Dritter aus, die im Rahmen der Verwendung der Geräte außerhalb einer Ausbildungssituation oder außerhalb der beruflichen Bildung auftreten; es sei denn, Festo Didactic hat solche Schäden vorsätzlich oder grob fahrlässig verursacht.

Arbeits- und Sicherheitshinweise

Sicherheitsverantwortlichkeiten

Die Verantwortlichkeiten sind nach Rollen aufgeteilt, wie in der folgenden Tabelle gezeigt.

Tabelle 1: Verantwortlichkeiten nach Rollen.

Rolle	Verantwortlichkeiten
Betreibergesellschaft	- Nur qualifiziertes Personal darf mit der Ausrüstung arbeiten. - Stellen Sie sicher, dass das Personal in den Sicherheitsvorschriften geschult ist und die Sicherheitshinweise in diesem Dokument gelesen hat. - Bewerten Sie das Personal regelmäßig hinsichtlich sicherer Arbeitspraktiken.
Ausbilder	- Beaufsichtigen Sie die Teilnehmenden jederzeit. - Lassen Sie nur harmlose Fehler zu und verhindern Sie Handlungen, die Verletzungen oder Schäden verursachen könnten.
Teilnehmende	- Lesen Sie vor der Verwendung das Sicherheitskapitel und die Warnhinweise. - Befolgen Sie alle geltenden Arbeitssicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften. - Arbeiten Sie nur unter der Aufsicht einer qualifizierten Person.

Allgemeine Betriebssicherheit

	 VORSICHT Das Missachten grundlegender Betriebssicherheitsregeln kann zu Unfällen, Verletzungen oder Geräteschäden führen. • Teilnehmende müssen bei Arbeiten mit der Ausrüstung jederzeit von einer Lehrkraft beaufsichtigt werden. • Verwenden Sie die Ausrüstung nur gemäß den Anweisungen in der Dokumentation von Festo Didactic. • Halten Sie Schalter, Taster und Trennschalter frei und gut erreichbar. • Reparieren oder sichern Sie defekte Ausrüstung sofort. • Tragen Sie geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA), z. B. Schutzbrille und Sicherheitsschuhe. • Vermeiden Sie das Tragen lockerer Kleidung oder Accessoires, die sich in der Ausrüstung verfangen könnten. • Binden Sie lange Haare zurück, damit sie nicht mit beweglichen Teilen in Berührung kommen oder die Sicht behindern. • Halten Sie den Arbeitsbereich sauber, trocken und frei von Stoffen, die Ausrutschen verursachen oder den Betrieb der Ausrüstung beeinträchtigen könnten.
	 VORSICHT Unsachgemäßer Umgang mit schwerer Ausrüstung kann zu Verletzungen oder Geräteschäden führen. • Wenden Sie geeignete Hebetechniken an oder holen Sie Unterstützung, wenn Sie schwere Komponenten bewegen, die mit dem Symbol für Hebegefahr gekennzeichnet sind.

Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Auch wenn alle Sicherheitsfunktionen an dem Lerngerät gegeben sind, bestehen Restrisiken durch missbräuchliche Verwendung oder ein defektes Teil oder mehrere defekte Teile. Beachten Sie bei der Verwendung der Geräte stets die folgenden Regeln, um das Verletzungsrisiko weiter zu verringern:

- Tragen Sie **Sicherheitsschuhe**, wenn Sie Geräte häufig zwischen Lager und Arbeitsplätzen bewegen.

- Tragen Sie eine **Schutzbrille**, wenn Sie mit gepolten Kondensatoren arbeiten, da diese unerwartet explodieren können.
- Tragen Sie einen **Gehörschutz**, wenn Sie laute Geräte wie rotierende Maschinen verwenden.
- Tragen Sie **Isolierhandschuhe**, wenn Sie unter Spannung stehende elektrische Komponenten handhaben.
- Tragen Sie **Schutzhandschuhe** für mechanische Handhabung (z. B. scharfe Kanten, schwere Teile, heiße Oberflächen).

Handhabung und Anordnung der Ausrüstung

HINWEIS

Umgang mit Kabeln

- Verlegen Sie Kabel ohne Knicke, Quetschungen oder Kontakt mit heißen Oberflächen (falls zutreffend deutlich gekennzeichnet).
- Ziehen Sie zum Abstecken immer am Stecker selbst—niemals am Kabel.
- Vermeiden Sie eine dauerhafte Zugbelastung der Kabel, um Schäden und Trennungen zu verhindern.

HINWEIS

Belüftung und Wärmemanagement

- Halten Sie alle Lüftungsschlitze frei. Stellen Sie Geräte nur auf harte, flammenbeständige Oberflächen, damit eine ausreichende Luftzirkulation gewährleistet ist.
- Installieren Sie wärmeerzeugende Geräte nicht in der Nähe von oder unter temperaturempfindlichen Komponenten.

HINWEIS

Einrichtung der Arbeitsstation

- Prüfen Sie die maximale Tragfähigkeit der Arbeitsstation und stellen Sie sicher, dass sie nicht überschritten wird.

Elektrische Sicherheit

	 WARNUNG
	Gefahr eines elektrischen Schlags durch gefährliche Spannung Die Ausrüstung enthält gefährliche Spannung, die bei Missachtung der Sicherheitshinweise zum Tod, zu schweren Verletzungen oder zu erheblichen Sachschäden führen kann. Schutzleiter (PE) • Erden Sie Ausrüstung mit PE-Klemme immer. • Schließen Sie den PE zuerst an und trennen Sie ihn zuletzt. • Unterbrechen oder beschädigen Sie gelb-grüne PE-Leiter nicht. • Ausrüstung mit hohem Ableitstrom benötigt eine separate PE-Leitung an der zusätzlichen PE-Klemme. Unzulässige Praktiken • Schließen Sie Spannungsquellen niemals in Reihe an. • Schließen Sie niemals mehrere Netzteile an eine einzelne AC-Netzsteckdose an, da dies zu höheren Ableitströmen führen kann. • Überschreiten Sie die Eingangsspannungs- oder Strombelastbarkeitswerte keines Geräts, da dies zu Erwärmung, Stromschlägen und Bränden führen kann. Grenzwerte für sichere Spannung • Kontakt mit > 30 V ac rms oder > 60 V dc kann tödlich sein. • Schirmen Sie Ausgänge und Leitungen von Spannungsquellen gegen Berührung ab; verwenden Sie berührungsgeschützte Sicherheitsleitungen mit CAT II oder höher. • Schalten Sie alle Spannungsquellen aus und machen Sie Stromkreise vor Verdrahtungsänderungen spannungsfrei. • Verwenden Sie nur abnehmbare Netzanschlussleitungen, Kabel und Anschlussleitungen mit ausreichender Bemessung. Kondensatoren • Große Kondensatoren können nach dem Ausschalten geladen bleiben. Warten Sie mehrere Minuten, bevor Sie Gehäuse öffnen. Niederspannungsstromkreise

- Versorgen Sie Niederspannungsstromkreise nur mit SELV-Netzteilen der Klasse II oder doppelt isolierten Netzteilen (z. B. Spannungsquellen von Festo Didactic).

Mechanische Sicherheit bei rotierenden Maschinen

	 WARNUNG
	Gefahr schwerer Verletzungen durch rotierende Teile! • Schalten Sie die elektrische Versorgung immer aus, bevor Sie rotierende Maschinen mechanisch kuppeln. • Warten Sie, bis alle beweglichen Teile vollständig zum Stillstand gekommen sind, bevor Sie die Ausrüstung berühren oder warten. • Überprüfen Sie die Schutzabdeckung vor der Installation, um sicherzustellen, dass sie unbeschädigt ist. Befestigen Sie die Schutzabdeckung, indem Sie ihre obere Schraube mit dem mitgelieferten Sechskantschlüssel in das entsprechende Loch am Rahmen der Antriebsmaschine eindrehen und festziehen. Die rotierenden Maschinen funktionieren nicht ohne korrekt installierte Schutzabdeckung. Entfernen Sie beschädigte Schutzabdeckungen sofort aus dem Labor oder Unterrichtsraum.
	 VORSICHT
	• Rotierende Maschinen erzeugen hohe Geräuschpegel, die Ermüdung oder Kopfschmerzen verursachen können. Tragen Sie beim Betrieb der Maschinen immer einen geeigneten Gehörschutz, z. B. Ohrstöpsel.
HINWEIS	
• Entfernen Sie vor dem Transport des Systems immer ein Trägheitsrad von der Motorwelle, um Schäden während des Transports zu vermeiden.	

HINWEIS

- Befolgen Sie alle Installations- und Positionieranweisungen, um den korrekten Betrieb rotierender Maschinen sicherzustellen.

Cybersicherheit

Festo Didactic bietet Produkte mit Sicherheitsfunktionen an, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen. Der Schutz dieser Anlagen vor Cyberbedrohungen erfordert jedoch ein umfassendes und regelmäßig aktualisiertes Sicherheitskonzept. Die Produkte und Dienstleistungen von Festo sind nur ein Teil einer solchen Strategie.

Der Kunde ist dafür verantwortlich, unbefugten Zugriff auf Geräte und Netzwerke zu verhindern. Verbindungen zu Firmennetzwerken oder zum Internet sollten nur bei Bedarf und nur mit geeigneten Sicherheitsmaßnahmen wie Firewalls, Netzwerksegmentierung, Defense-in-Depth-Strategien usw. hergestellt werden.

Ohne diese Maßnahmen kann das Anschließen von Produkten an ein Netzwerk Schwachstellen offenlegen, die unbefugten Fernzugriff ermöglichen und potenziell das gesamte System beeinträchtigen. Dieser Zugriff kann für Datendiebstahl, Manipulation oder Sabotage ausgenutzt werden. Zu den häufigen Bedrohungen gehören Denial-of-Service-Angriffe, Remote-Code-Ausführung, Rechteausweitung, Ransomware und andere böswillige Aktivitäten. In industriellen Umgebungen können solche Angriffe unsichere Zustände schaffen und sowohl Menschen als auch Geräte gefährden.

Kunden sollten die Sicherheitsrichtlinien von Festo befolgen und ihre Produkte auf dem neuesten Stand halten. Festo verbessert seine Produkte kontinuierlich im Hinblick auf mehr Sicherheit und empfiehlt nachdrücklich, Updates umgehend zu installieren. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Versionen erhöht die Anfälligkeit gegenüber Cyberbedrohungen.

Melden Sie Sicherheitsvorfälle dem Festo Product Security Incident Response Team (PSIRT) auf Deutsch oder Englisch per E-Mail an psirt@festo.com oder über das Online-Formular unter <https://www.festo.com/psirt>.



WARNUNG

Unsichere Betriebsbedingungen durch Softwaremanipulation

- Softwaremanipulation (z. B. Viren, Trojaner, Malware, Würmer) kann zu unsicheren Systemzuständen führen, die schwere Verletzungen oder Sachschäden verursachen können.
- Halten Sie Ihre Software stets auf dem neuesten Stand.
- Integrieren Sie alle Automatisierungs- und Aktorkomponenten in ein umfassendes industrielles Sicherheitskonzept, das dem aktuellen Stand der Technik entspricht.
- Stellen Sie sicher, dass alle installierten Produkte in Ihr Sicherheitskonzept einbezogen sind.
- Verwenden Sie Schutzwerkzeuge wie Antivirensoftware, um Dateien auf Wechseldatenträgern auf Schadsoftware zu überprüfen.



WARNUNG

Firmware-Update-Sicherheit

Diese Warnung gilt nur für Produkte mit aktualisierbarer Firmware. Um die Sicherheit und Integrität Ihres Systems zu schützen, befolgen Sie während des Firmware-Update-Prozesses diese Richtlinien:

- **Download-Quelle.** Beziehen Sie Firmware-Updates ausschließlich von der offiziellen Website des Herstellers.
- **Nicht manipulieren.** Nehmen Sie keine Änderungen am Firmware-Update-Prozess vor und greifen Sie nicht in diesen ein.
- **Update-Prozess.** Befolgen Sie strikt die im Benutzerhandbuch angegebenen Anweisungen zum Firmware-Update.

Installation und Inbetriebnahme der Anlage

Umgebungsanforderungen

Das Gerät ist für die Installation und Lagerung in Innenräumen sowie für den Betrieb unter den folgenden Umgebungsbedingungen ausgelegt:

- Bis zu einer Höhe von 2000 m (6560 ft).
- Bei einer Temperatur zwischen 5°C und 40°C (41°F und 104°F).
- Eine maximale relative Luftfeuchtigkeit von 80% bei Temperaturen bis 31°C (88°F), die linear auf 50% relative Luftfeuchtigkeit bei 40°C (104°F) abnimmt.
- Netzspannungsschwankungen, die $\pm 10\%$ der Nennspannung nicht überschreiten.
- Transienten Überspannungen bis zu den Werten der Überspannungskategorie II (1500 V bei 120 V Netzspannung und 2500 V bei 230 V Netzspannung).
- Vorübergehende Überspannung, die in der Netzversorgung auftritt.
- Ein Verschmutzungsgrad von 2 (trockene, nicht leitfähige Verschmutzung).



Das oben verwendete Wort Verschmutzung bezieht sich auf jede Hinzufügung von Fremdstoffen, fest, flüssig oder gasförmig (ionisierte Gase), die zu einer Verringerung der Durchschlagfestigkeit oder des Oberflächenwiderstands führen kann.

Handhabung der Geräte

Bevor Sie die Geräte handhaben, stellen Sie Folgendes sicher:

- Sie wissen, wo Sie die Geräte installieren oder umstellen.
- Der Weg ist frei: keine Hindernisse, Unebenheiten oder rutschigen Oberflächen.
- Sie können die Geräte sicher anheben und tragen. Prüfen Sie bei Bedarf vorher das Gewicht.

Achten Sie beim Tragen der Geräte darauf:

- Halten Sie die Geräte fest im Griff.
- Halten Sie die Geräte nah an der Taille, mit geraden Schultern. Strecken Sie die Arme nicht aus.

- Bewegen Sie sich langsam und achten Sie auf einen sicheren Stand.
- Drehen Sie sich, indem Sie die Füße versetzen, nicht indem Sie den Rücken verdrehen.

	 VORSICHT
	Bei der Handhabung schwerer Geräte ist mit körperlicher Belastung zu rechnen. • Seien Sie beim Anheben oder Bewegen schwerer Geräte besonders vorsichtig. • Geräte, die schwerer als 5 kg (10 lb) sind, sind an Stellen, an denen dies nicht anderweitig offensichtlich ist, mit einem Symbol für Hebegefahr gekennzeichnet.

Einbau der Geräte in einen A4-Arbeitsplatz

Die Geräte sind entweder für die Nutzung auf einem Tisch oder für den Einbau in einen A4-Arbeitsplatz ausgelegt. Die folgenden Sicherheitshinweise gelten, wenn die Geräte in einen A4-Arbeitsplatz eingebaut werden.

Um die Geräte in einen A4-Arbeitsplatz einzubauen, platzieren Sie die Geräte zunächst zwischen den unteren und oberen Schienen einer Arbeitsplatz-Reihe. Setzen Sie dann die obere Kante der Geräte in die obere Schiene der Arbeitsplatz-Reihe ein. Setzen Sie anschließend die untere Kante der Geräte in die unteren Schienen ein, sodass die Geräte aufrecht stehen. Nach korrektem Einbau können die Geräte auf den Schienen verschoben werden.

Beachten Sie beim Einbau der Geräte in einen A4-Arbeitsplatz stets die folgenden Empfehlungen.

- Wenn der A4-Arbeitsplatz aus mehr als einer Reihe besteht, sollten Geräte, die Wärme abgeben, in der oberen Reihe eingebaut werden. Wärmeabgebende Geräte sind an einem Warnzeichen „Heiße Oberfläche“ erkennbar, das in die Oberseite der Geräte eingeschnitten ist.
- Der Hersteller gibt die maximale Belastungsgrenze der Schienen des A4-Arbeitsplatzes an. Es ist wichtig, vor dem Einbau der Geräte das Dokument zum A4-Arbeitsplatz zu konsultieren, um eine Überlastung der Schienen zu vermeiden.



Festo Didactic A4-Arbeitsplätze 8153360 und 8158409 sind für 50 kg (110 lb) pro Reihe ausgelegt.

Anschluss von dreiphasigen Geräten

Schließen Sie dreiphasige Geräte mit vier Leistungsleitungen und einer Schutzleiterleitung (PE) an eine dreiphasige Stromversorgung an, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Die PE-Leitung verbindet die PE-Klemme der Stromversorgung mit der des versorgten Moduls.

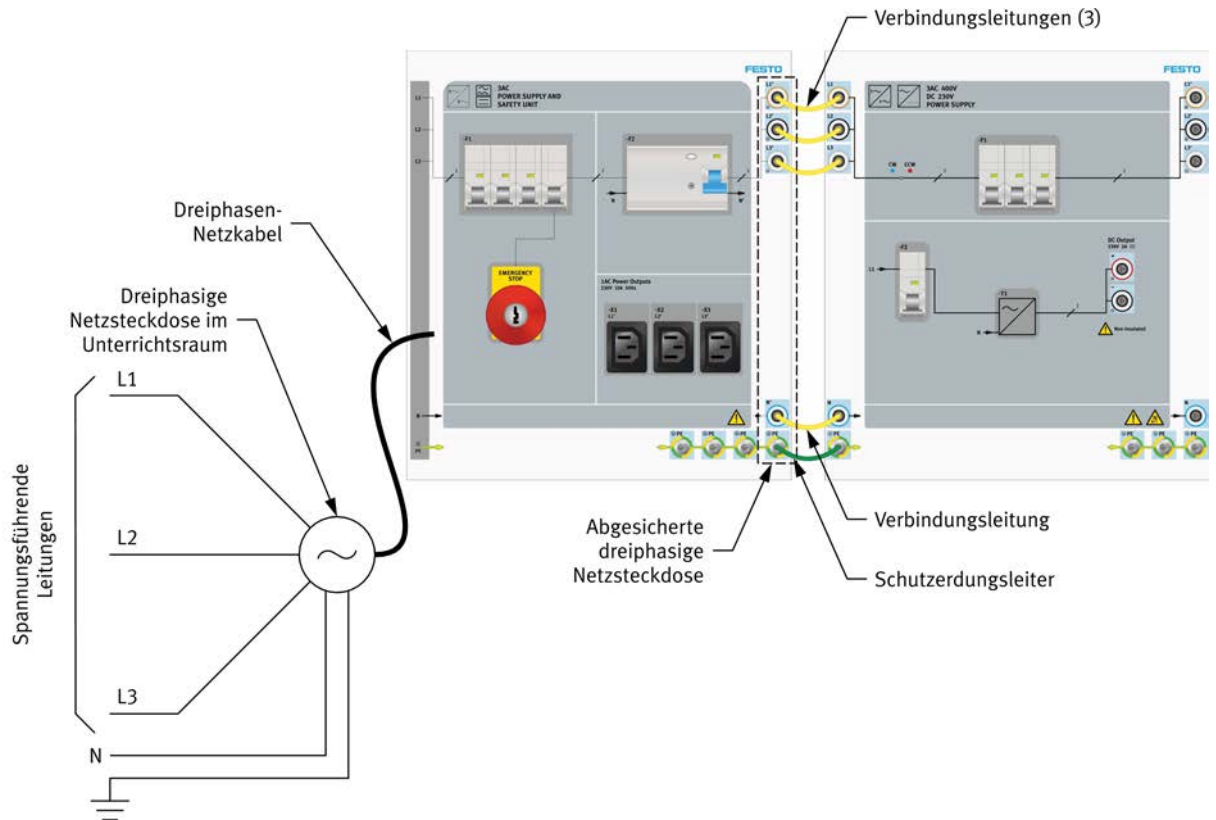


Abbildung 2: Dreiphasige Geräte, die über eine dreiphasige Stromversorgung an eine Wechselstromsteckdose angeschlossen sind.

Anschluss von einphasig betriebenen Geräten

Schließen Sie einphasig betriebene Geräte mit einem polarisierten dreipoligen Netzkabel an eine dreiphasige Stromversorgung an, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Das Netzkabel verhindert eine Vertauschung von Phase und Neutralleiter und stellt über den dritten Kontakt den Schutzleiter bereit, sodass keine separate PE-Verbindung erforderlich ist.

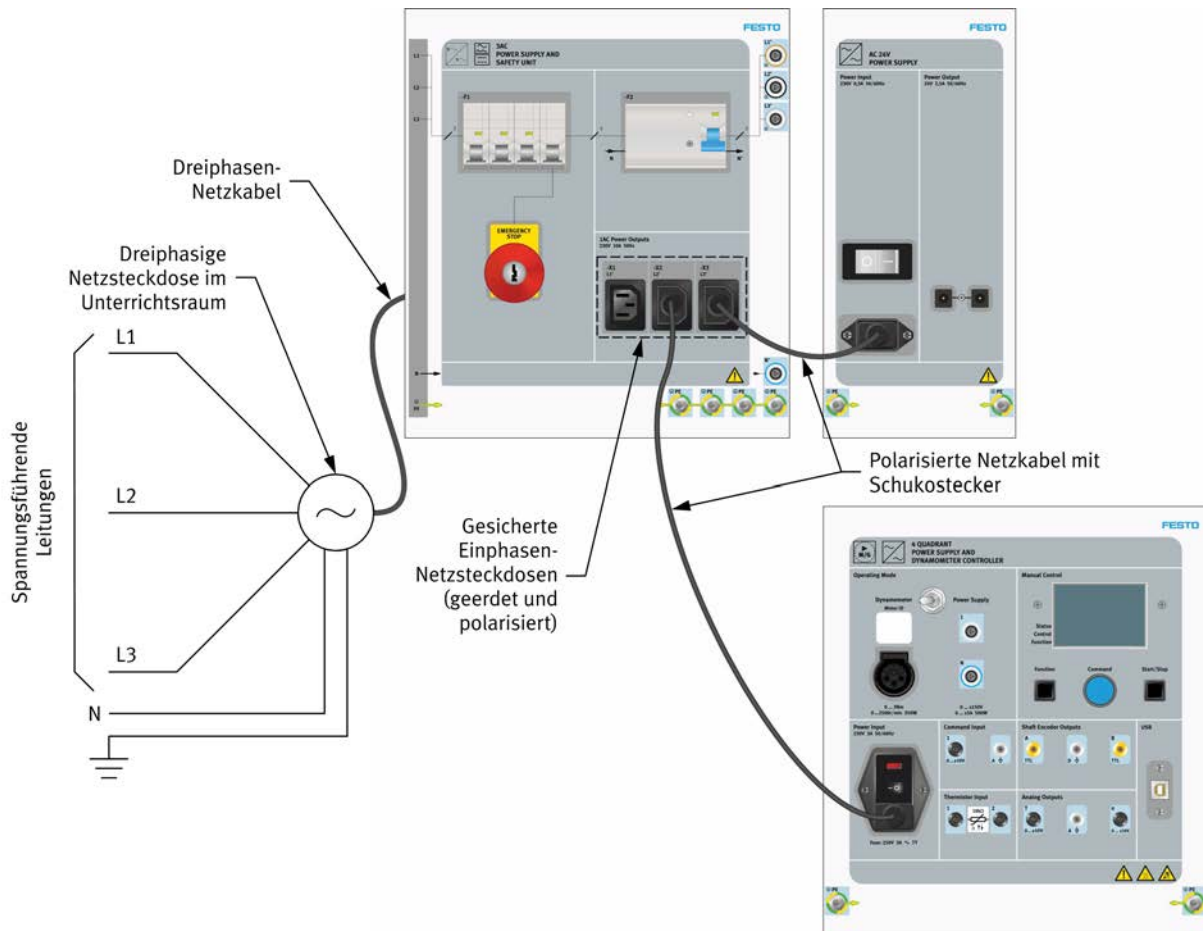


Abbildung 3: Einphasige Geräte, die über eine dreiphasige Stromversorgung an eine Wechselstromsteckdose angeschlossen sind.

Anweisungen zur Schutzterdung

Für Geräte von Festo Didactic

Bevor Sie Geräte verwenden, die ausschließlich von Festo Didactic bereitgestellt werden, führen Sie stets das in diesem Abschnitt beschriebene Verfahren zur Schutzterdung durch.

Die Schutzterdung der Geräte erfolgt über die Stromversorgungsmodule, darunter:

- 400-V-Drehstrom- und 230-V-Gleichstromversorgung
- 24 V Wechselstromversorgung
- Vier-Quadranten-Netzteil und Dynamometer-Steuereinheit
- Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung

Jedes Stromversorgungsmodul verfügt über zwei oder mehr Schutzleiterklemmen (PE). Diese Klemmen werden auf Erdpotenzial gehalten, wenn das Modul an eine Wechselstromsteckdose angeschlossen ist, wie im Abschnitt „Anschluss der Geräte an Wechselstromsteckdosen“ erläutert.

Wie die Stromversorgungsmodule verfügt auch jedes andere Modul der Geräte über zwei PE-Klemmen. Diese Klemmen müssen mithilfe der mitgelieferten Schutzleiterleitungen miteinander verbunden werden, um Modulstränge zu bilden. Es sind Stränge mit bis zu zwanzig in Reihe geschalteten Modulen zulässig. Jeder Strang muss anschließend mit der PE-Klemme eines Stromversorgungsmoduls verbunden werden.

HINWEIS

Wenn Sie andere Schutzleiterleitungen als die mit den Geräten mitgelieferten verwenden, müssen diese gemäß EN 60204-1 einen Querschnitt von mindestens 1,5 mm² aufweisen.

Die Verbindung der PE-Klemmen zwischen dem bzw. den Stromversorgungsmodulen und den Trainingsmodulen zur wirksamen Schutzterdung hängt von der Anzahl der im Aufbau verwendeten Stromversorgungsmodule ab. Wird ein einzelnes Stromversorgungsmodul verwendet, verbinden Sie die Modulstränge der Trainingsmodule mit den PE-Klemmen des Stromversorgungsmoduls, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

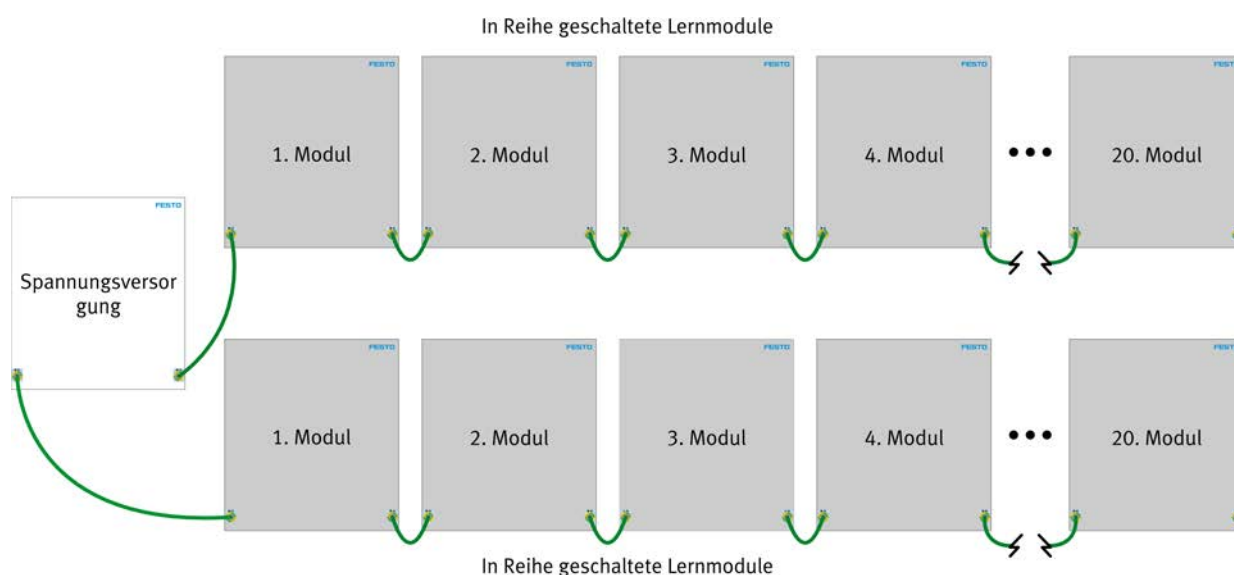


Abbildung 4: Schutzterdung in einem Aufbau mit einem einzelnen Stromversorgungsmodul.

Werden zwei Stromversorgungsmodule verwendet, verbinden Sie eine PE-Klemme des ersten Stromversorgungsmoduls mit einer PE-Klemme des zweiten. Verbinden Sie anschließend die Modulstränge der Trainingsmodule mit den verbleibenden verfügbaren PE-Klemmen der Stromversorgungsmodule, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

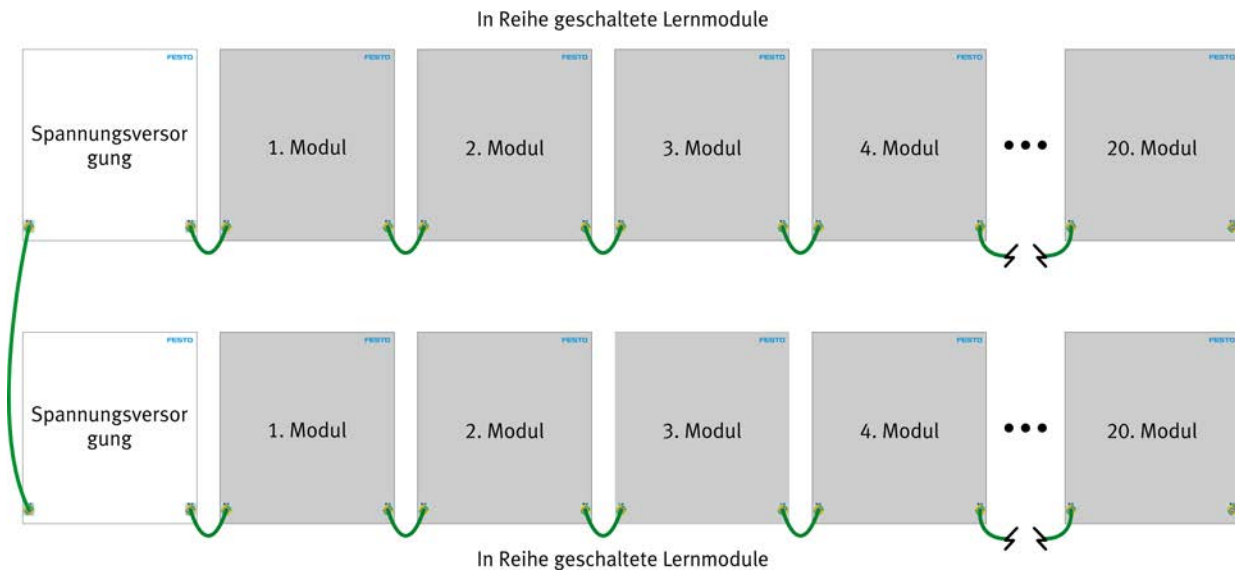


Abbildung 5: Schutzterdung in einem Aufbau mit zwei Stromversorgungsmodulen.

Werden drei Stromversorgungsmodulen verwendet, verbinden Sie eine PE-Klemme des ersten Stromversorgungsmoduls mit einer PE-Klemme des zweiten. Verbinden Sie anschließend eine zweite PE-Klemme des zweiten Stromversorgungsmoduls mit einer PE-Klemme des dritten. Verbinden Sie schließlich die Modulstränge der Trainingsmodule mit den verbleibenden verfügbaren PE-Klemmen der Stromversorgungsmodule, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

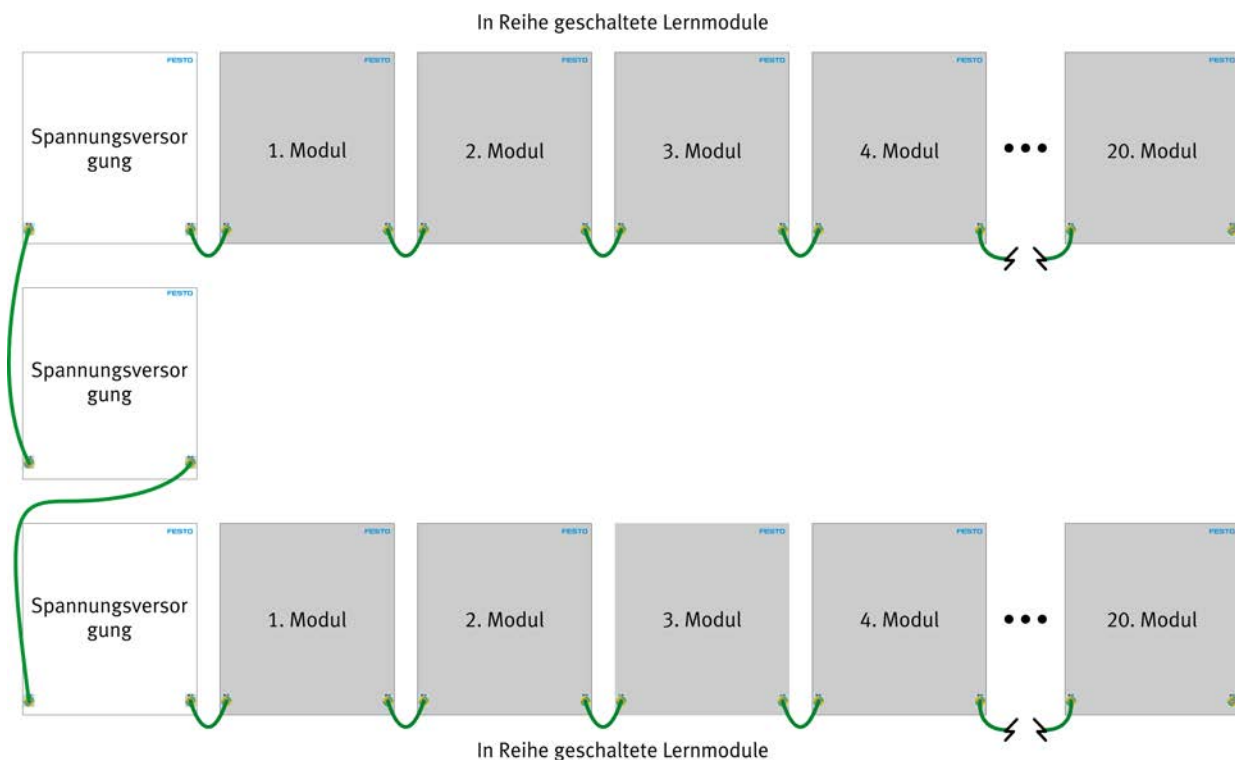


Abbildung 6: Schutzterdung in einem Aufbau mit drei Stromversorgungsmodulen.

Für Geräte von Festo Didactic in Kombination mit Geräten anderer Hersteller

Bevor Sie Geräte von Festo Didactic oder anderer Hersteller verwenden, führen Sie stets das in diesem Abschnitt beschriebene Verfahren zur Schutzerdung durch.

Jede Schutzerdungsklemme der Geräte besteht aus einem 6-mm-POAG-Stehbolzeneinsatz, der in einer grünen Sicherheitslaborbuchse montiert ist. Der POAG-Stehbolzeneinsatz ist ein Steckanschluss in Stiftform, der verhindert, dass eine Schutzerdungsklemme mithilfe der mitgelieferten Leitungen mit einer Sicherheitslaborbuchse verbunden wird. Diese Konstruktion macht es unmöglich, eine Schutzerdungsklemme mit einer spannungsführenden Klemme (z. B. einer Klemme mit 230 V) zu verbinden, wodurch das Risiko ausgeschlossen wird, Spannung an die Metallgehäuse der Geräte anzulegen, und die damit verbundene Gefahr eines elektrischen Schlags vermieden wird.

Bei Geräten anderer Hersteller bestehen die Schutzerdungsklemmen häufig aus Sicherheitslaborbuchsen (typischerweise grün). Dies verhindert die Verwendung der mitgelieferten Leitungen, um solche Geräte mit dem Schutzerdungssystem von Festo Didactic zu verbinden. In diesem Fall empfiehlt Festo Didactic, die Geräte durch den Einbau eines POAG-Stehbolzeneinsatzes in jede Schutzerdungsklemme nachzurüsten. Dadurch werden einfache Erdungsverbindungen zwischen Geräten von Festo Didactic und Geräten anderer Hersteller ermöglicht und das Risiko eines elektrischen Schlags durch unbeabsichtigte Verbindung einer Schutzerdungsklemme mit einer spannungsführenden Klemme ausgeschlossen. POAG-Stehbolzeneinsatz-Sets für solche Nachrüstungen können bei Festo Didactic unter der Bestellnummer 8067500 bestellt werden (Set aus POAG-Stehbolzeneinsätzen mit Innensechskantschlüssel und Montageanleitung).

Alternativ können die POAG-Stehbolzeneinsätze aus den Schutzerdungsklemmen der Geräte (mit einem handelsüblichen Innensechskantschlüssel) entfernt werden, um mit den mitgelieferten Leitungen Erdungsverbindungen zu Geräten anderer Hersteller herzustellen. Festo Didactic rät jedoch von dieser Vorgehensweise ab, da dadurch die Möglichkeit besteht, eine Schutzerdungsklemme mit einer spannungsführenden Klemme zu verbinden, wodurch erneut das Risiko entsteht, Spannung an die Metallgehäuse der Geräte anzulegen, sowie die damit verbundene Gefahr eines elektrischen Schlags.

	 WARNUNG
	Gefahr eines elektrischen Schlags beim Betrieb der Geräte ohne POAG-Stehbolzeneinsätze in den Schutzerdungsklemmen! • Das Entfernen der POAG-Stehbolzeneinsätze aus den Schutzerdungsklemmen erhöht das Risiko eines elektrischen Schlags durch eine mögliche unbeabsichtigte Verbindung einer Schutzerdungsklemme mit einer spannungsführenden Klemme. • Entfernen Sie POAG-Stehbolzeneinsätze nur, wenn dies unbedingt erforderlich ist, um Schutzerdungsverbindungen zu Geräten anderer Hersteller herzustellen. • Um in solchen Fällen das Risiko eines elektrischen Schlags zu minimieren, lassen Sie die Schutzerdungsverbindungen vor dem Anlegen der elektrischen Versorgung stets von einer qualifizierten Person (z. B. einer Lehrkraft oder Laboraufsicht) überprüfen.

Aufbau rotierender Maschinen

Die Geräte umfassen mehrere rotierende Maschinen, die auf drei Arten aufgebaut werden können:

1. **Nebeneinander.** Die Maschinen werden nebeneinander aufgebaut und mithilfe eines Zahnriemens gekoppelt.
2. **In Reihe.** Die Maschinen sind ausgerichtet und direkt gekoppelt. Dieser Aufbau wird häufig mit einem Vier-Quadranten-Antrieb/Dynamometer verwendet und kommt im Kurs „Basic Motor Control Technology“ zum Einsatz.
3. **Stand-alone-Betrieb.** Die meisten Maschinen können auch unabhängig betrieben werden.

Die folgenden Unterabschnitte erläutern, wie jede Konfiguration aufgebaut wird.

Aufbau rotierender Maschinen nebeneinander

Einige rotierende Maschinen sind für den nebeneinanderliegenden Aufbau ausgelegt. Jede verfügt über eine Zahnriemenscheibe auf der Welle zur mechanischen Kopplung mit einem Antrieb – z. B. dem Vier-Quadranten-Dynamometermotor – mithilfe eines Zahnriemens.

Das folgende Verfahren erläutert, wie eine Nebeneinander-Konfiguration aufgebaut wird, wie die rotierende Maschine mithilfe eines Zahnriemens mit dem Antrieb gekoppelt wird und wie die Schutzabdeckung montiert wird, um einen Kontakt mit beweglichen Teilen zu verhindern.

	 WARNUNG
	Trennen Sie vor dem Koppeln rotierender Maschinen stets die Stromversorgung. Andernfalls können die Maschinen unerwartet anlaufen und schwere Verletzungen an Händen oder Armen verursachen.

1. Stellen Sie den Antrieb auf einer horizontalen Fläche in der Nähe des A4-Arbeitsplatzes auf, in der sich die übrigen Geräte befinden. Diese Positionierung erleichtert die Verbindung mit den Geräten.



Wenn der Antrieb bereits in der Nähe des A4-Arbeitsplatzes positioniert ist, stellen Sie sicher, dass er von jeder Stromversorgung getrennt ist.

Richten Sie den Antrieb so aus, dass seine Riemenscheibe zu Ihnen zeigt.

2. Identifizieren Sie die für den Laborversuch erforderliche rotierende Maschine und stellen Sie sicher, dass eine Zahnriemenscheibe auf ihrer Welle montiert ist.

Stellen Sie die rotierende Maschine auf der Arbeitsfläche rechts neben dem Antrieb auf.



Wenn die rotierende Maschine bereits rechts neben dem Antrieb positioniert ist, stellen Sie sicher, dass sie von allen im A4-Arbeitsplatz installierten Geräten getrennt ist.

Richten Sie die rotierende Maschine so aus, dass ihre Riemenscheibe zu Ihnen zeigt.

3. Beachten Sie, dass auf der rechten Seite der Grundplatte des Antriebs zwei Führungsstifte montiert sind und sich auf der linken Seite der Grundplatte der rotierenden Maschine zwei Führungsschlitze befinden.

Schieben Sie die rotierende Maschine in Richtung des Antriebs, bis die Führungsstifte vollständig in die Führungsschlitze eingreifen (siehe folgende Abbildung). Die Maschinen sind korrekt aufgebaut, wenn ihre Grundplatten über die gesamte Länge vollflächig aneinander anliegen.

	 VORSICHT
	Versuchen Sie niemals, zwei rotierende Maschinen gemeinsam anzuheben, da dies zu Verletzungen oder Geräteschäden führen kann.

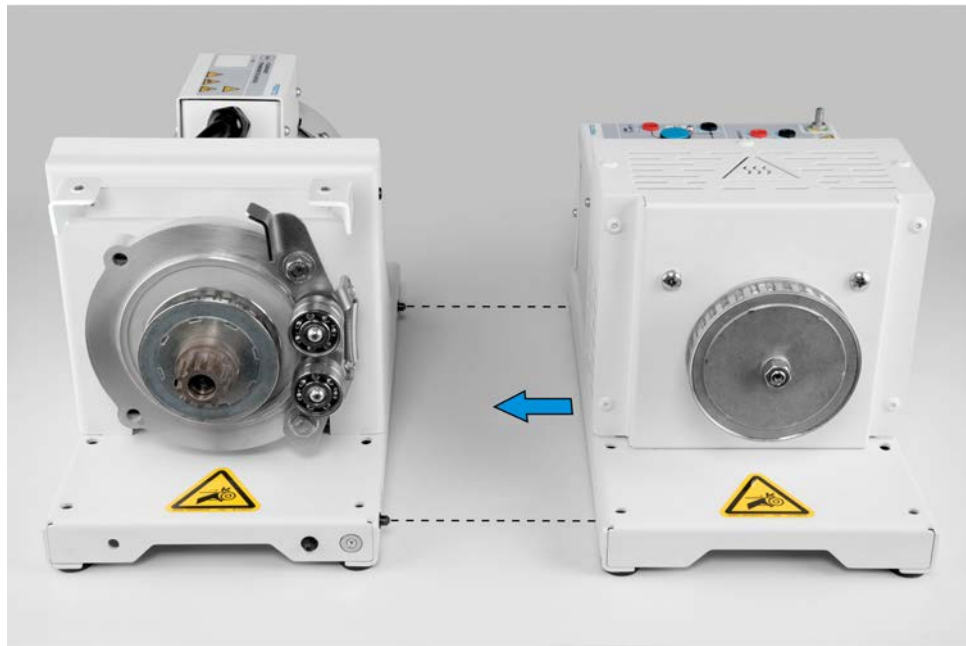


Abbildung 7: Nebeneinanderliegender Aufbau des Antriebs und einer rotierenden Maschine.

4. Legen Sie ein Ende eines Zahnriemens der richtigen Länge um die Zahnriemensscheibe des Antriebs (siehe (a) in der folgenden Abbildung). Legen Sie dann das andere Ende des Riemens um die Zahnriemensscheibe der rotierenden Maschine (siehe (b) in der folgenden Abbildung).
5. Ziehen Sie den Zahnriemen an der in (c) der folgenden Abbildung gezeigten Stelle mit einer leichten Drehbewegung zu sich. Drücken Sie mit der anderen Hand das untere Lager des Riemenspanners am Antrieb nach unten, wie in (d) gezeigt. Schieben Sie den Riemen dann in Richtung der Maschinen, sodass er auf dem unteren Lager aufliegt (siehe (e) in der folgenden Abbildung).
6. Ziehen Sie den Zahnriemen an der in (f) der folgenden Abbildung gezeigten Stelle mit einer leichten Drehbewegung zu sich. Heben Sie mit einem Finger der anderen Hand das obere Lager des Riemenspanners am Antrieb an, indem Sie den Metallhebel wie in (g) gezeigt nach oben drücken. Schieben Sie den Riemen dann in Richtung der Maschinen, sodass er unter das obere Lager gleitet (siehe (h) in der folgenden Abbildung).

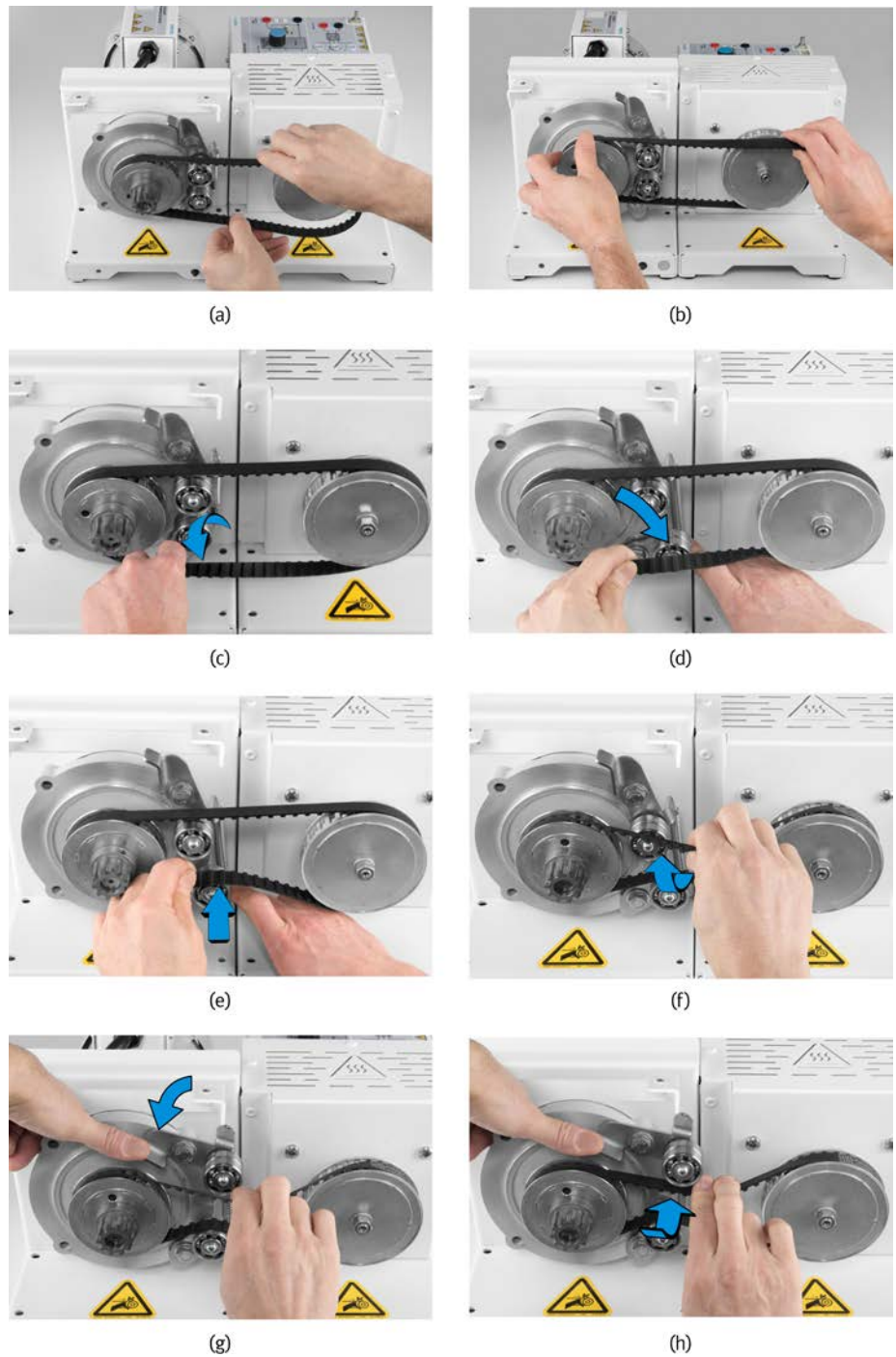


Abbildung 8: Mechanische Kopplung einer rotierenden Maschine mit dem Antrieb mithilfe eines Zahnriemens.

7. Um zu bestätigen, dass der Zahnriemen die richtige Länge hat und korrekt montiert ist, drehen Sie die Welle des Antriebs oder der rotierenden Maschine von Hand. Der Zahnriemen ist korrekt montiert, wenn sich beide Maschinen drehen und beide Lager des Riemenspanners den Riemen spannen. Der Zahnriemen muss außerdem über seine gesamte Breite an beiden Lagern anliegen. Siehe folgende Abbildung.

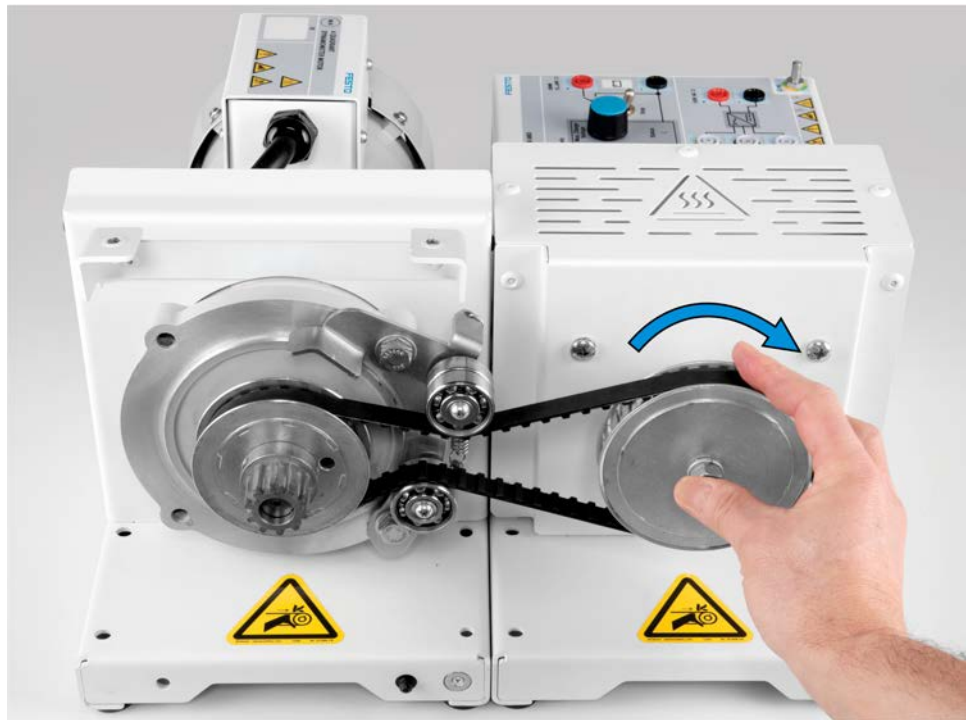


Abbildung 9: Um die korrekte Montage des Zahnriemens zu überprüfen, drehen Sie die Welle des Antriebs oder der rotierenden Maschine von Hand. Beide Maschinen müssen sich drehen, und beide Lager des Riemenspanners müssen den Riemen spannen.

8. Ein Endschalter (siehe folgende Abbildung) in der Grundplatte jeder rotierenden Maschine, einschließlich des Antriebs, verhindert den Betrieb, solange keine Schutzabdeckung montiert ist. Diese Schutzabdeckung hilft, Verletzungen durch unbeabsichtigten Kontakt mit rotierenden Teilen zu vermeiden.



Abbildung 10: Ein Endschalter in der Grundplatte jeder rotierenden Maschine verhindert den Betrieb, solange keine Schutzabdeckung korrekt montiert ist.

9. Suchen Sie die Schutzabdeckung für nebeneinander aufgestellte rotierende Maschinen. Beachten Sie die Führungsstifte an der Unterseite der Abdeckung (siehe folgende Abbildung).

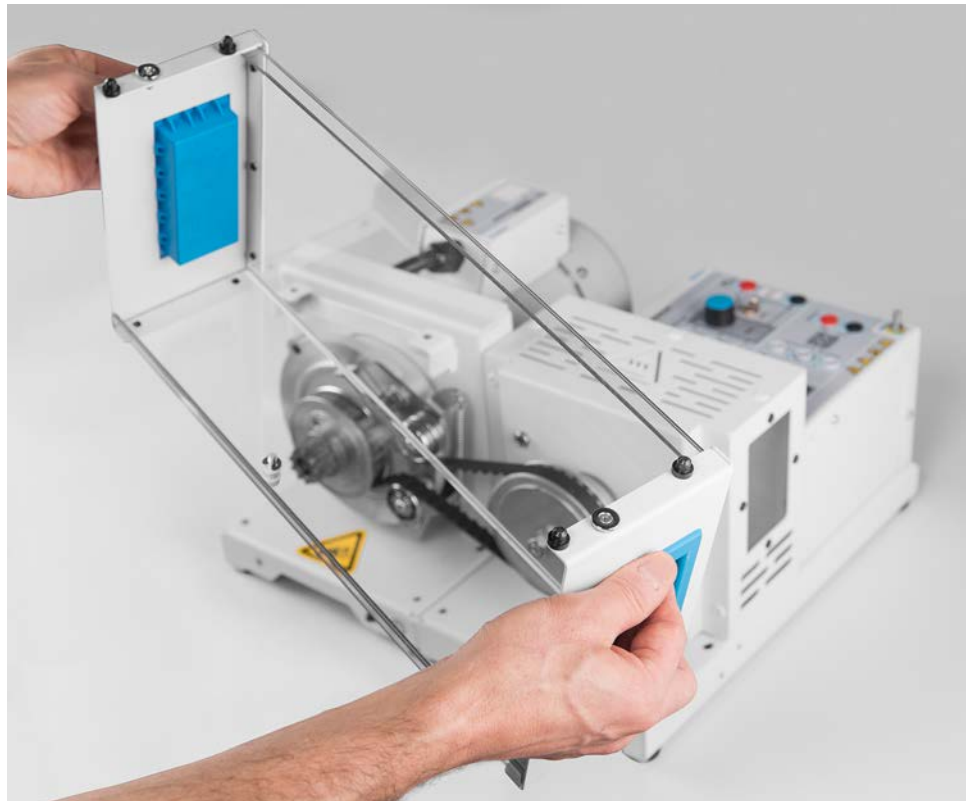


Abbildung 11: Führungsstifte an der Unterseite der Schutzabdeckung für nebeneinander aufgestellte rotierende Maschinen.

10. Um die Schutzabdeckung am Antrieb und an der rotierenden Maschine zu montieren, richten Sie die Führungsstifte der Abdeckung an den Löchern in den Grundplatten beider Maschinen aus. Setzen Sie die Abdeckung in die Grundplatten ein (siehe folgende Abbildung). Stellen Sie sicher, dass alle Führungsstifte vollständig in die Löcher der Grundplatten eingreifen.

Ziehen Sie mit dem mitgelieferten Innensechskantschlüssel die obere Schraube der Schutzabdeckung in das entsprechende Gewindeloch am Rahmen des Antriebs fest, um die Abdeckung zu sichern.

Durch die Montage der Schutzabdeckung am Antrieb und an der rotierenden Maschine wird der Endschalter in jeder Grundplatte betätigt, wodurch beide Maschinen betrieben werden können.

	 WARNUNG
	Durch unbeabsichtigten Kontakt mit beweglichen Teilen rotierender Maschinen, die ohne eine mit der oberen Schraube gesicherte Schutzabdeckung betrieben werden, können schwere Verletzungen entstehen. Betreiben Sie rotierende Maschinen niemals ohne Schutzabdeckung oder indem Sie Gegenstände in die Löcher der Grundplatte einführen, um die Endschalter zu betätigen.

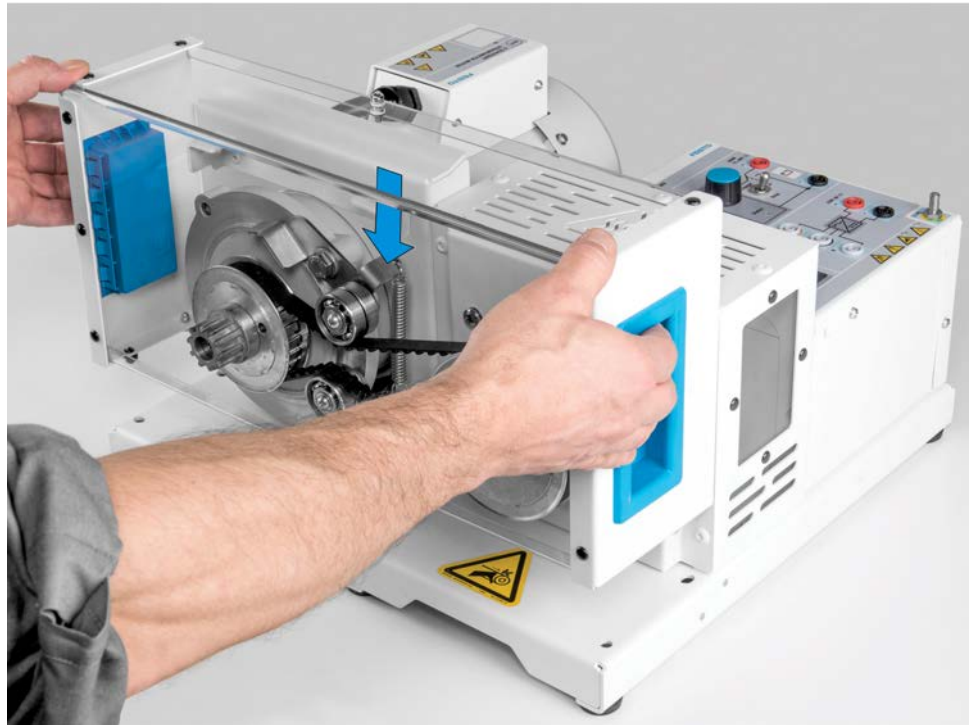


Abbildung 12: Montage der Schutzabdeckung an nebeneinander aufgestellten rotierenden Maschinen.

Aufbau rotierender Maschinen in Reihe

Mehrere rotierende Maschinen sind für eine Inline-Anordnung ausgelegt. Eine Zahnkupplung am Ende der Welle jeder Maschine ermöglicht eine direkte mechanische Verbindung mit einer Antriebsmaschine, z. B. dem Vier-Quadranten-Dynamometermotor oder der Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine.

Die folgende Schritt-für-Schritt-Anleitung beschreibt, wie eine rotierende Maschine korrekt in Linie mit einer Antriebsmaschine aufgebaut, mechanisch gekoppelt und eine Schutzabdeckung installiert wird, um einen unbeabsichtigten Kontakt mit rotierenden Teilen zu verhindern.

	 WARNUNG
	Stellen Sie vor dem Kuppeln rotierender Maschinen sicher, dass diese vollständig von allen elektrischen Stromquellen getrennt sind, um ein unbeabsichtigtes Anlaufen zu verhindern, das zu schweren Verletzungen an Händen oder Armen führen kann.

1. Platzieren Sie die Antriebsmaschine auf einer horizontalen Fläche in der Nähe des A4-Arbeitsplatzes, an dem sich die übrige Ausrüstung befindet. Diese Positionierung erleichtert die Verbindung zwischen den Modulen.



Wenn die Antriebsmaschine bereits in der Nähe des A4-Arbeitsplatzes positioniert ist, stellen Sie sicher, dass sie von jeder Stromversorgung getrennt ist.

Richten Sie die Antriebsmaschine so aus, dass ihre Welle zur rechten Seite der Arbeitsfläche zeigt.

2. Identifizieren Sie die für den Laborversuch benötigte rotierende Maschine und stellen Sie sicher, dass am Ende ihrer Welle ein Zahnrad angebracht ist.

Platzieren Sie die rotierende Maschine auf der Arbeitsfläche rechts neben der Antriebsmaschine.



Wenn die rotierende Maschine bereits rechts neben der Antriebsmaschine positioniert ist, stellen Sie sicher, dass sie von allen im A4-Arbeitsplatz installierten Geräten getrennt ist.

Richten Sie die rotierende Maschine so aus, dass ihre Welle zur Antriebsmaschine zeigt.

3. Beachten Sie, dass die Vorderseite der Grundplatte der Antriebsmaschine einen Führungsstift und eine Führungsbohrung aufweist. Die Grundplatte der rotierenden Maschine besitzt an ihrer Vorderseite ebenfalls einen Führungsstift und eine Führungsbohrung. Richten Sie die rotierende Maschine zur Antriebsmaschine aus, sodass die Führungsstifte in die entsprechenden Führungsbohrungen greifen (siehe folgende Abbildung).

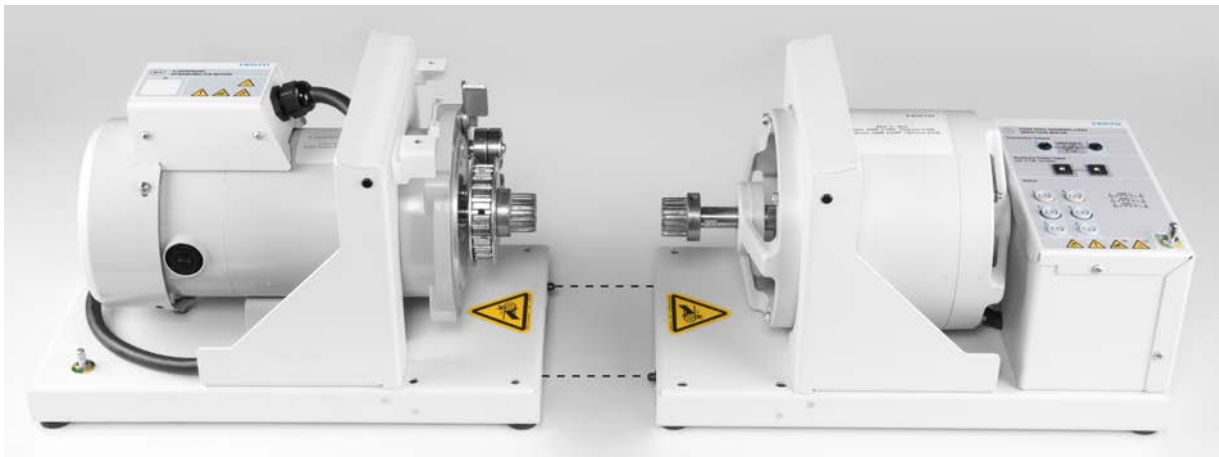


Abbildung 13: Ausrichten der rotierenden Maschine zur Antriebsmaschine.

4. Schieben Sie die mit der Ausrüstung gelieferte Direktkupplung auf das am Wellenende der Antriebsmaschine angebrachte Zahnrad.

Schieben Sie die rotierende Maschine in Richtung der Antriebsmaschine, sodass das Zahnrad auf ihrer Welle in die Direktkupplung greift (gegebenenfalls muss die Kupplung leicht verdreht werden) und die Führungsstifte vollständig in die Führungsbohrungen eingreifen (siehe folgende Abbildung). Die Maschinen sind korrekt installiert, wenn ihre Grundplatten über die gesamte Breite vollflächig aufliegen.

	 VORSICHT
	Versuchen Sie niemals, zwei rotierende Maschinen gemeinsam anzuheben, da dies zu Verletzungen oder zu Schäden an der Ausrüstung führen kann.

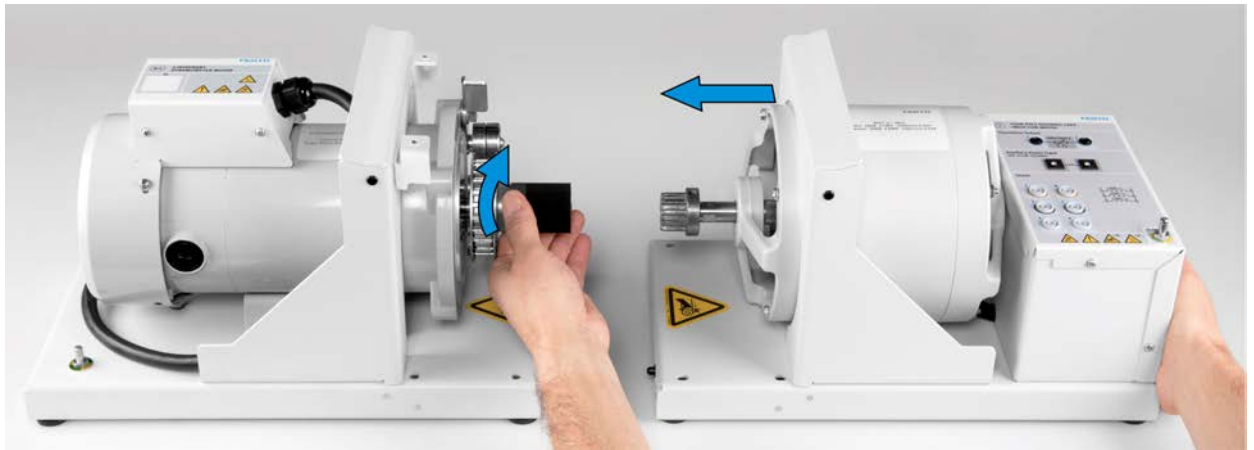


Abbildung 14: Mechanisches Kuppeln einer rotierenden Maschine mit der Antriebsmaschine mithilfe einer Direktkupplung.

5. Ein Endschalter (siehe folgende Abbildung) in der Grundplatte jeder rotierenden Maschine, einschließlich der Antriebsmaschine, verhindert den Betrieb, solange keine Schutzabdeckung installiert ist. Die Schutzabdeckung trägt dazu bei, Verletzungen durch unbeabsichtigten Kontakt mit rotierenden Teilen zu verhindern.



Abbildung 15: Ein Endschalter in der Grundplatte jeder rotierenden Maschine verhindert den Betrieb, solange keine Schutzabdeckung ordnungsgemäß installiert ist.

6. Suchen Sie die Schutzabdeckung für Inline-rotierende Maschinen. Beachten Sie die Führungsstifte an der Unterseite der Schutzabdeckung (siehe folgende Abbildung).



Abbildung 16: Führungsstifte an der Unterseite der Schutzabdeckung für Inline-rotierende Maschinen.

7. Zum Installieren der Schutzabdeckung auf der Antriebsmaschine und der rotierenden Maschine richten Sie die Führungsstifte der Schutzabdeckung an den Bohrungen in den Grundplatten beider Maschinen aus. Setzen Sie die Schutzabdeckung vollständig in die Grundplatten ein (siehe folgende Abbildung) und stellen Sie sicher, dass alle Führungsstifte vollständig eingerastet sind.

Ziehen Sie mit dem mitgelieferten Inbusschlüssel die obere Schraube der Schutzabdeckung in die entsprechende Bohrung am Rahmen der Antriebsmaschine fest, um die Schutzabdeckung zu sichern.

Wenn die Schutzabdeckung installiert ist, betätigt sie den Endschalter in der Grundplatte jeder Maschine und ermöglicht so den Betrieb beider Maschinen.

	 WARNUNG
	Schwere Verletzungen können durch unbeabsichtigten Kontakt mit bewegten Teilen entstehen, wenn rotierende Maschinen ohne die durch die obere Schraube gesicherte Schutzabdeckung betrieben werden. Betreiben Sie rotierende Maschinen niemals ohne Schutzabdeckung und aktivieren Sie die Endschalter niemals, indem Sie Gegenstände in die Bohrungen der Grundplatten einsetzen.

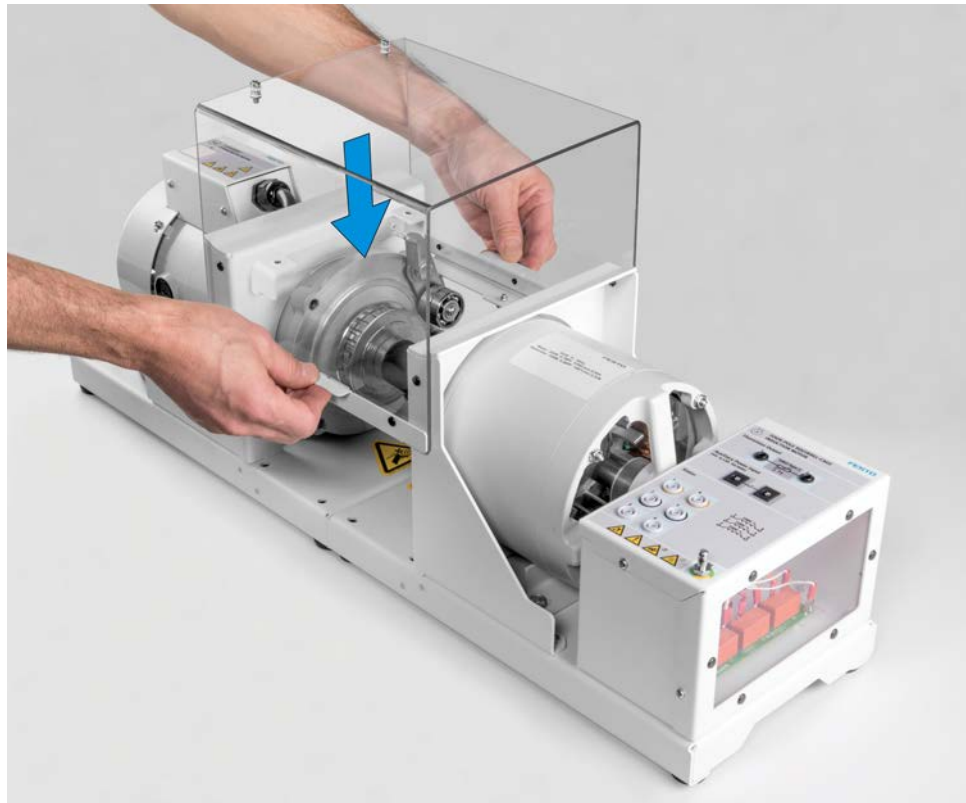


Abbildung 17: Installieren der Schutzabdeckung auf Inline-rotierenden Maschinen.

Einrichten einer rotierenden Maschine für den Stand-alone-Betrieb

Die meisten rotierenden Maschinen der Ausrüstung können unabhängig betrieben werden. Die folgende Schritt-für-Schritt-Anleitung erklärt, wie eine rotierende Maschine korrekt für den Stand-alone-Betrieb konfiguriert wird. Außerdem wird gezeigt, wie eine Schutzabdeckung installiert wird, um einen unbeabsichtigten Kontakt mit rotierenden Teilen zu verhindern.

1. Suchen Sie die für den Laborversuch benötigte rotierende Maschine.
2. Platzieren Sie die rotierende Maschine auf einer horizontalen Fläche in der Nähe des A4-Arbeitsplatzes, an dem sich die übrige Ausrüstung befindet. Diese Positionierung erleichtert die Verbindung mit der Ausrüstung.



Wenn die rotierende Maschine bereits in der Nähe des A4-Arbeitsplatzes positioniert ist, stellen Sie sicher, dass sie von allen im Arbeitsplatz installierten Geräten getrennt ist.

Stellen Sie sicher, dass die rotierende Maschine so ausgerichtet ist, dass ihre Riemenscheibe zu Ihnen zeigt.

3. Ein Endschalter (siehe folgende Abbildung) in der Grundplatte jeder rotierenden Maschine, einschließlich des Vier-Quadranten-Dynamometermotors, verhindert den Betrieb, solange keine Schutzabdeckung installiert ist. Die Schutzabdeckung trägt dazu bei, Verletzungen durch unbeabsichtigten Kontakt mit rotierenden Teilen zu verhindern.



Abbildung 18: Ein Endschalter in der Grundplatte jeder rotierenden Maschine verhindert den Betrieb, solange keine Schutzabdeckung ordnungsgemäß installiert ist.

4. Suchen Sie die Schutzabdeckung für Stand-alone-rotierende Maschinen. Beachten Sie die Führungsstifte an der Unterseite der Schutzabdeckung (siehe folgende Abbildung).

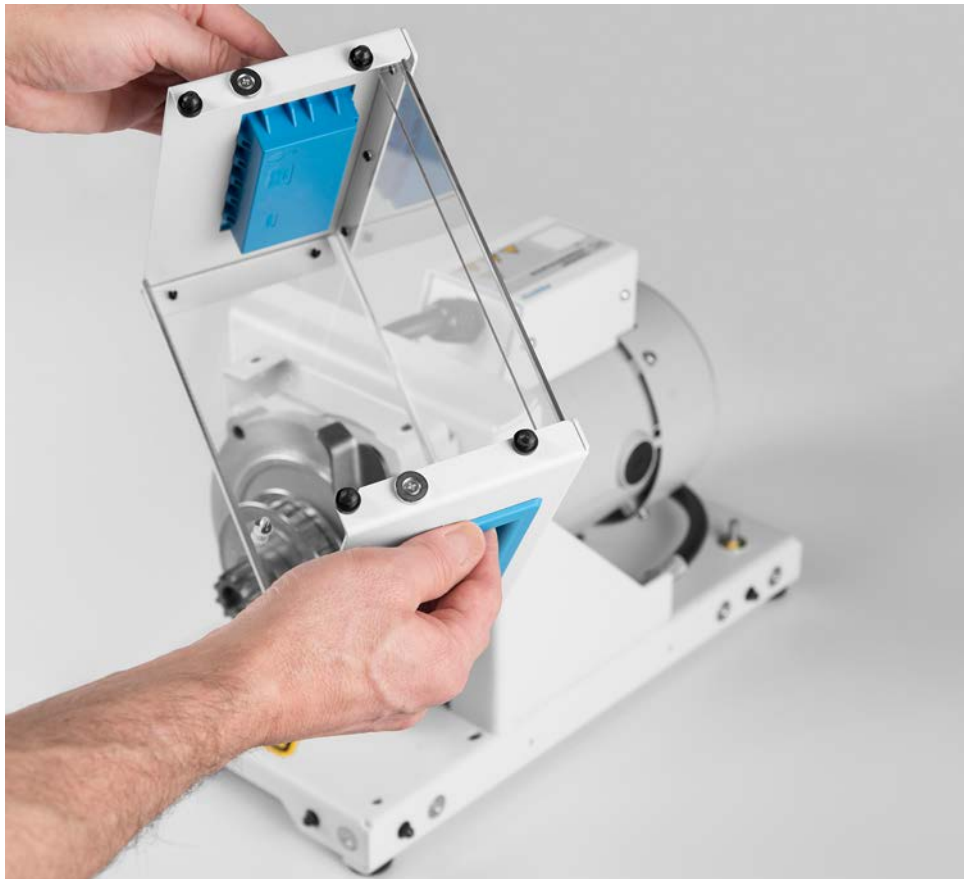


Abbildung 19: Führungsstifte an der Unterseite der Schutzabdeckung für eine Stand-alone-Maschine.

5. Zum Installieren der Schutzabdeckung auf der rotierenden Maschine richten Sie die Führungsstifte der Schutzabdeckung an den Bohrungen in der Grundplatte der Maschine aus und setzen Sie die Schutzabdeckung anschließend in die Grundplatte ein (siehe folgende Abbildung). Die Schutzabdeckung ist korrekt installiert, wenn alle Führungsstifte vollständig in die Bohrungen der Grundplatte eingreifen. Durch das Installieren der Schutzabdeckung wird der in der Grundplatte befindliche Endschalter betätigt, sodass die Maschine betrieben werden kann.

 WARNUNG	
	Schwere Verletzungen können durch unbeabsichtigten Kontakt mit bewegten Teilen entstehen, wenn eine rotierende Maschine ohne Schutzabdeckung betrieben wird. Betreiben Sie eine rotierende Maschine niemals ohne Schutzabdeckung und aktivieren Sie den Endschalter niemals, indem Sie einen Gegenstand in die Bohrung der Grundplatte einsetzen.

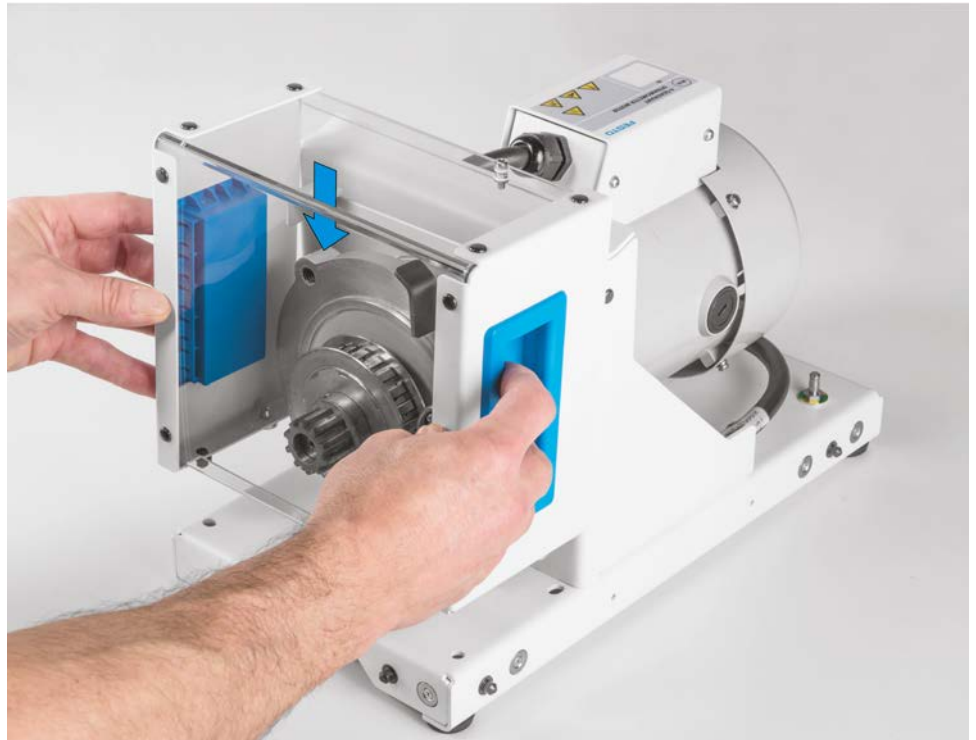


Abbildung 20: Installieren der Schutzabdeckung auf einer Stand-alone-rotierenden Maschine.

Entkuppeln rotierender Maschinen

Die folgende Schritt-für-Schritt-Anleitung erklärt, wie rotierende Maschinen sicher entkuppelt werden.

	 WARNUNG
	Stellen Sie vor dem Entkuppeln rotierender Maschinen sicher, dass diese vollständig von allen elektrischen Stromquellen getrennt sind, um ein unbeabsichtigtes Anlaufen zu verhindern, das zu schweren Verletzungen an Händen oder Armen führen kann.

1. Schalten Sie alle elektrischen Stromquellen im System aus.
2. Entfernen Sie alle Verbindungen von den rotierenden Maschinen.
3. Lösen Sie mit dem mitgelieferten Inbusschlüssel die obere Schraube der Schutzabdeckung. Entfernen Sie die Schutzabdeckung von den rotierenden Maschinen, indem Sie sie nach oben abheben, und legen Sie sie anschließend an ihren Aufbewahrungsort zurück.

4. Wenn die rotierenden Maschinen mit einem Zahnriemen gekoppelt sind, fahren Sie mit dem nächsten Schritt fort. Andernfalls fahren Sie mit diesem Schritt fort.

Schieben Sie eine der rotierenden Maschinen seitlich, bis das Zahnrad am Ende ihrer Welle aus der Direktkupplung ausrastet (siehe folgende Abbildung). Entfernen Sie die Direktkupplung von der Welle der Maschine und legen Sie sie an ihren Aufbewahrungsort zurück.

Fahren Sie mit dem letzten Schritt des Verfahrens fort.

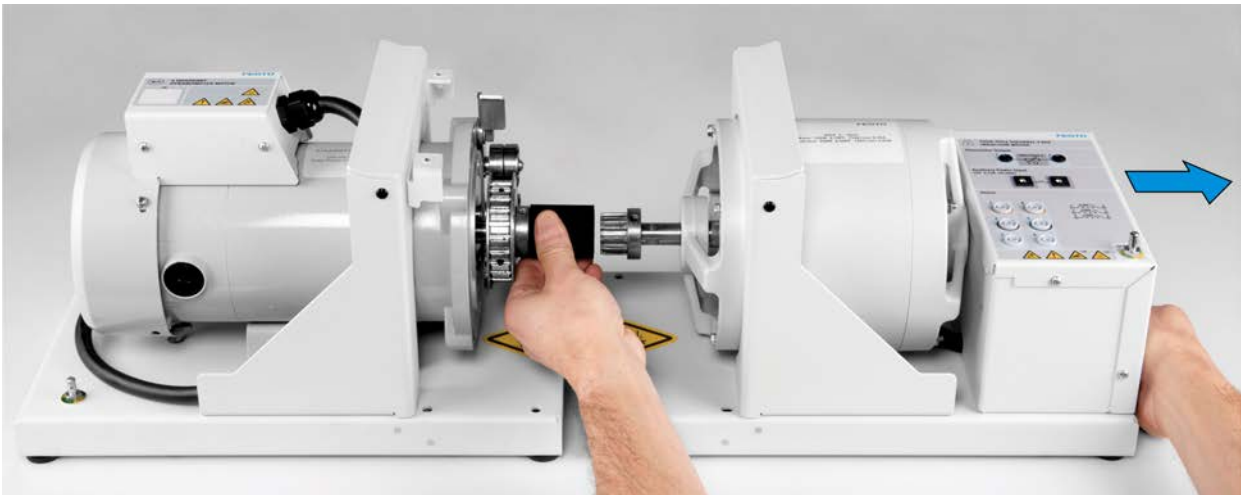
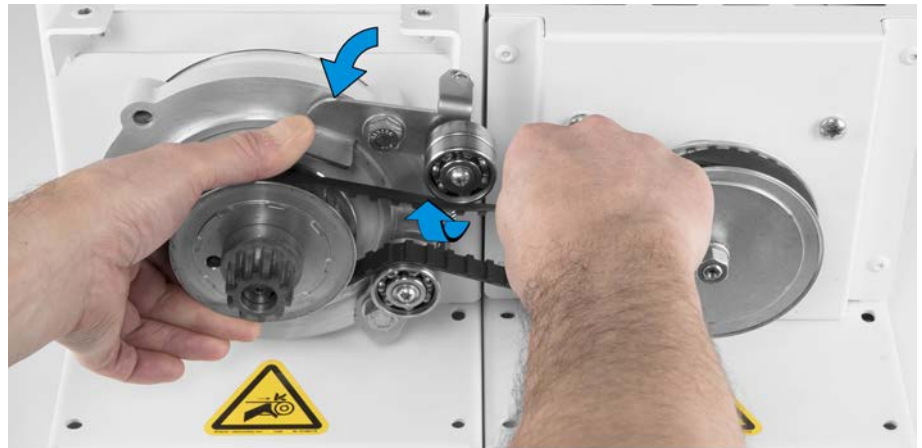


Abbildung 21: Entkuppeln von Inline-rotierenden Maschinen.

5. Heben Sie das obere Lager des Riemenspanners an der Antriebsmaschine an, indem Sie den Metallhebel mit einer Hand drücken, wie in (a) der folgenden Abbildung gezeigt. Ziehen Sie mit der anderen Hand den Zahnriemen an der in (a) gezeigten Stelle zu sich, bis er von den Spannrollenlagern abrutscht. Entfernen Sie anschließend den Zahnriemen von den Zahnriemenscheiben beider rotierenden Maschinen (siehe (b) der folgenden Abbildung) und legen Sie ihn an seinen Aufbewahrungsort zurück.



(a)



(b)

Abbildung 22: Entkuppeln nebeneinander angeordneter rotierender Maschinen.

Schnellstart

Dieser Abschnitt enthält eine Schnellstartanleitung zum Installieren der Ausrüstung und zum Einschalten der Stromversorgung zu Beginn einer Aufgabe. Außerdem enthält er ein allgemeines Verfahren zum Ausschalten, Trennen und Entfernen der Ausrüstung am Ende der Einheit.

HINWEIS

Die im Abschnitt „Überprüfen der elektrischen Installation im Laborunterricht“ beschriebenen Prüfschritte müssen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Ausrüstung ordnungsgemäß durch die Stromversorgungsmodule versorgt wird. Andernfalls kann es zu Schäden an der Ausrüstung kommen.

Installieren und Einschalten der Geräte

1. Stellen Sie sicher, dass Sie vor der Verwendung der Geräte die Anweisungen im Abschnitt Sicherheitsvorkehrungen dieses Dokuments gelesen und verstanden haben.

2. Installieren Sie alle für Ihre Aufgabe erforderlichen Module je nach Modul im oder in der Nähe des A4-Arbeitsplatzes. Ziehen Sie bei Bedarf den Abschnitt Handhabung und Installation von Modulen heran.

Richten Sie jede für Ihre Aufgabe erforderliche rotierende Maschine gemäß den Anweisungen im Abschnitt Einrichten rotierender Maschinen ein.

3. Stellen Sie die erforderlichen Schutzerdungsverbindungen gemäß den Anweisungen im Abschnitt Anweisungen zur Schutzerdung her.

4. Stellen Sie sicher, dass alle Stromversorgungsmodule ausgeschaltet sind.

Schließen Sie jedes Stromversorgungsmodul an eine ordnungsgemäß abgesicherte Wechselstromsteckdose an. Ziehen Sie bei Bedarf den Abschnitt Anschließen der Geräte an Wechselstromsteckdosen zu Rate.

5. Verbinden Sie die Geräte entsprechend den Anforderungen Ihrer Aufgabe ausschließlich mit den mitgelieferten Sicherheitsverbindungsleitungen.

	 WARNUNG
	Verwenden Sie keine Verbindungsleitungen anderer Hersteller. Verwenden Sie stets die mitgelieferten Leitungen, da deren spannungsführende Teile verdeckt und isoliert sind, um unbeabsichtigten Kontakt zu verhindern und so einen sicheren Anschluss der Geräte sowie Schutz vor elektrischem Schlag zu gewährleisten.

6. Überprüfen Sie die Anschlüsse Ihrer Geräte.

7. Schalten Sie gegebenenfalls die elektrische Versorgung an Ihrem Arbeitsplatz ein (entriegeln).



Bitten Sie bei Bedarf Ihren Ausbilder um Unterstützung.

8. Schalten Sie alle Stromversorgungsmodule ein. Sind mehrere vorhanden, gehen Sie in der Reihenfolge der Nennleistung vor und beginnen Sie mit dem Modul mit der niedrigsten Leistung.

	 WARNUNG
	Beachten Sie beim Einschalten der Geräte die folgenden Anweisungen, um das Risiko von Verletzungen durch elektrischen Schlag zu vermeiden: • Lassen Sie die Geräte niemals unbeaufsichtigt. • Sofern nicht ausdrücklich anders angegeben, verändern Sie niemals die Anschlüsse der Geräte bei eingeschalteter Stromversorgung. • Bewegen Sie niemals ein Modul bei eingeschalteter Stromversorgung.

Ausschalten, Trennen und Entfernen der Geräte

1. Schalten Sie alle Stromversorgungsmodule aus. Sind mehrere vorhanden, gehen Sie in der Reihenfolge der Nennleistung vor und beginnen Sie mit dem Modul mit der höchsten Leistung.
2. Schalten Sie gegebenenfalls die elektrische Versorgung an Ihrem Arbeitsplatz aus.
3. Trennen Sie alle Verbindungen der Geräte, und beenden Sie dabei mit den Schutzerdungsverbindungen. Entfernen Sie gegebenenfalls die Schutzabdeckung und entkuppeln Sie die rotierenden Maschinen. Legen Sie alle Geräte und Verbindungsleitungen an ihre Aufbewahrungsorte zurück.

Konformitätsangabe

Die folgenden EU-Richtlinien sind für die CE-Kennzeichnung der Geräte relevant:

- Niederspannungsrichtlinie
 - Die Niederspannungsrichtlinie verlangt, dass Produkte keine elektrischen Gefährdungen verursachen.
- Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie)
 - Die EMV-Richtlinie verlangt, dass sich elektrische Geräte nur in begrenztem Umfang gegenseitig beeinflussen.
- Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (RoHS-Richtlinie)
 - Die RoHS-Richtlinie schreibt Grenzwerte für gefährliche Stoffe wie Blei, Quecksilber, Cadmium oder Chrom vor.
- Funkanlagenrichtlinie (RED)
 - Die Funkanlagenrichtlinie schafft einen Rechtsrahmen für das Inverkehrbringen von Funkanlagen auf dem Markt sowie deren Inbetriebnahme in der EU.

Konformitätserklärungen (CE oder UKCA) für die Geräte sind auf Anfrage erhältlich.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über internationale Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und nennt die anwendbaren Normen, Geräteeinstufungen und Nutzungsbeschränkungen.

Tabelle 2: Überblick über die Konformität hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).

International	EN IEC 61326-1: Grundlegende elektromagnetische Umgebung CISPR 11: Die in diesem Benutzerhandbuch beschriebenen Geräte gehören ausschließlich zu Gruppe 1, Klasse A. • Gruppe 1: Geräte, die von dieser Norm erfasst sind und nicht als Gruppe 2 eingestuft werden. Gruppe 2: Industrie-, Wissenschafts- und Medizingeräte mit Hochfrequenz (ISM-HF), die Hochfrequenzenergie (9 kHz bis 400 GHz) absichtlich erzeugen oder nutzen und diese lokal mittels elektromagnetischer Strahlung sowie induktiver oder kapazitiver Kopplung anwenden, z. B. zur Materialbehandlung, Inspektion, Analyse oder Energieübertragung. • Klasse A: Geräte sind für den Einsatz in allen Einrichtungen außer Wohnbereichen sowie solchen, die direkt an ein Niederspannungsversorgungsnetz angeschlossen sind, das Gebäude für Wohnzwecke versorgt, geeignet. In anderen Umgebungen kann es aufgrund leitungsgebundener und abgestrahlter Störungen zu Schwierigkeiten bei der Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit kommen. • Achtung: Diese Geräte sind nicht für den Einsatz in Wohnumgebungen vorgesehen und bieten dort möglicherweise keinen ausreichenden Schutz für den Rundfunkempfang.
---------------	---

Sicherheitshinweise

Voraussetzung zur sicheren Verwendung der Geräte

Die Geräte wurden sorgfältig so konzipiert, dass die Sicherheit der Auszubildenden gewährleistet ist. Trotzdem gibt es Restrisiken, die mit technischen Lösungen nicht vermindert werden können, ohne den Lernprozess zu beeinträchtigen. Die erste und vordringlichste Sicherheitsmaßnahme, die jederzeit ergriffen werden muss, ist die ordnungsgemäße Beaufsichtigung der Auszubildenden.

Die Aufsicht und Anleitung eines qualifizierten Ausbilders sind durch nichts zu ersetzen. Auszubildende beherrschen die Thematik nur unvollständig. Sie können Fehler machen und werden höchstwahrscheinlich auch Fehler machen. Dies macht den Lernprozess wesentlich mit aus.

Der Ausbilder hat somit die Aufgabe, die Auszubildenden Fehler machen zu lassen, die sich nicht auf ihre Sicherheit auswirken, und sie gleichzeitig vor Fehlern zu bewahren, die unheilvolle Folgen haben können.

	 VORSICHT
	Beim Arbeiten mit elektrischen und mechanischen Komponenten können potenzielle Gefährdungen auftreten. Stellen Sie sicher, dass die Tätigkeiten von einer qualifizierten Fachkraft überwacht werden.

Allgemeine Warnungen

	 WARNUNG - Vergewissern Sie sich vor der Inbetriebnahme des Geräts, dass die Leitungen, die die Schutzerdungsanschlüsse der Module miteinander verbinden, einen ununterbrochenen Schutzerdungsleiter bilden. Vergewissern Sie sich außerdem, dass die Isolierung dieser Leiter nicht beschädigt ist oder entfernt wurde. - Vergewissern Sie sich vor dem Herstellen oder Ändern von Anschlüssen an den Geräten, dass das Netzteil ausgeschaltet ist. - Stellen Sie eine Schutzerdungsverbindung her, bevor Sie ein Netzteilmodul anschließen. Der Mindestquerschnitt des Schutzleiteranschlusses beträgt 1,5 mm² gemäß EN 60204-1. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt Anweisungen zur Schutzerdung. - Verwenden Sie keine Verbindungskabel anderer Hersteller. Verwenden Sie für alle Verbindungen immer die mit den Geräten gelieferten Verbindungskabel. Die stromführenden Teile dieser Kabel sind mit ihren Steckern verdeckt und so isoliert, dass sie nicht versehentlich berührt werden können, so dass ein sicherer Anschluss der Geräte ohne die Gefahr eines Stromschlags möglich ist.
	 VORSICHT - Stellen Sie die Module so auf, dass das Betätigen von Schaltern und Trenneinrichtungen nicht erschwert wird. - Tragen Sie Ihre persönliche Schutzausrüstung, wenn Sie an elektrischen Schaltungen arbeiten. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt Persönliche Schutzausrüstung (PSA).
	 VORSICHT Einige Module können bei längerem Betrieb sehr heiß werden. Um Verbrennungen zu vermeiden, warten Sie daher vor der Handhabung, bis sie sich abgekühlt haben.

	 VORSICHT
	Es besteht Verletzungsgefahr, zum Beispiel Verletzung der Bandscheibe beim Transport oder der Montage von Modulen, die mehr als 15 kg wiegen. Bitten Sie um Hilfe, oder legen Sie die Module auf der Tischplatte ab.

HINWEIS
• Installieren Sie Wärme abgebende Module stets in der obersten Reihe des Arbeitsplatzes, um eine optimale Wärmeableitung zu erreichen. Dies verhindert eine Erwärmung von Geräten, die nicht hitzebeständig konstruiert sind. • Überprüfen Sie stets das maximale Gewicht, für das der A4-Arbeitsplatz ausgelegt ist, und stellen Sie sicher, dass es nicht überschritten wird.

Schutzart gegen Eindringen (IP)

HINWEIS
Die Geräte entsprechen IP20. Die Geräte sind nicht vor Infiltration von oder Immersion in Flüssigkeiten geschützt. Sie dürfen nicht in Kontakt mit Flüssigkeiten kommen. Die Nichtbeachtung kann zu Schäden an den Geräten führen.

Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Auch wenn alle Sicherheitsfunktionen an dem Lerngerät gegeben sind, bestehen Restrisiken durch missbräuchliche Verwendung oder ein defektes Teil oder mehrere defekte Teile. Beachten Sie bei der Verwendung der Geräte stets die folgenden Regeln, um das Verletzungsrisiko weiter zu verringern:

- Tragen Sie **Sicherheitsschuhe**, wenn Sie Geräte häufig zwischen Lager und Arbeitsplätzen bewegen.
- Tragen Sie eine **Schutzbrille**, wenn Sie mit gepolten Kondensatoren arbeiten, da diese unerwartet explodieren können.
- Tragen Sie einen **Gehörschutz**, wenn Sie laute Geräte wie rotierende Maschinen verwenden.
- Tragen Sie **Isolierhandschuhe**, wenn Sie unter Spannung stehende elektrische Komponenten handhaben.
- Tragen Sie **Schutzhandschuhe** für mechanische Handhabung (z. B. scharfe Kanten, schwere Teile, heiße Oberflächen).

Umbau der Geräte

Verändern Sie das Lehrgerät nicht ohne die vorherige schriftliche Zustimmung von Festo Didactic. Diese Geräte arbeiten mit komplexen Industriekomponenten, und manche Veränderungen können unerwünschte Folgen für die Unversehrtheit und Sicherheit des Produkts haben.

Die Verwendung oder der Einbau von Ersatzteilen durch nicht qualifizierte Personen sowie Reparaturen oder Änderungen, die nicht den ursprünglichen Spezifikationen und Herstellungsverfahren des Produkts entsprechen, können zu Sachschäden, schweren Verletzungen oder sogar zum Tod führen. Außerdem kann dies zum Erlöschen jeglicher Garantie oder Produktzulassung führen.

Beschreibung der Geräte

In diesem Abschnitt werden die Hauptkomponenten (Steckverbinder, Bedienelemente, Anzeigen, Statusanzeigen usw.) an den Geräten beschrieben. Er kann außerdem Sicherheitsanweisungen und/oder Bedienhinweise enthalten, die spezifisch für bestimmte Geräte sind, sowie Anweisungen zum Austausch von Teilen in den Geräten.

Die folgenden Module werden behandelt:

- **Steuermodule**
 - Mess- und Steuerinterface (DACI) (594500)
 - Vier-Quadranten-Netzteil und Dynamometer-Steuereinheit (594828)
- **Stromversorgungen**
 - Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung (594826)
 - 400-V-Drehstrom- und 230-V-Gleichstromversorgung (594825)
 - 230-V-Wechselstromversorgung (595930)
 - Variable 230-V-Wechsel- und 325-V-Gleichstromversorgung (8089266)
 - 24 V Wechselstromversorgung (772050)
 - DC-Motor-Stromversorgung (8111319)
- **Lasten**
 - Ohmsche Last (594820)
 - Ohmsche Last für Windturbine (594819)
 - Induktive Last (594821)
 - Kapazitive Last (594822)
- **Rotierende Maschinen**
 - Vier-Quadranten-Dynamometermotor (595062)
 - Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine (595064)
 - Synchronmaschine (595802)
 - Gleichstrom-Permanentmagnetmaschine (8100085 und 8251304)

- **Leistungselektronik**
 - 48-V-PWM-Gleichstrom-Laderegler (595051)
 - 48-V-MPPT-Gleichstrom-Laderegler (595050)
 - 230-V-Einphasen-Inselwechselrichter (595052)
 - Netzgekoppelter 230-V-Einphasen-Wechselrichter (595053)
 - Gleichrichter und Filterinduktoren/Filterkondensatoren (8136516)
 - IGBT-Chopper/-Wechselrichter (8167609)
 - Drehstromfilter (8166653)
 - Leistungsthyristoren (8167245)
- **Erneuerbare Energien**
 - Windturbinengenerator und -regler (595061)
 - Solarpanel-Prüfstand (595057)
 - Monokristallines Silizium-Solarpanel (595058)
 - 230-V-Einphasen-Stromzähler (594904)
 - Pyranometer (579784)
- **Transformatoren**
 - Drehstromtransformatorenbank (594823)
 - Einphasen-Transformator (594824)
- **Lampen**
 - 48-V-Gleichstromlampen (595055)
 - 230-V-Wechselstromlampen (595056 und 595149)
 - Synchronisierungslampen und Schütz (8100086)
 - Synchronisierungslampen und Schütz (8208627)
- **Akkus**
 - 12-V-Bleiakkumodul (595060)
 - 48-V-Bleiakku-Batterieblock (595059 und 8174051)
- **Sonstiges**
 - Kommunikations-Gateway (595054)
 - Sanftstarter (8121090)

Mess- und Steuerinterface (594500)

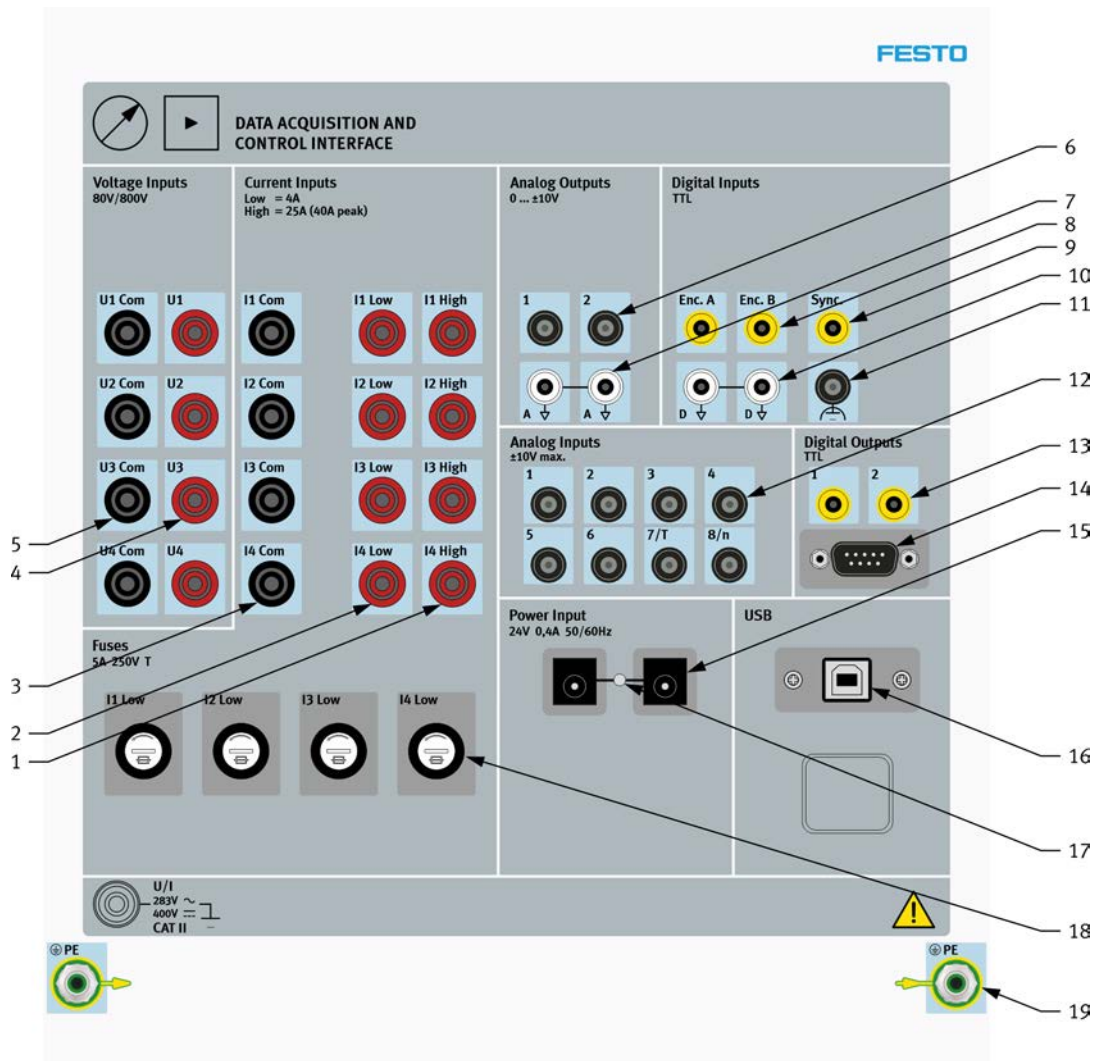


Abbildung 23: Frontplatte des Moduls Mess- und Steuerinterface.

Tabelle 3: Beschreibung des Moduls Mess- und Steuerinterface.

Nummer	Komponentenname
1	Stromeingänge, hoher Bereich (25-A-Anschlüsse I1, I2, I3 und I4)
2	Stromeingänge, niedriger Bereich (4-A-Anschlüsse I1, I2, I3 und I4)
3	Gemeinsame Anschlüsse (4) der Stromeingänge
4	Spannungseingänge (Anschlüsse U1, U2, U3 und U4)

Nummer	Komponentenname
5	Gemeinsame Anschlüsse (4) der Spannungseingänge
6	Analogausgänge 1 und 2
7	Gemeinsame Anschlüsse (2) der Analogausgänge 1 und 2
8	Signalgeber Digitaleingänge A und B
9	Sync. Digitaleingang
10	Gemeinsame Anschlüsse (2) der digitalen Ein- und Ausgänge
11	Funktionserdanschluss
12	Analogeingänge 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7/T und 8/n
13	Anschlüsse der Digitalausgänge 1 und 2
14	Anschluss der Digitalausgänge 1 und 2
15	Netz-Anschlüsse (2)
16	USB-Schnittstelle
17	Betriebs-LED-Anzeige
18	Sicherungen (4) Stromeingänge (niedriger Bereich)
19	Schutzerdungsanschlüsse (2)

	 WARNUNG
	Es besteht die Gefahr von elektrischen Schlägen, wenn eine Hilfsspannungsversorgung von einer 24-V-Wechselstromversorgung kommt, die nicht für den Betrieb mit CAT II-Schaltkreisen zugelassen ist! Verwenden Sie immer eine doppelt isolierte 24-V-Wechselstromversorgung wie die von Festo Didactic, um die Geräte mit einer Hilfsspannung zu versorgen.

HINWEIS

Das Mess- und Steuerinterface gehört zur Messkategorie II (CAT II), d. h. das Modul ist für die Messung von Schaltkreisen ausgelegt, die mit einer Niedervoltanlage wie Betriebsmittel verbunden sind, die über die Gebäudeverdrahtung gespeist werden.

Austausch von Sicherungen

Verwenden Sie nur die vorgeschriebenen Sicherungen mit der richtigen Nennstromstärke und Auslösecharakteristik.

Installation der LVDAC-EMS-Software



Dieses Gerät kann zusammen mit der Software LVDAC-EMS für zusätzliche Messoptionen und Steuerfunktionen verwendet werden. Das folgende Verfahren beschreibt, wie die Software LVDAC-EMS installiert wird.

1. Öffnen Sie eine Windows-Sitzung als Administrator.
2. Deinstallieren Sie eventuell auf Ihrem Computer vorhandene Versionen der LVDAC-EMS-Software.



Wenn eine ältere Version der LVDAC-EMS-Software auf Ihrem Computer vorhanden ist, wird durch Starten des Installationsprogramms die alte Version entfernt, und Sie müssen die Installation erneut starten, damit die neue Version tatsächlich installiert wird.

3. Laden Sie die LVDAC-EMS-Software hier als LVDacEms*****.zip-Datei herunter:



LVDAC-EMS

https://bit.ly/9063-00_data_acquisition_and_control_interface

Sobald der Download der Datei LVDacEms*****.zip abgeschlossen ist, extrahieren Sie alle komprimierten (gezippten) Dateien in den gewünschten Ordner auf Ihrem Computer. Suchen Sie in den extrahierten Dateien die Datei Setup.exe, führen Sie sie aus und folgen Sie den Anweisungen des LVDAC-EMS-Installationsassistenten, um die Installation der Software abzuschließen.

4. Die Installation ist jetzt abgeschlossen.

Vier-Quadranten-Netzteil und Dynamometer-Steuereinheit (594828)

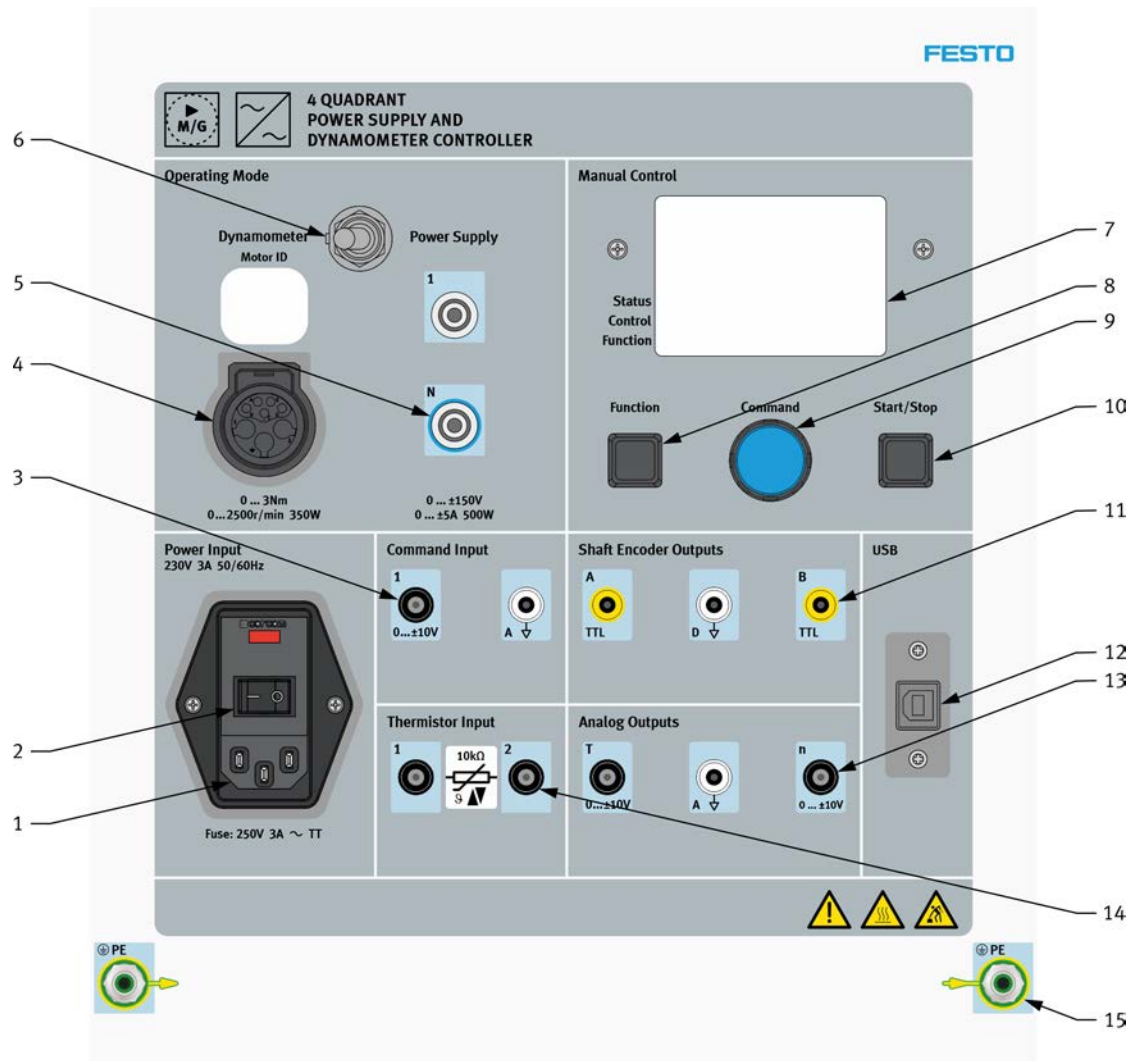


Abbildung 24: Frontplatte des Moduls Vier-Quadranten-Netzteil und Dynamometer-Steuereinheit.

Tabelle 4: Beschreibung des Moduls Vier-Quadranten-Netzteil und Dynamometer-Steuereinheit.

Nummer	Komponentenname
1	Netzanschluss mit Sicherungshalter
2	Hauptnetzschalter
3	Steuereingang

Nummer	Komponentenname
4	Anschluss 4 Quadranten Dynamometermotor
5	Netzteil-Anschlüsse (Anschlüsse 1 und N)
6	Betriebsart-Schalter
7	Flüssigkristallanzeige (LED)
8	Funktion-Taste
9	Befehl-Drehknopf
10	Start/Stopp-Taste
11	Drehgeberausgänge A und B
12	USB-Schnittstelle
13	Analogausgänge T und n
14	Thermistoreingang
15	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Sicherungen auswechseln

Entfernen Sie das abziehbare Netzkabel vom Modul, um den Sicherungshalter öffnen zu können. Verwenden Sie nur die vorgeschriebenen Sicherungen mit der richtigen Nennstromstärke und Auslösecharakteristik.

	! WARNUNG
	Beim Versuch, nicht aufladbare Batterien zu laden, besteht Feuer- bzw. Explosionsgefahr! • Beim Laden von nicht aufladbaren Batterien können gefährliche Chemikalien aus den Batterien freigesetzt werden, die eine Feuer- bzw. Explosionsgefahr darstellen. • Versuchen Sie nie, nicht aufladbare Batterien mit dem 4 Quadranten Netzteil und Dynamometer Steuereinheit aufzuladen.

Tabelle 5: Hauptspezifikationen des Moduls Vier-Quadranten-Netzteil und der Dynamometer-Steereinheit.

Parameter	Nennwert
Eingang	3,0 A, 230 V – 50/60 Hz, 1 Phase, einschließlich Außenleiter, Neutralleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den örtlichen Vorschriften.
Montage	Für DIN-A4-Montagerahmen ausgelegt
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11.69 x 10.47 x 5.51")
Gewicht	X kg (X lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnung	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

Installation der LVDAC-EMS-Software



Dieses Gerät kann zusammen mit der Software LVDAC-EMS für zusätzliche Messoptionen und Steuerfunktionen verwendet werden. Das folgende Verfahren beschreibt, wie die Software LVDAC-EMS installiert wird.

1. Öffnen Sie eine Windows-Sitzung als Administrator.
2. Deinstallieren Sie eventuell auf Ihrem Computer vorhandene Versionen der LVDAC-EMS-Software.



Wenn eine ältere Version der LVDAC-EMS-Software auf Ihrem Computer vorhanden ist, wird durch Starten des Installationsprogramms die alte Version entfernt, und Sie müssen die Installation erneut starten, damit die neue Version tatsächlich installiert wird.

3. Laden Sie die LVDAC-EMS-Software hier als LVDacEms*****.zip-Datei herunter:



LVDAC-EMS

[https://bit.ly/
9063-00_data_acquisition_and_control_interface](https://bit.ly/9063-00_data_acquisition_and_control_interface)

Sobald der Download der Datei LVDacEms*****.zip abgeschlossen ist, extrahieren Sie alle komprimierten (gezippten) Dateien in den gewünschten Ordner auf Ihrem Computer. Suchen Sie in den extrahierten Dateien die Datei Setup.exe, führen Sie sie aus und folgen Sie den Anweisungen des LVDAC-EMS-Installationsassistenten, um die Installation der Software abzuschließen.

4. Die Installation ist jetzt abgeschlossen.

Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung (594826)

Die Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung versorgt die Stromkreise mit elektrischer Energie. Sie kann in einer der folgenden Betriebsarten verwendet werden:

- Drehstrom-Wechselstromquelle
- Einphasen-Wechselstromquelle

Die Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung versorgt die Stromkreise in den praktischen Übungen mit elektrischer Energie und schaltet diese ab. Sie muss an eine Drehstrom-Steckdose angeschlossen werden. Das Modul ist mit zwei Arten von Leitungsschutzschaltern sowie einem Not-Aus-Drucktaster ausgestattet.



Nummer	Komponente	Beschreibung
1	Dreipoliger Leitungsschutzschalter mit Unterspannungsauslöser	Schutz vor Kurzschlüssen.
2	Fehlerstromschutzschalter	Schutz, der den Stromkreis bei Fehlerstrom abschaltet.

Nummer	Komponente	Beschreibung
3	Drehstrom-Wechselstromausgang	Ausgangsklemmen für jeden der drei Außenleiter (L1', L2', L3'). Neben jeder Klemme befindet sich eine LED, die leuchtet, wenn diese Klemme unter Spannung steht.
4	Einphasen-Wechselstromsteckdosen	Standard-Steckdosen.
5	Neutralleiterausgang	Ausgangsklemme für den Neutralleiter.
6	Schutzleiterklemmen	Klemmen zur Schutzterdung des Moduls und jedes angeschlossenen Moduls.
7	Abschließbarer Einschalter und Not-Aus-Taster	Schutz, der bei Betätigung die Stromversorgung des Stromkreises abschaltet. Zum Zurücksetzen des Drucktasters wird ein Schlüssel benötigt.

	 WARNUNG
	Verbinden Sie immer eine Erdungsklemme jedes Moduls in Ihrem Aufbau mit einer Erdungsklemme einer Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung.
	 VORSICHT
	Lassen Sie den Schlüssel nach dem Verriegeln oder Entriegeln nicht im Einschalter stecken. Wenn Sie den Not-Aus-Taster schnell betätigen müssen, kann ein im Schalter steckender Schlüssel zu einer Handverletzung führen.

Tabelle 7: Hauptspezifikationen der Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung (594826).

Parameter	Nennwert
Eingangsleistung	• Maximalstrom: 10 A • Netzspannung und -frequenz: 230/400 V – 50 Hz • Elektrische Installation: 3 Phasen, Sternschaltung einschließlich Neutralleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen 20-A-Leitungsschutzschalter.
Ausgang	3 AC 400 V, 50 Hz, 10 A (max.)
Schutzeinrichtungen	Kurzschluss und Überlast
FI-Schutz	Typ B, 30 mA
Ausgänge	• Drehstromausgang über 4-mm-Sicherheitsbuchsen mit Kontrollleuchten zur Spannungsanzeige • Drei einphasige IEC-C13-Steckdosen
Montage	Für DIN-A4-Montagerahmen ausgelegt
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51")
Gewicht	4,6 kg (10,14 lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnung	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

3AC 400V/DC 230V-Stromversorgung (594825)

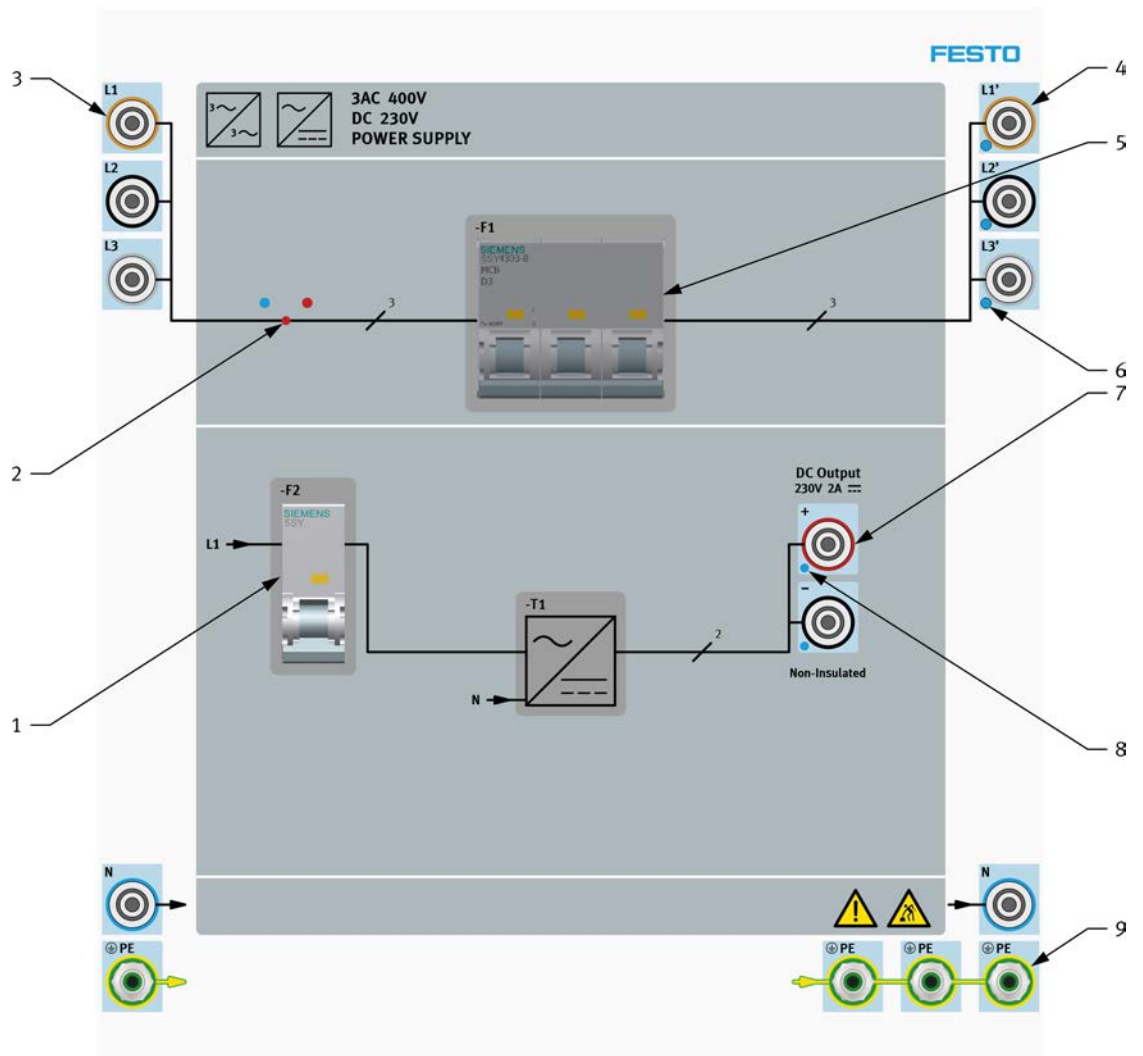


Abbildung 26: Frontplatte der 3AC 400V/DC 230V-Stromversorgung.

Tabelle 8: Beschreibung der 3AC 400V/DC 230V-Stromversorgung.

Nummer	Bauteilbezeichnung
1	Einpoliger Leitungsschutzschalter, Charakteristik C, 3 A
2	LED-Anzeige für Phasenfolge
3	Dreiphasiger AC-Eingang (Klemmen L1, L2, L3 und N)
4	Dreiphasiger AC-Ausgang (Klemmen L1', L2', L3' und N)
5	Dreipoliger Leitungsschutzschalter, Charakteristik C, 3 A
6	LED-Betriebsanzeigen für AC-Ausgang (L1', L2' und L3')
7	DC-Ausgang (Klemmen + und -)
8	LED-Betriebsanzeigen für DC-Ausgang (2)
9	Schutzleiterklemmen (4)

Tabelle 9: Hauptspezifikationen der 3AC 400V/DC 230V-Stromversorgung.

Komponenten und Parameter	Hauptspezifikationen
Eingang	3 A, 230/400 V – 50 Hz, 3 Phasen, Sternschaltung, einschließlich Neutralleiter- und Schutzleiterleitungen, durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den lokalen Vorschriften abgesichert.
Ausgang	3 AC, 400 V, 3 A (max.), gegen Kurzschluss und Überlast geschützt - DC, 230 V, 2 A (max.), gegen Kurzschluss und Überlast geschützt
Merkmale	- Phasenfolgeanzeige - Anzeige für das Vorhandensein der Ausgangsspannung je Phase - Verriegelbarer Not-Halt
Montage	Ausgelegt für DIN-A4-Montagerahmen

Komponenten und Parameter	Hauptspezifikationen
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51")
Gewicht	5,9 kg (13 lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnungen	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

230-V-Wechselstromversorgung (595930)

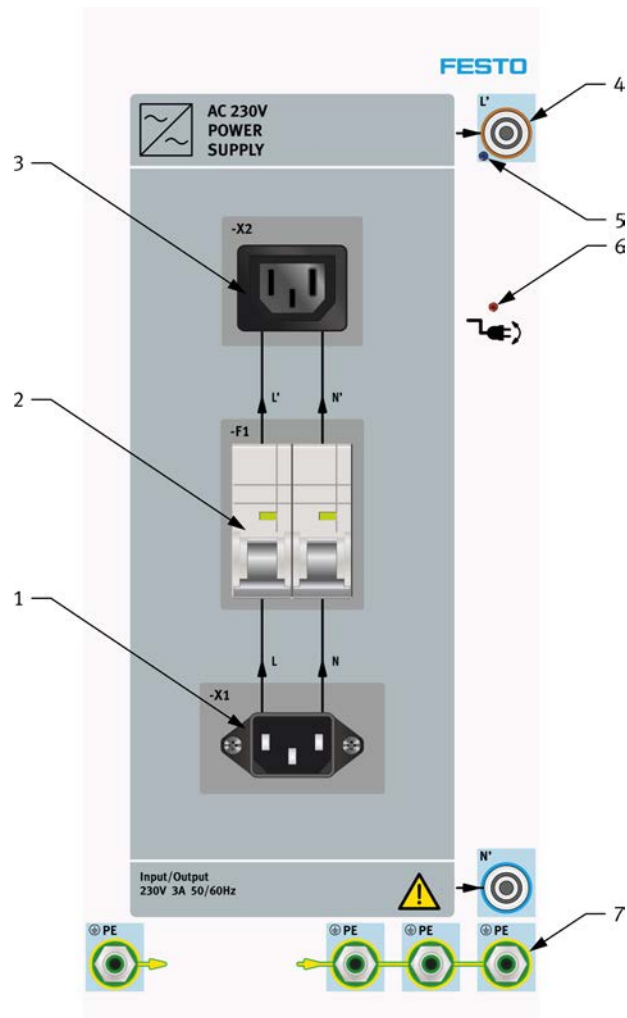


Abbildung 27: Frontplatte der 230-V-Wechselstromversorgung.

Tabelle 10: Beschreibung der 230-V-Wechselstromversorgung.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Netzeingangssteckverbinder
2	Zweipoliger Leitungsschutzschalter, Charakteristik C, 3 A
3	Einphasige Wechselstromsteckdose
4	Einphasiger Wechselstromausgang (Klemmen L' und N')
5	LED-Betriebsanzeige
6	LED-Anzeige für vertauschte Leiter und Neutraleiter. Betreiben Sie das Modul nicht, wenn diese LED leuchtet.
7	Schutzleiterklemmen (4)

Tabelle 11: Hauptdaten des Moduls 230-V-Wechselstromversorgung.

Komponenten und Parameter	Hauptdaten
Eingang	3 A, 230 V – 50/60 Hz, 1 Phase, einschließlich Leiter, Neutraleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den örtlichen Vorschriften.
Ausgang	3 AC 230 V, 50 Hz
Montage	Ausgelegt für DIN-A4-Montagerahmen
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51")
Gewicht	X kg (X lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnungen	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

Variable 230-V-Wechsel- und 325-V-Gleichstromversorgung (8089266)

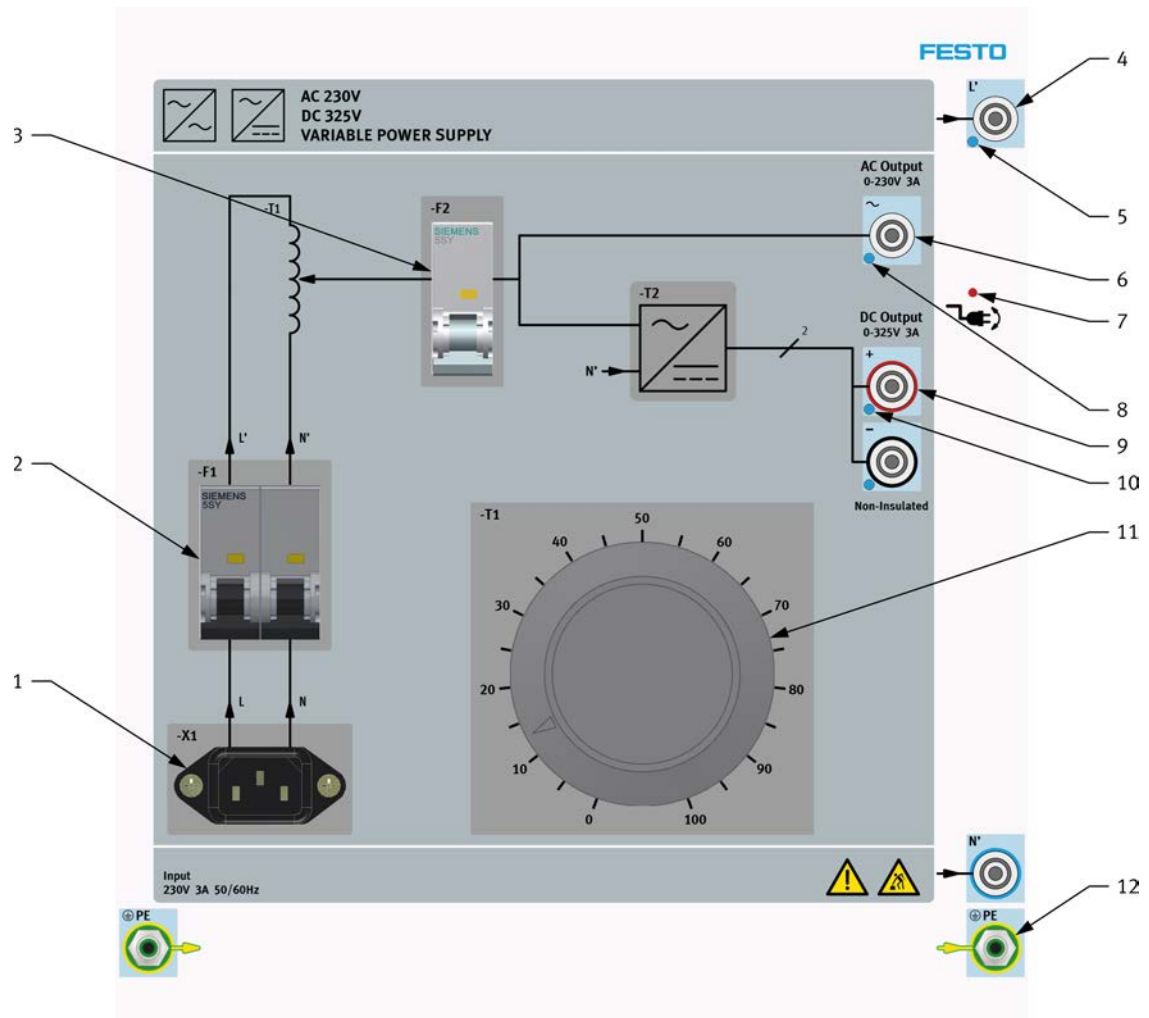


Abbildung 28: Frontplatte der Variable 230-V-Wechsel- und 325-V-Gleichstromversorgung.

Tabelle 12: Frontplatte der Variable 230-V-Wechsel- und 325-V-Gleichstromversorgung.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Netzeingangssteckverbinder
2	Zweipoliger Leitungsschutzschalter, Charakteristik C, 3 A
3	Eipoliger Leitungsschutzschalter, Charakteristik C, 3 A
4	Wechselstromausgang mit fester Spannung (Klemmen L' und N')
5	LED-Betriebsanzeige für Wechselstromausgang mit fester Spannung
6	Wechselstromausgang mit variabler Spannung (Klemmen ~ und N')
7	LED-Anzeige für vertauschte Leiter und Neutralleiter. Betreiben Sie das Modul nicht, wenn diese LED leuchtet.
8	LED-Betriebsanzeige für Wechselstromausgang mit variabler Spannung
9	Gleichstromausgang mit variabler Spannung (Klemmen + und -)
10	LED-Betriebsanzeigen für Gleichstromausgang mit variabler Spannung (2)
11	Spannungsregler
12	Schutzleiterklemmen (2)

Tabelle 13: Hauptdaten des Moduls Variable 230-V-Wechsel- und 325-V-Gleichstromversorgung.

Parameter	Nennwert
Eingang	3 A, 230 V – 50/60 Hz, 1 Phase, einschließlich Neutralleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den örtlichen Vorschriften.
Ausgang	3 AC 230 V, 50 Hz
Montage	Ausgelegt für DIN-A4-Montagerahmen
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51 ")
Gewicht	X kg (X lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnungen	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

24-V-Wechselstromversorgung (772050)

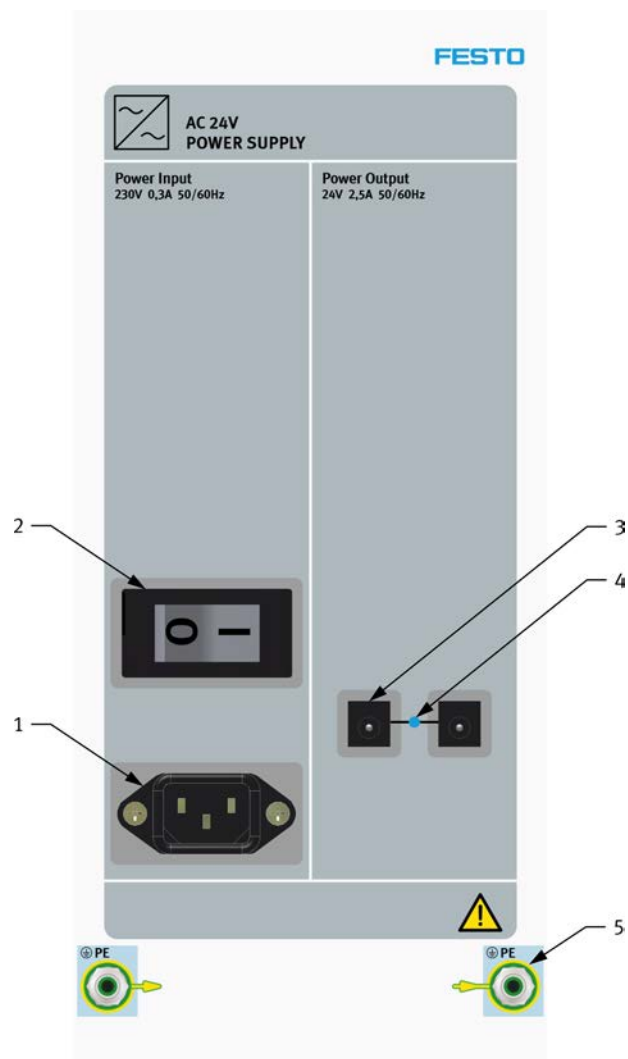


Abbildung 29: Frontplatte der 24-V-Wechselstromversorgung.

Tabelle 14: Beschreibung der 24-V-Wechselstromversorgung.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Netzeingangssteckverbinder
2	Hauptschalter mit thermischem Leitungsschutzschalter
3	Ausgangssteckverbinder (2)
4	LED-Betriebsanzeige
5	Schutzleiterklemmen (2)

Tabelle 15: Hauptspezifikationen des Moduls 24-V-Wechselstromversorgung.

Komponenten und Parameter	Hauptspezifikationen
Eingang	0,3 A, 230 V – 50/60 Hz, 1 Phase, einschließlich Neutralleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den örtlichen Vorschriften.
Montage	Ausgelegt für DIN-A4-Montagerahmen
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51 ")
Gewicht	X kg (X lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnungen	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

DC-Motor-Stromversorgung (8111319)

Die DC-Motor-Stromversorgung ist ein A4-Modul, das elektrische Versorgungen für elektrische Maschinen bereitstellt, bei denen Gleichstrom erforderlich ist. Es ist ausschließlich für Motoranwendungen vorgesehen und nicht als Standard-Gleichstromversorgung für andere Anwendungen gedacht. Es bietet Folgendes:

- Eine Gleichstromversorgung mit fester Spannung von 210 V.
- Eine variable Gleichstromversorgung von 0 V bis 240 V. Diese Versorgung ist über den Regler und die Digitalanzeige an der Frontplatte einstellbar.

Ein zweiter Regler an der Frontplatte ermöglicht es, den Strom beim Anlauf in Motoranwendungen zu begrenzen. Er ist nicht dafür ausgelegt, Überströme über einen längeren Zeitraum (etwa drei Sekunden oder mehr) zu begrenzen. Wenn dies geschieht (z. B. wenn der Rotor blockiert ist oder ein unerwarteter Motorüberstrom auftritt), löst der Begrenzer eine Störung aus und die Stromversorgung schaltet ab.

Die Strombegrenzung sollte knapp über dem Nennwert des Motors oder dem gewünschten Lastnennwert eingestellt werden. Auf diese Weise wird der Begrenzer nur kurz während des Motoranlaufs und bei kurzen Überströmen aktiv, ohne eine Störung auszulösen.

Tabelle 16: Beschreibung des Moduls DC-Motor-Stromversorgung.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Spannungsregler (Vset)
2	Reset-Taste. Diese Taste setzt den Überlastschutz zurück, wenn er ausgelöst hat.
3	Überlast-LED-Anzeige (OL)
4	Strombegrenzungsregler (Imax)
5	Sicherungshalter der variablen Gleichstromversorgung
6	Dreiphasige Wechselstrom-Sammelschiene (Klemmen L1, L2, L3 und N)
7	Ausgang der festen Gleichstromversorgung (Klemmen + und -)
8	LED-Betriebsanzeigen der festen Gleichstromversorgung (2)
9	Ausgang der variablen Gleichstromversorgung (Klemmen + und -)
10	LED-Betriebsanzeigen der variablen Gleichstromversorgung (2)
11	Voltmeteranzeige
12	Ein-/Ausschalter (I)/Aus (O) der variablen Gleichstromversorgung
13	Schutzleiterklemmen (2)
14	LED-Betriebsanzeige der variablen Gleichstromversorgung

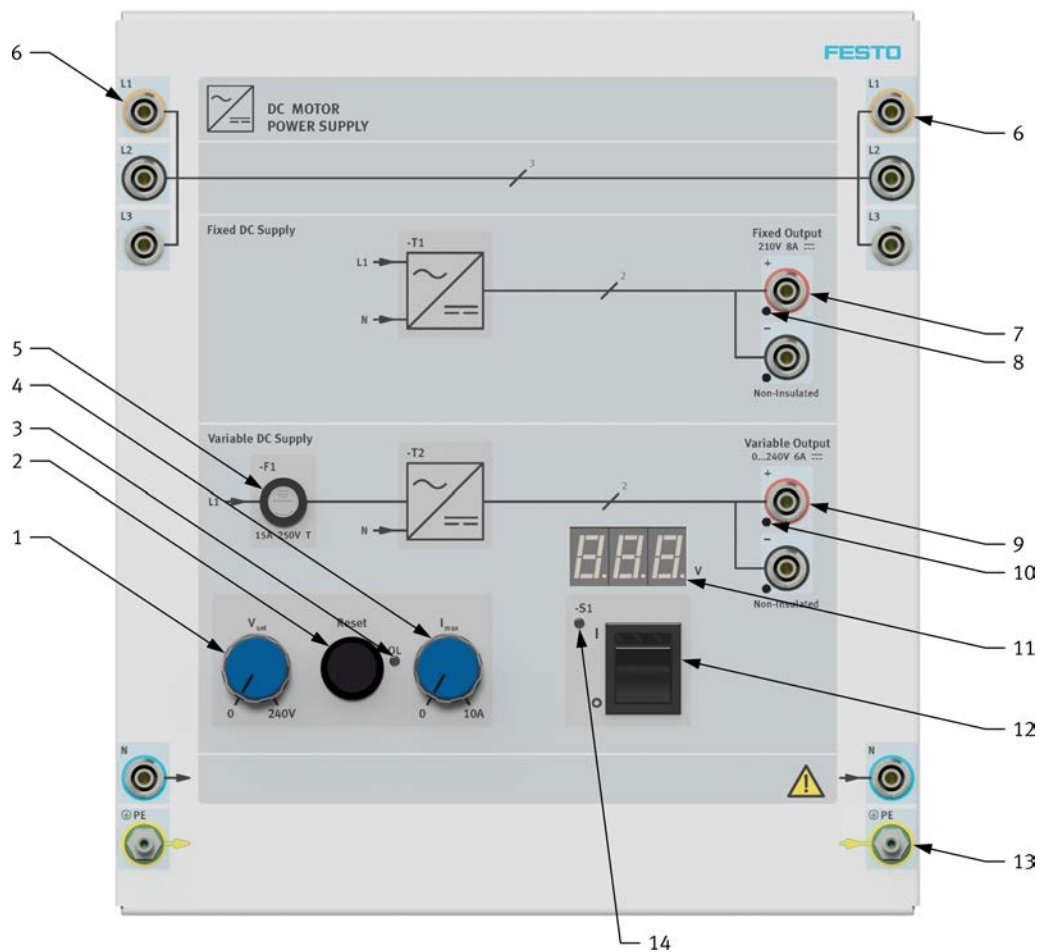


Abbildung 30: Frontplatte des Moduls DC-Motor-Stromversorgung.

Tabelle 17: Hauptdaten des Moduls DC-Motor-Stromversorgung.

Parameter	Nennwert
Eingang	16 A, 230/400 V – 50 Hz, 3 Phasen, Sternschaltung (Wye), einschließlich Neutralleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den örtlichen Vorschriften.
Montage	Ausgelegt für DIN-A4-Montagerahmen
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51")
Gewicht	X kg (X lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnungen	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

Ohmsche Last (594820)

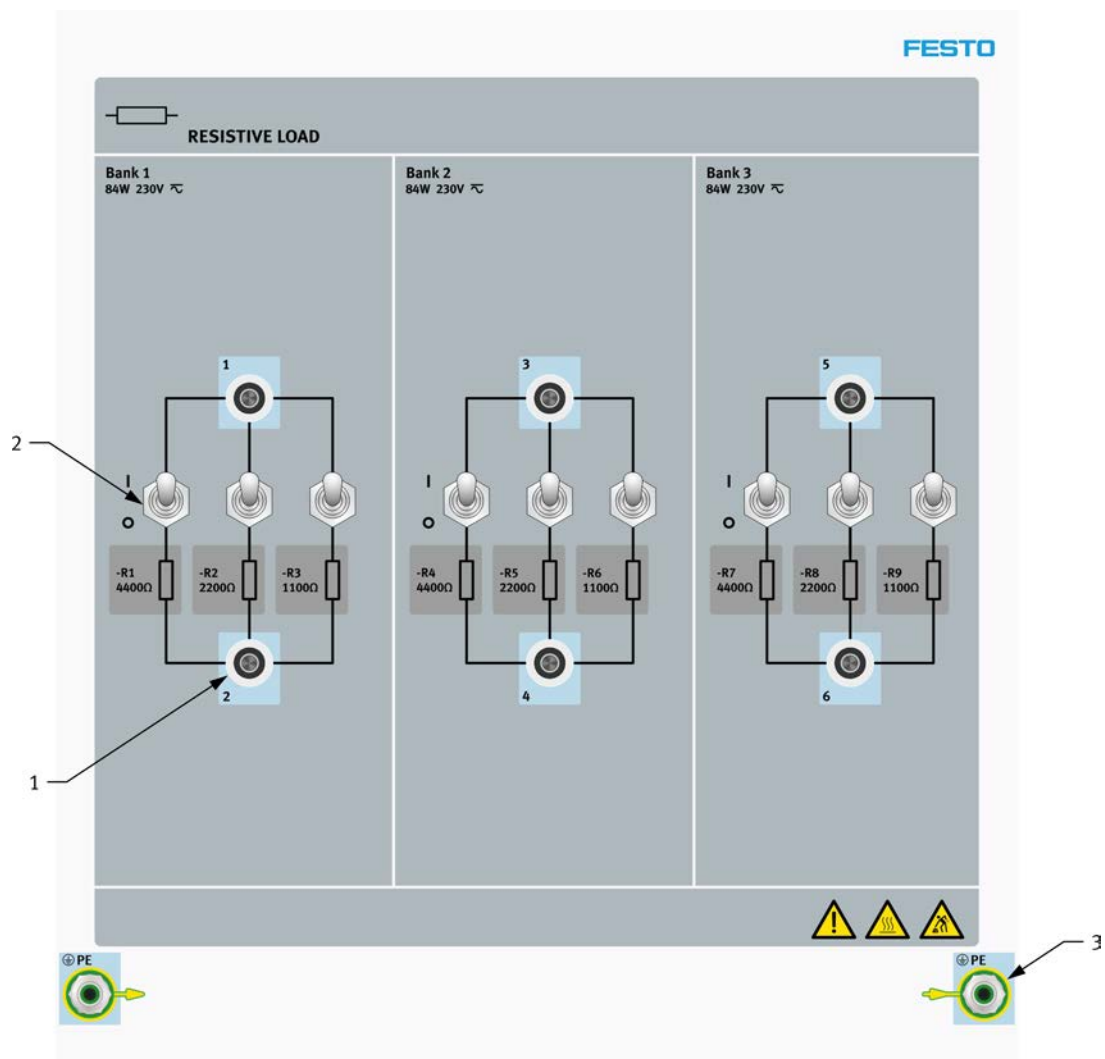


Abbildung 31: Frontplatte des Moduls Ohmsche Last.

Tabelle 18: Beschreibung des Moduls Ohmsche Last.

Nummer	Komponentenname
1	Ohmsche Lastanschlüsse (6)
2	Kippschalter (9)
3	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Intermittierender Betrieb bei Spannungen über dem Nennwert hinaus

Die Ohmsche Last kann intermittierend bei Spannungen über dem Nennwert verwendet werden, ohne das Gerät zu beschädigen, vorausgesetzt, die folgenden Bedingungen werden eingehalten:

- Maximale Spannung: 400 V
- Maximale Einschaltzeit (t_{an}): 2 min
- Maximaler zyklischer Dauerfaktor [$t_{an}/(t_{an} + t_{aus})$]: 0,091 (1/11)

Die obige Einschaltzeit (t_{an}) ist die Zeitspanne, in der Spannung an die Ohmsche Last angelegt wird. Die obige Ausschaltzeit (t_{aus}) ist die Zeit, in der keine Spannung an die Ohmsche Last angelegt wird, um sie abkühlen zu lassen.

Wenn also während 2 Minuten eine Spannung angelegt wird, die den Nennwert überschreitet (ohne den Maximalwert von 400 V zu überschreiten), muss die Ohmsche Last für mindestens die nächsten 20 Minuten spannungsfrei geschaltet werden, um den maximalen Lebensdauerfaktor (0,091) einzuhalten.

	⚠ VORSICHT
	Verbrennungsgefahr bei Überschreitung der maximalen Einschaltzeit! • Das Anlegen einer Spannung, die den Nennwert der Ohmschen Last länger als die maximale Einschaltzeit (2 min) überschreitet, führt zu einer Überhitzung der Geräte und einer Verbrennungsgefahr (durch Kontaktieren des Modulgehäuses). • Um die oben genannte Verbrennungsgefahr zu minimieren, niemals mehr als die maximal zulässige Einschaltzeit (2 min) über den Nennwert hinaus Spannung an die Ohmsche Last anlegen.

HINWEIS

Niemals mehr als die maximal zulässige Einschaltzeit (2 min) über den Nennwert hinaus Spannung an die Ohmsche Last anlegen. Die Nichteinhaltung dieser Bedingung kann zu Schäden an der Ohmschen Last durch Überhitzung führen.

Ohmsche Last für Windturbine (594819)

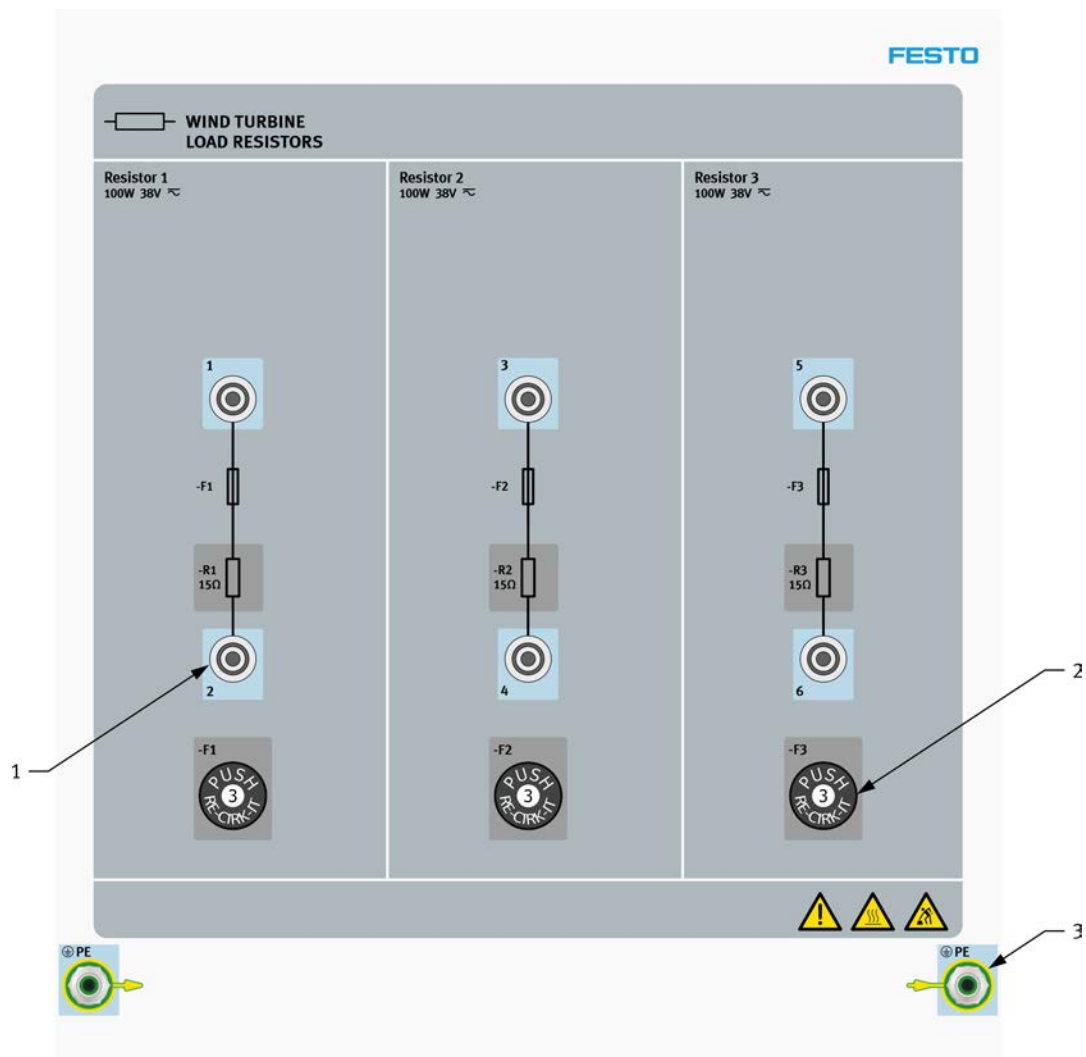


Abbildung 32: Frontplatte des Moduls Ohmsche Last für Windturbine.

Tabelle 19: Beschreibung des Moduls Ohmsche Last für Windturbine.

Nummer	Komponentenname
1	Ohmsche Lastanschlüsse (6)
2	Leitungsschutzschalter (3)
3	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Induktive Last (594821)

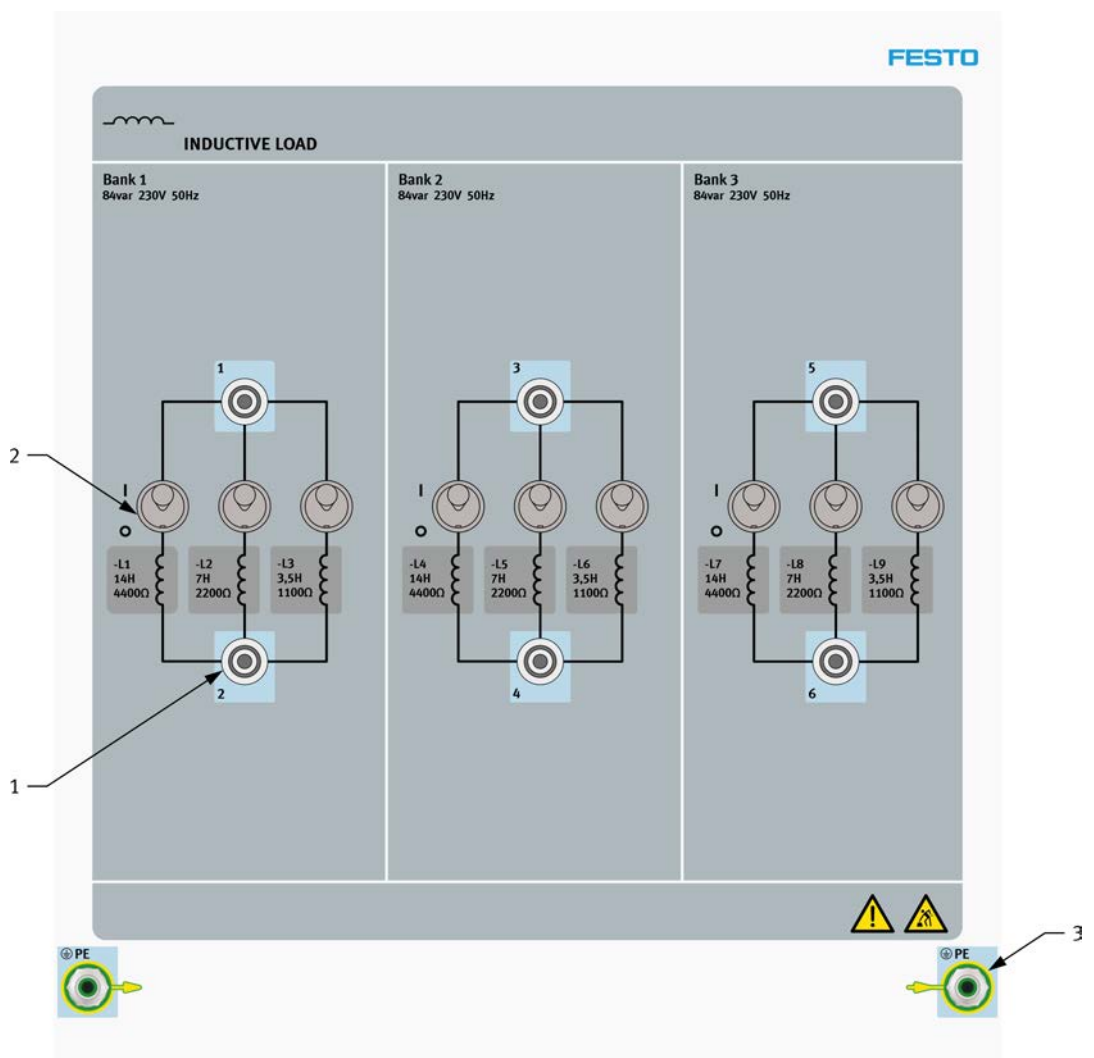


Abbildung 33: Frontplatte des Moduls Induktive Last.

Tabelle 20: Beschreibung des Moduls Induktive Last.

Nummer	Komponentenname
1	Anschlüsse der induktiven Last (6)
2	Kippschalter (9)
3	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Kapazitive Last (594822)

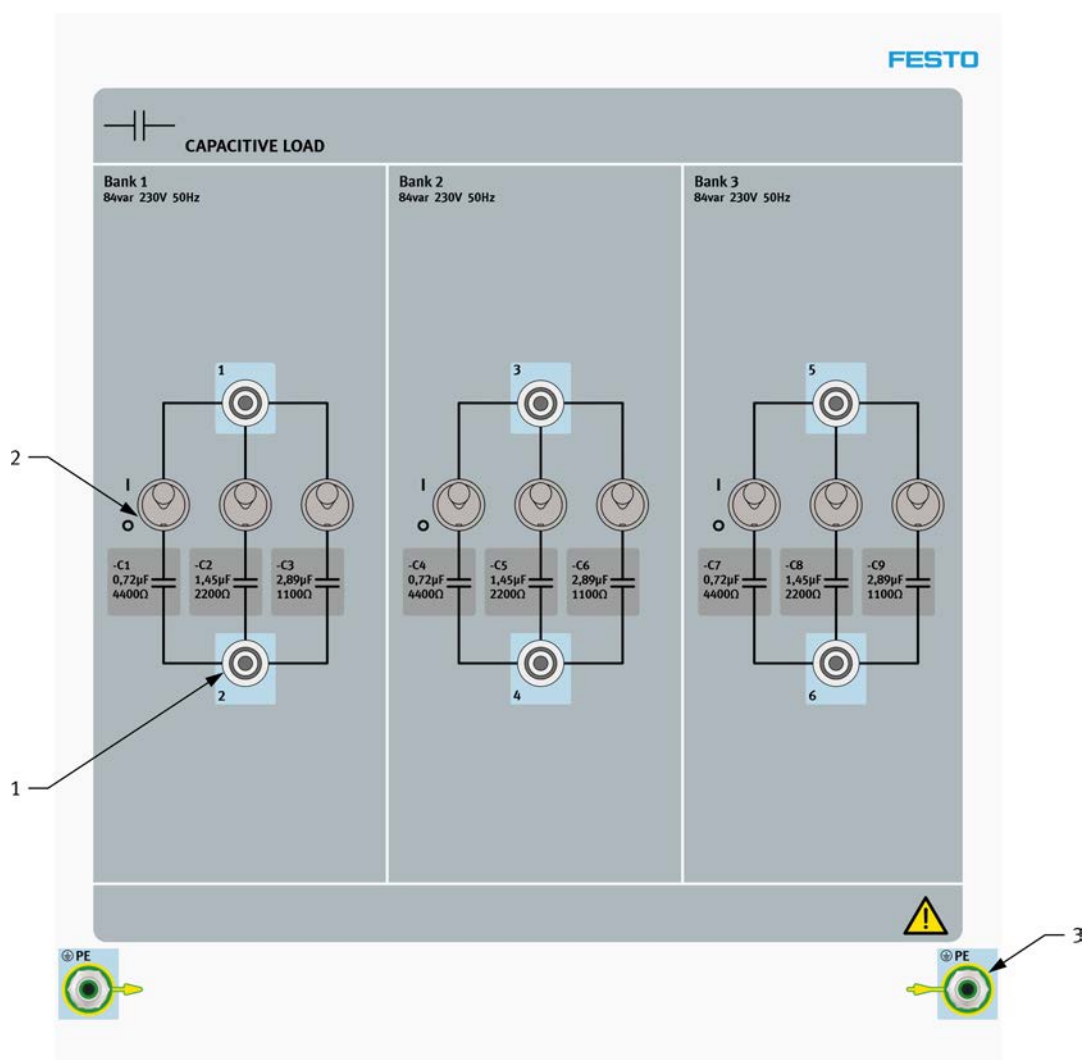


Abbildung 34: Frontplatte des Moduls Kapazitive Last.

Tabelle 21: Beschreibung des Moduls Kapazitive Last.

Nummer	Komponentenname
1	Anschlüsse der kapazitiven Last (6)
2	Kippschalter (9)
3	Schutzerdungsanschlüsse (2)

4-Quadranten-Dynamometermotor (595062)

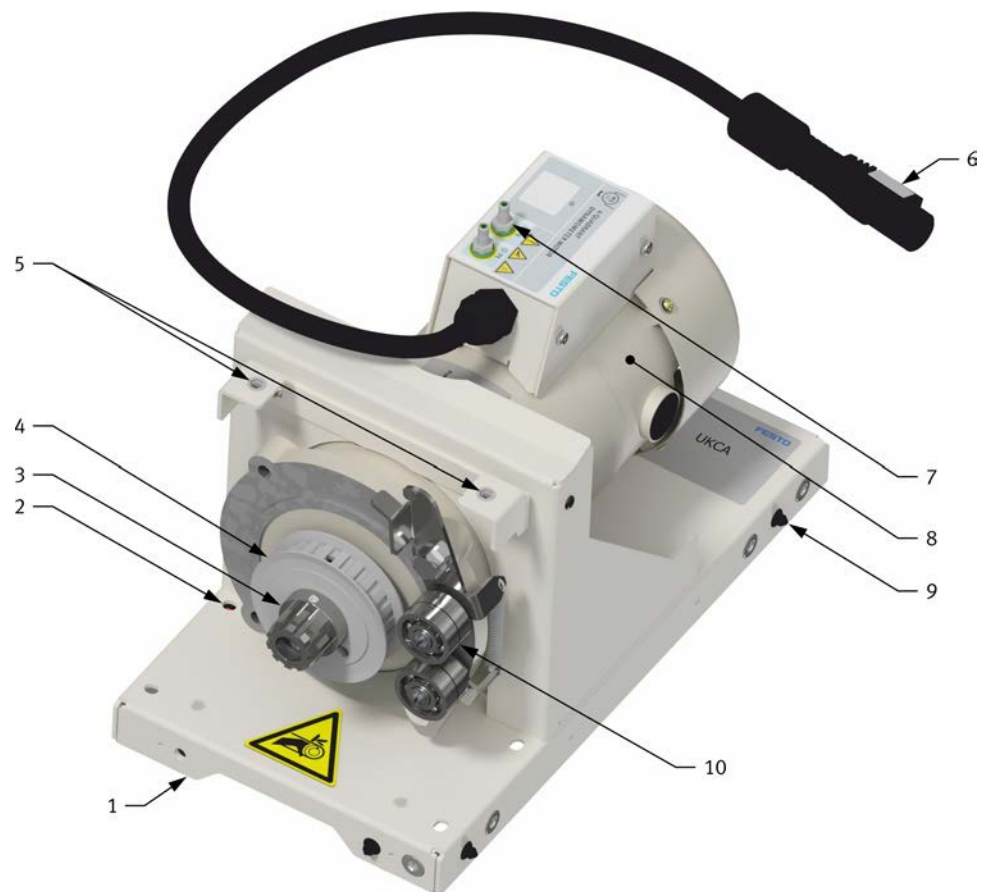


Abbildung 35: Frontplatte des Moduls 4-Quadranten-Dynamometermotor.

Tabelle 22: Beschreibung des Moduls 4 Quadranten Dynamometermotor.

Nummer	Komponentenname
1	Führungsloch Grundplatte
2	Endschalter
3	Getriebe mit 10 Zähnen
4	Riemenscheibe mit 24 Zähnen
5	Schraublöcher für die Befestigung einer Schutzvorrichtung
6	Verbindungskabel
7	Schutzerdungsanschlüsse (2)
8	Gleichstrom-Permanentmagnetmotor
9	Führungsstifte Grundplatte (3)
10	Riemenspanner

Tabelle 23: Die wichtigsten Spezifikationen des Moduls 4-Quadranten-Leistungsprüfungsmotor.

Parameter	Wichtigste Spezifikationen
Spannung (DC)	90 V
Strom (DC)	5,2 A
Leistung	373 W
Geschwindigkeit	1750 U/min

Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine (595064)

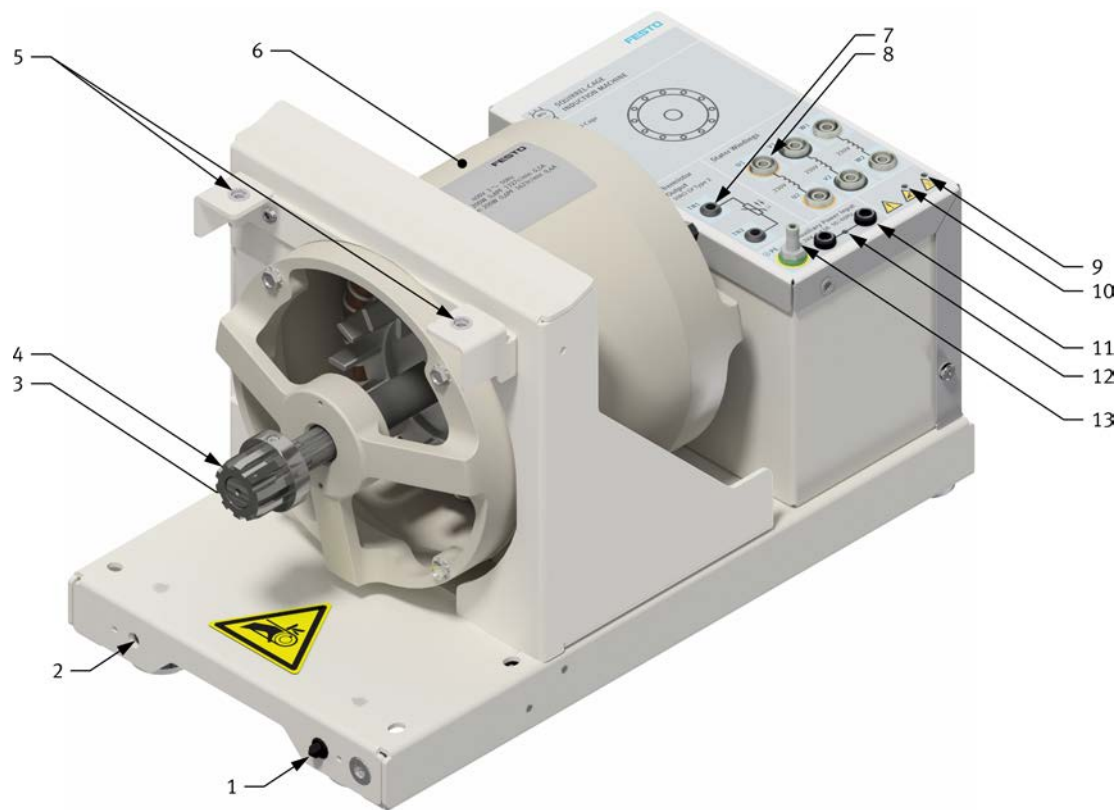


Abbildung 36: Frontplatte des Moduls Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine.

Tabelle 24: Beschreibung des Moduls Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine.

Nummer	Komponentenname
1	Führungsstifte Grundplatte
2	Führungsloch Grundplatte
3	Endschalter (zugänglich durch Bohrung in der Grundplatte)
4	Getriebe mit 10 Zähnen
5	Schraublöcher für die Befestigung einer Schutzabdeckung
6	Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine
7	Thermistorausgang (Anschlüsse TN1 und TN2)

Nummer	Komponentenname
8	Statorwicklungen (Anschlüsse U1, U2, V1, V2, W1 und W2)
9	LED-Anzeige Maschineüberhitzung
10	LED-Anzeige Schutzabdeckung fehlt
11	Stecker Hilfsstromeingang (2)
12	LED-Anzeige Hilfsspannungsversorgung ein
13	Schutzerdungsanschluss

Tabelle 25: Wichtigsten Spezifikationen des Moduls Kurzschlussläufer-Asynchronmaschine.

Bestandteile und Parameter	Wichtigste Spezifikationen
Hauptstrombedarf	Dreieck/Stern, 230/400 V, dreiphasig, 50 Hz
Motor	200 W, 0,8 PF, 1327 U/min, 0,87/0,50 A
Generator	200 W, 0,6 PF, 1623 U/min, 0,69/0,40 A
Zusätzlicher Stromeingang	24 V, 0,13 A, 50/60 Hz

Synchronmaschine (595802)

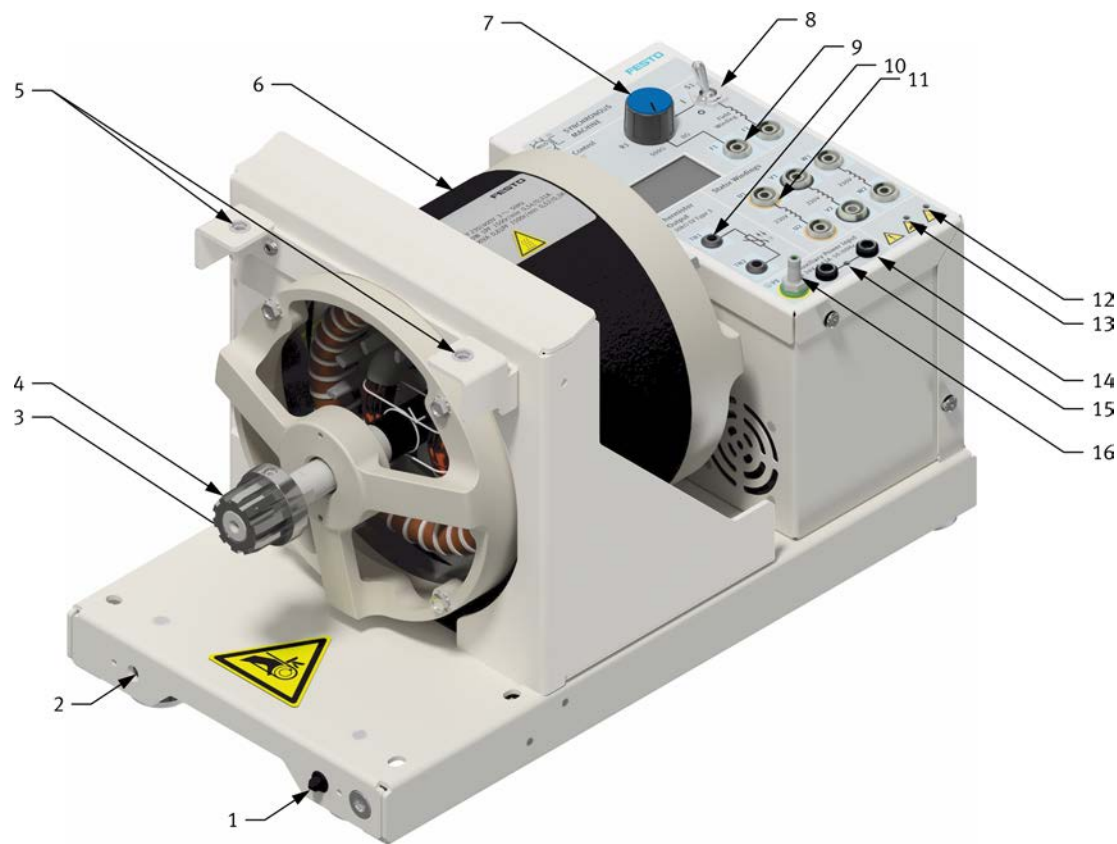


Abbildung 37: Frontplatte des Moduls Synchronmaschine.

Tabelle 26: Beschreibung des Moduls Synchronmaschine.

Nummer	Komponentenname
1	Führungsstifte Grundplatte
2	Führungsloch Grundplatte
3	Endschalter (zugänglich durch Bohrung in der Grundplatte)
4	Getriebe mit 10 Zähnen
5	Schraublöcher für die Befestigung einer Schutzabdeckung
6	Synchronmaschine
7	Feldsteuerknopf (R1)

Nummer	Komponentenname
8	Feldsteuerschalter (S1)
9	Feldwicklung (Anschlüsse F1 und F2)
10	Thermistorausgang (Anschlüsse TN1 und TN2)
11	Statorwicklungen (Anschlüsse U1, U2, V1, V2, W1 und W2)
12	LED-Anzeige Maschineüberhitzung
13	LED-Anzeige Schutzabdeckung fehlt
14	Stecker Hilfsstromeingang (2)
15	LED-Anzeige Hilfsspannungsversorgung ein
16	Schutzerdungsanschluss

Tabelle 27: Wichtigsten Spezifikationen des Moduls Synchronmaschine.

Bestandteile und Parameter	Wichtigste Spezifikationen
Hauptstrombedarf	Dreieck/Stern, 230/400 V, dreiphasig, 50 Hz
Motor	200 W, 1,0 PF, 1500 U/min, 0,54/0,31 A
Generator	200 W, 0,81 PF, 1500 U/min, 0,52/0,30 A
Feldsteuerung (DC)	230 V, 0,60 A
Zusätzlicher Stromeingang	24 V, 0,13 A, 50/60 Hz

Permanenterregte Gleichstrommaschine (8100085 und 8251304)

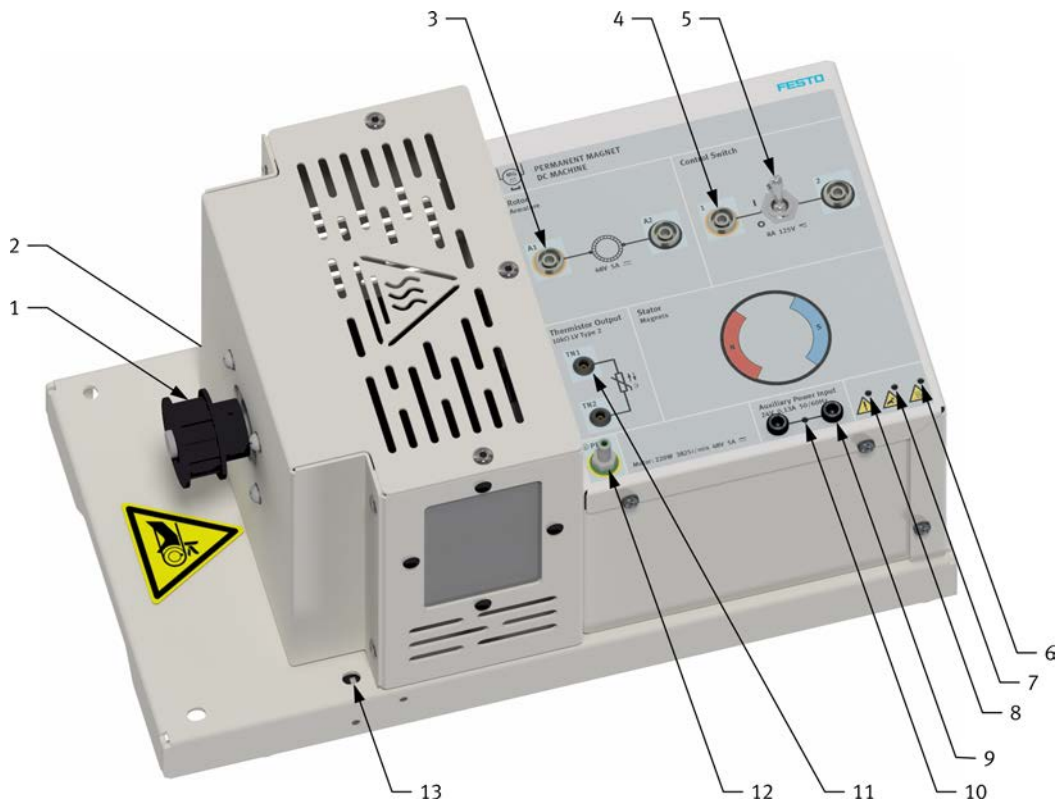


Abbildung 38: Frontplatte des Moduls Permanenterregte Gleichstrommaschine.

Tabelle 28: Beschreibung des Moduls Permanenterregte Gleichstrommaschine.

Nummer	Komponentenname
1	Riemenscheibe mit 12 Zähnen
2	Führungsstift und Führungsloch
3	Rotoranker (Anschlüsse A1 und A2)
4	Steuerschalteranschlüsse (Anschlüsse 1 und 2)
5	Steuerschalter (S1)
6	LED-Anzeige Maschineüberhitzung
7	LED-Anzeige Schutzabdeckung fehlt

Nummer	Komponentenname
8	LED-Anzeige Rotorüberspannung/Überstrom
9	Stecker Hilfsstromeingang (2)
10	LED-Anzeige Hilfsspannungsversorgung ein
11	Thermistorausgang (Anschlüsse TN1 und TN2)
12	Schutzerdungsanschluss
13	Endschalter

Tabelle 29: Wichtigsten Spezifikationen des Moduls Permanenterregte Gleichstrommaschine.

Bestandteile und Parameter	Wichtigste Spezifikationen
Motor	8100085: 220 W, 3825 U/min, 48 V, 5 A, DC 8251304: 200 W, 3000 U/min, 48 V, 5,2 A, DC
Rotor-Anker	8100085: 48 V, 5 A, DC 8251304: 48 V, 5,2 A, DC
Steuerschalter	8 A, 125 V, AC
Thermistorausgang	10 k Ω , LV-Typ 2
Zusätzlicher Stromeingang	24 V, 0,13 A, 50/60 Hz

Kondensatormotor (8100743)

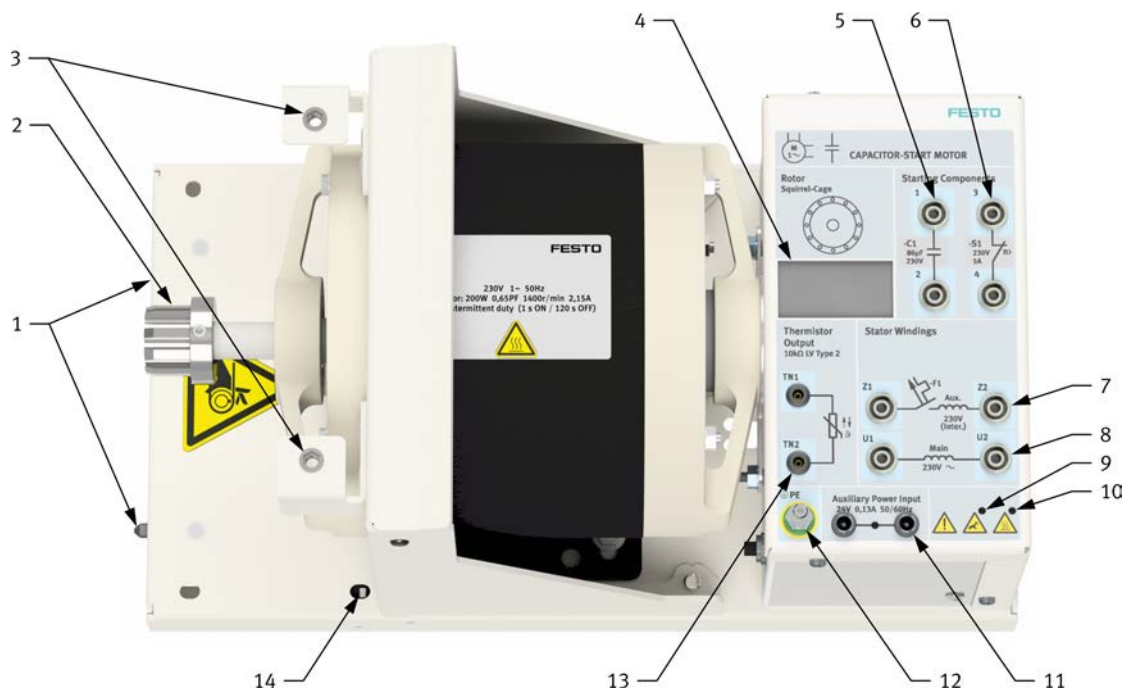


Abbildung 39: Frontplatte des Kondensatormotors.

Tabelle 30: Beschreibung des Kondensatormotors.

Nummer	Bauteilbezeichnung
1	Führungsstift und Bohrung der Grundplatte
2	Zahnrad mit 10 Zähnen
3	Schraubbohrungen zur Befestigung einer Schutzabdeckung
4	Anzeige
5	Anschlüsse für Anlaufkondensator (2)
6	Anschlüsse für Anlaufschalter (2)
7	Anschlüsse für Hilfsstatorwicklung (2)
8	Anschlüsse für Hauptstatorwicklung (2)
9	LED-Anzeige für Überhitzung der Maschine

Nummer	Bauteilbezeichnung
10	LED-Anzeige für fehlende Schutzabdeckung
11	Anschlüsse für Hilfsstromversorgungseingang (2)
12	Schutzleiteranschluss
13	Thermistor-Ausgangsanschlüsse (2)
14	Endschalter

Tabelle 31: Hauptspezifikationen des Kondensatormotors.

Komponenten und Parameter	Hauptspezifikationen
Netzanschluss	230 V, einphasig, 50 Hz
Mechanische Leistung	200 W
Leistungsfaktor	0.62
Nenndrehzahl	1426 U/min
Nennstrom	2,15 A
Betrieb des Kondensators C1	Aussetzbetrieb (1 s EIN / 120 s AUS)
Abmessungen (H x B x T)	TDB
Nettogewicht	TBD

48-V-PWM-Gleichstrom-Laderegler (8241563)

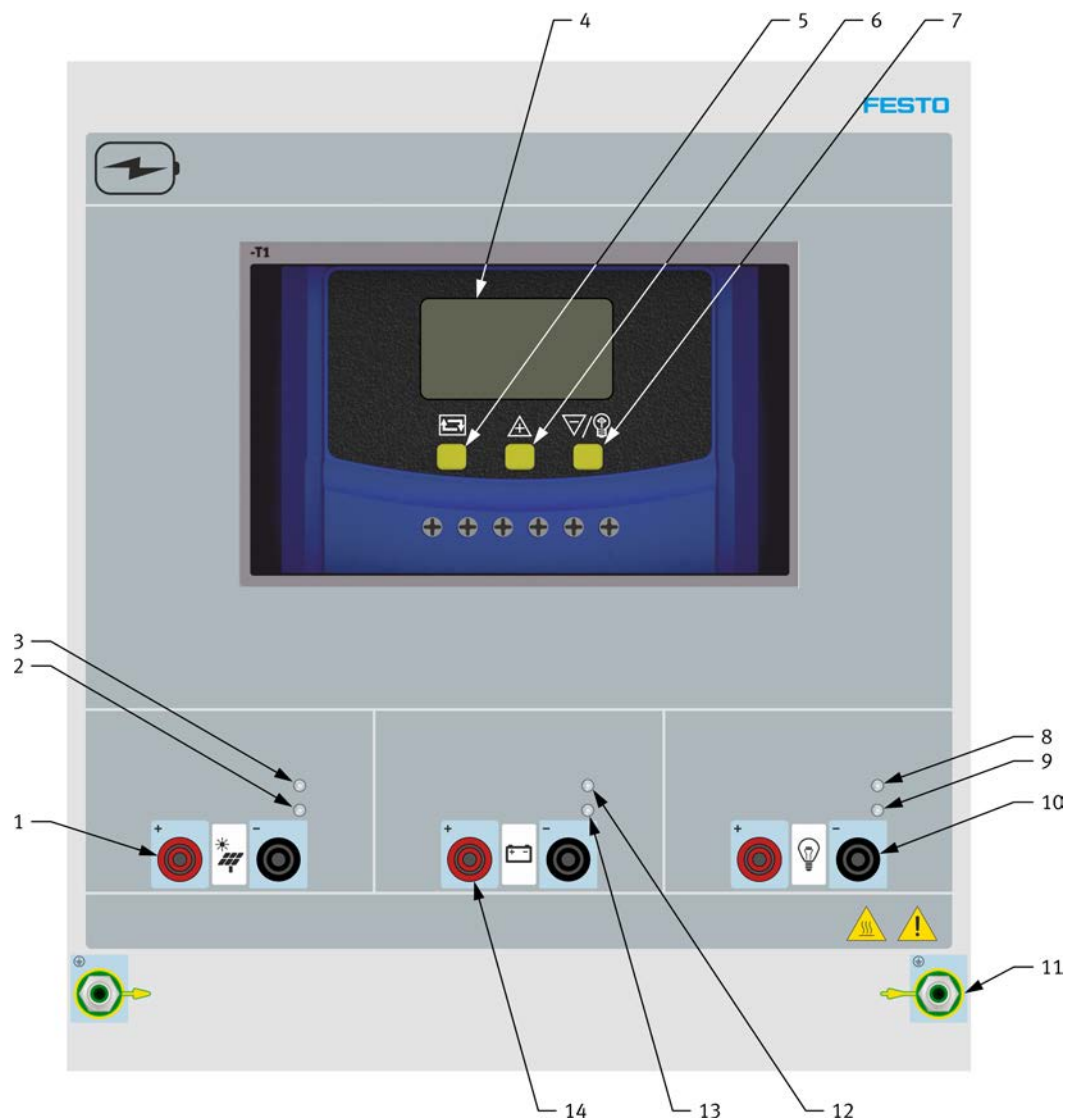


Abbildung 40: Frontplatte des Moduls 48-V-PWM-Gleichstrom-Laderegler.

Tabelle 32: Beschreibung des Moduls 48-V-PWM-Gleichstrom-Laderegler.

Nummer	Komponentenname
1	PV-Moduleingang (Anschlüsse + und -)
2	LED-Anzeige für Verpolung des PV-Moduls
3	LED-Anzeige für Überspannung (O/V) des PV-Moduls

Nummer	Komponentenname
4	Laderegler-Anzeige
5	Menütaste • Kurzes Drücken: wechselt zur Parameteranzeige. • Langes Drücken: startet oder verlässt den Parametermodus.
6	Pfeiltaste nach oben: drücken, um den Wert zu erhöhen.
7	Pfeiltaste nach unten: drücken, um den Wert zu verringern.
8	LED-Anzeige für Lastausgangsüberspannung (O/V)
9	LED-Anzeige für Verpolung des Lastausgangs
10	Lastausgang (Anschlüsse + und -)
11	Schutzerdungsanschlüsse (2)
12	LED-Anzeige Batterieüberspannung (O/V)
13	LED-Anzeige für Batterieverpolung
14	Batterieanschlüsse (Anschlüsse + und -)

	 WARNUNG
	Beim Versuch, nicht aufladbare Batterien zu laden, besteht Feuer- bzw. Explosionsgefahr! • Beim Laden von nicht aufladbaren Batterien können gefährliche Chemikalien aus den Batterien freigesetzt werden, die eine Feuer- bzw. Explosionsgefahr darstellen. • Versuchen Sie nie, nicht aufladbare Batterien mit dem 48-V-PWM-Gleichstrom-Laderegler aufzuladen.

48-V-MPPT-Gleichstrom-Laderegler (595050)

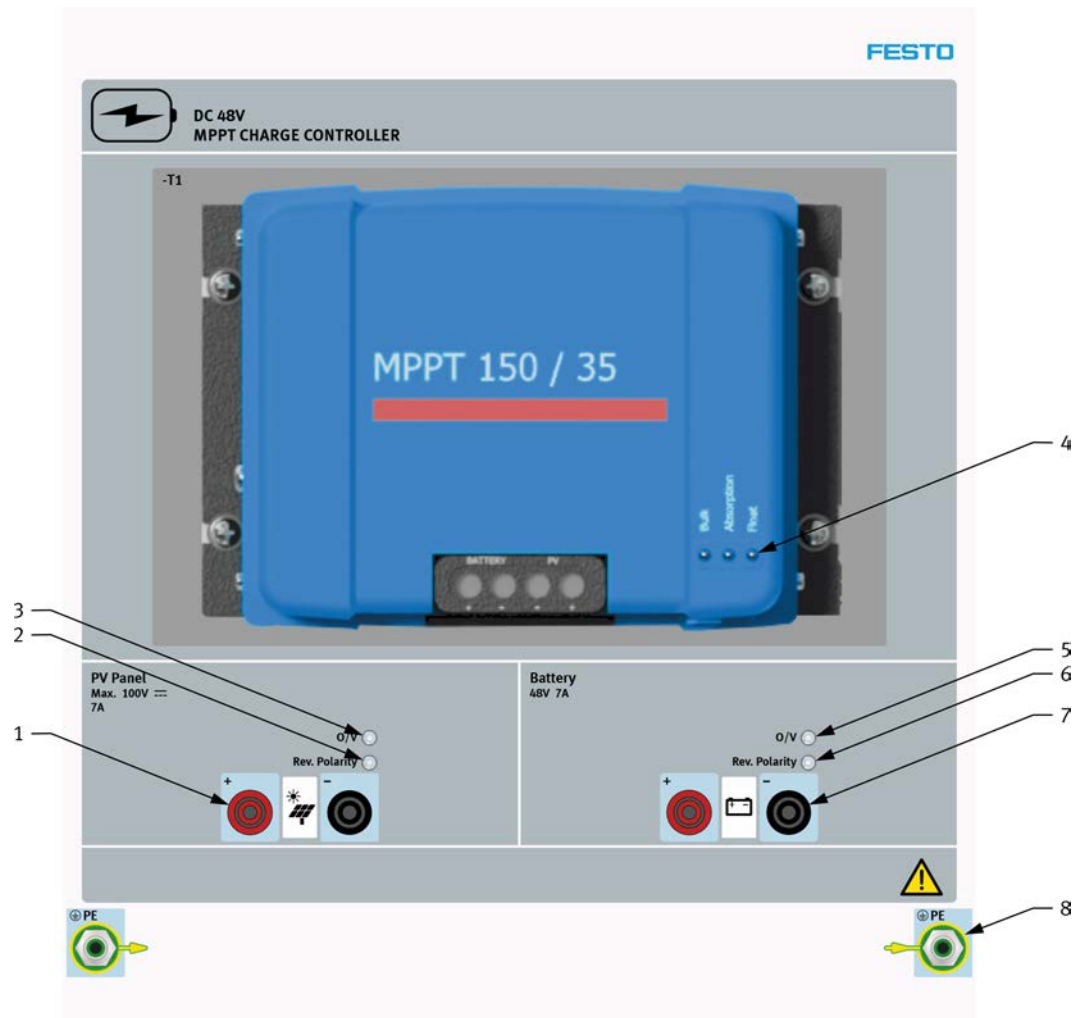


Abbildung 41: Frontplatte des Moduls 48-V-MPPT-Gleichstrom-Laderegler.

Tabelle 33: Beschreibung des Moduls 48-V-MPPT-Gleichstrom-Laderegler.

Nummer	Komponentenname
1	PV-Moduleingang (Anschlüsse + und -)
2	LED-Anzeige für Verpolung des PV-Moduls
3	LED-Anzeige für Überspannung (O/V) des PV-Moduls
4	LED-Anzeigen Batterieladephase (Hauptlade-, Ausgleichs- und Erhaltungsphase)
5	LED-Anzeige Batterieüberspannung (O/V)
6	LED-Anzeige für Batterieverpolung
7	Batterieanschlüsse (Anschlüsse + und -)
8	Schutzerdungsanschlüsse (2)

	 WARNUNG
	Beim Versuch, nicht aufladbare Batterien zu laden, besteht Feuer- bzw. Explosionsgefahr! • Beim Laden von nicht aufladbaren Batterien können gefährliche Chemikalien aus den Batterien freigesetzt werden, die eine Feuer- bzw. Explosionsgefahr darstellen. • Versuchen Sie nie, nicht aufladbare Batterien mit dem 48-V-MPPT-Gleichstrom-Laderegler aufzuladen.

230-V-Einphasen-Inselwechselrichter (595052)

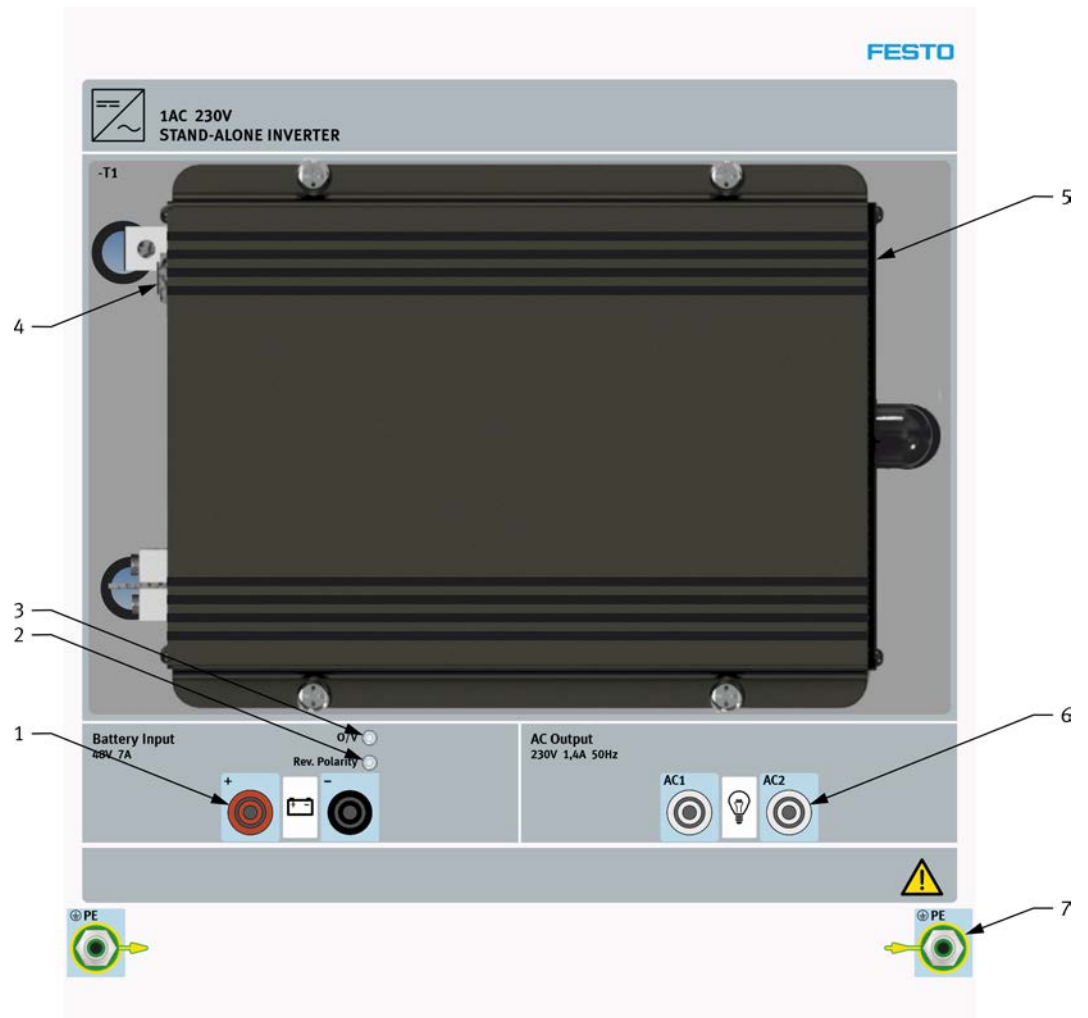


Abbildung 42: Frontplatte des Moduls 230-V-Einphasen-Inselwechselrichters.

Tabelle 34: Beschreibung des Moduls 230-V-Einphasen-Inselwechselrichters.

Nummer	Komponentenname
1	Batterieeingang (Anschlüsse + und -)
2	LED-Anzeige für Batterieeingangsverpolung
3	LED-Anzeige Batterieeingangsüberspannung (O/V)
4	Netzhauptschalter
5	LED-Anzeige Wechselrichter-Betriebszustand (rechte Seite des Moduls)
6	AC-Ausgang (Anschlüsse AC1 und AC2)
7	Schutzerdungsanschlüsse (2)

	 WARNUNG
	Um ein Feuer zu vermeiden, dürfen die Lüftungsöffnungen an beiden Seiten des Wechselrichtergehäuses nicht versperrt werden. Ein Abstand von mindestens 15 cm muss auf beiden Seiten des Gehäuses eingehalten werden.

Tabelle 35: Hauptspezifikationen des Moduls 230-V-Einphasen-Inselwechselrichter (595052).

Parameter	Nennwert
Batterieeingangsspannung	48 V DC
Batterieeingangsstrom	TS-400-Version: 7 A NTS-450-Version: 7,7 A
AC-Ausgangsspannung	230 V AC, einphasig
AC-Ausgangsfrequenz	50 Hz
AC-Ausgangsstrom	1,4 A
Montage	Für DIN-A4-Montagerahmen ausgelegt
Schutzart	IP20

Parameter	Nennwert
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	299 × 266 × 197 mm (11,77 × 10,47 × 7,76")
Gewicht	TS-400-Version: 4,0 kg (8,82 lb) NTS-450-Version: 3,8 kg (8,38 lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnung	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

Netzgekoppelter 230-V-Einphasen-Wechselrichter (595053)

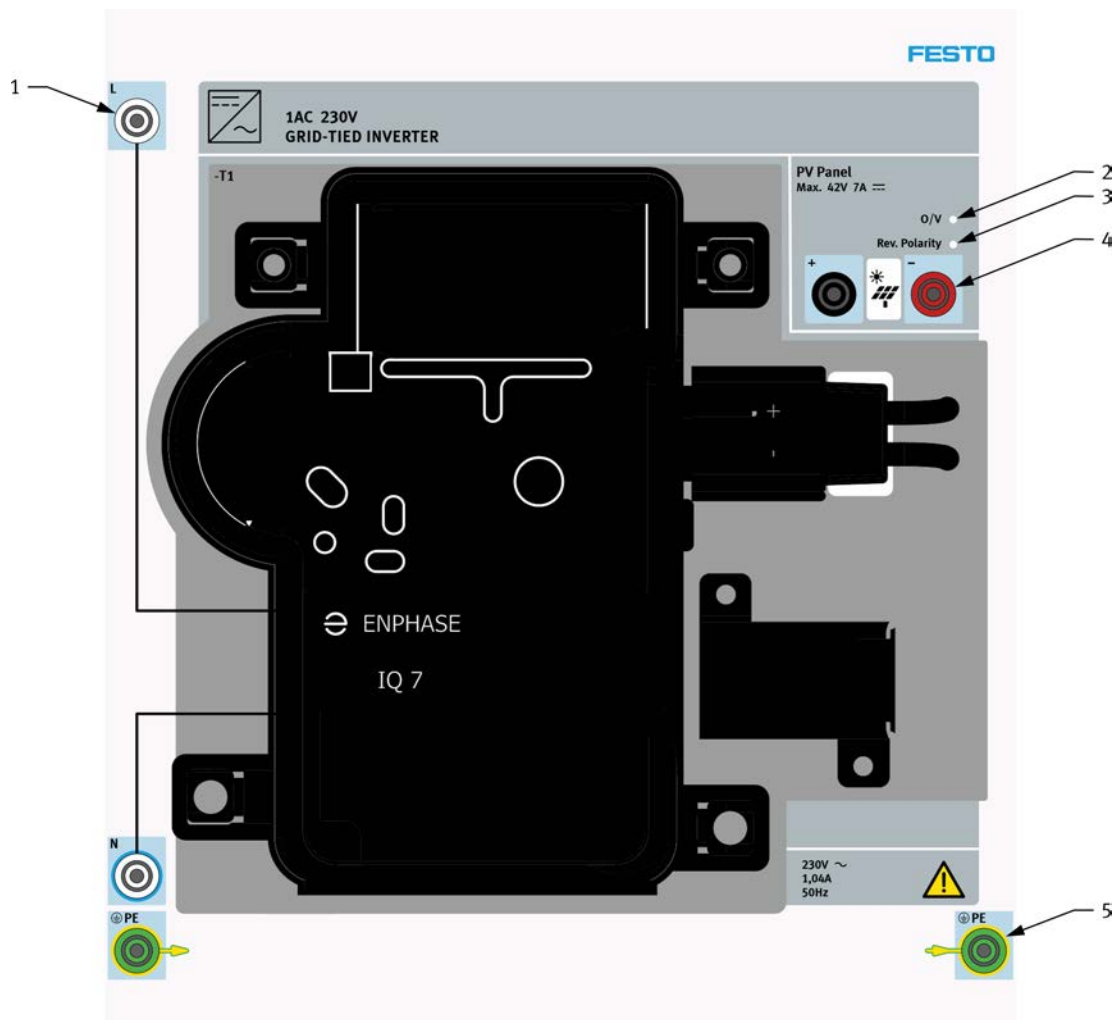


Abbildung 43: Frontplatte des Moduls Netzgekoppelter 230-V-Einphasen-Wechselrichter.

Tabelle 36: Beschreibung des Moduls Netzgekoppelter 230-V-Einphasen-Wechselrichter.

Nummer	Komponentenname
1	Stromeingang (Anschlüsse L und N)
2	LED-Anzeige für Überspannung (O/V) des PV-Moduls
3	LED-Anzeige für Verpolung des PV-Moduls
4	PV-Moduleingang (Anschlüsse + und -)
5	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Gleichrichter und Filterinduktoren/Kondensatoren (8243905)

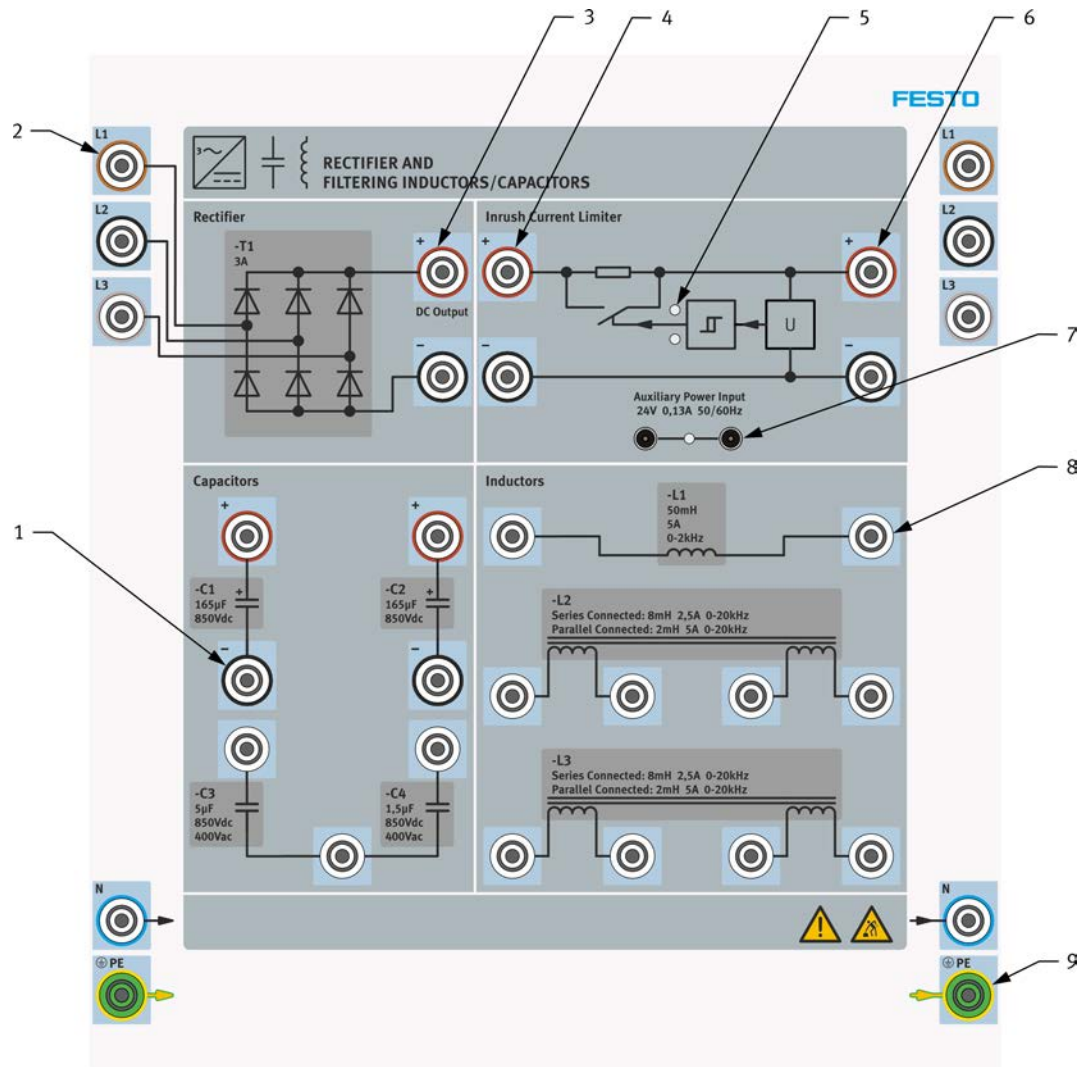


Abbildung 44: Frontplatte des Moduls Gleichrichter und Filterinduktoren/Kondensatoren.

Tabelle 37: Beschreibung des Moduls Gleichrichter und Filterinduktoren/Kondensatoren.

Nummer	Komponent
1	Eingänge und Ausgänge der Filterkondensatoren (Anschlüsse + und – der Abschnitte -C1, -C2, -C3 und -C4)
2	Dreiphasiger Eingang des Gleichrichters (Anschlüsse L1, L2 und L3)
3	DC-Ausgang (Anschlüsse + und - des Abschnitts -T1)

Nummer	Komponent
4	Eingang des Einschaltstrombegrenzers (Klemmen + und –). Der Einschaltstrombegrenzer ist erforderlich, wenn der Ausgang des Gleichrichters den Gleichstromzwischenkreis des IGBT-Choppers/ Wechselrichters speist. Die groß dimensionierten Zwischenkreiskondensatoren ziehen beim Einschalten einen hohen Einschaltstrom; der Begrenzer reduziert diesen Strom und verhindert das Auslösen des Hauptschutzschalters.
5	Ausgang des Einschaltstrombegrenzers (Klemmen + und –)
6	Eingänge und Ausgänge der Filterinduktoren (alle Anschlüsse der Abschnitte -L1, -L2 und -L3)
7	Schutzerdungsanschlüsse (2)
8	Eingänge und Ausgänge der Filterinduktivitäten (alle Klemmen der Abschnitte -L1, -L2 und -L3)
9	Schutzerdungsklemmen (2)

Tabelle 38: Wichtigste technische Daten des Moduls Gleichrichter und Filterinduktoren/Kondensatoren.

Parameter	Wert
Maximale Netzspannung	230/400 V AC, dreiphasig
Netzfrequenz	50 Hz
Maximaler Gleichrichterausgangsstrom	3 A
Hilfsenergie	24 V AC, 0,13 A, 50/60 Hz
Abmessungen (H × B × T)	299 × 266 × 143 mm (11,69 × 10,47 × 5,51")
Gewicht	9,50 kg (20,9 lb)

IGBT-Chopper/-Wechselrichter (8167609)

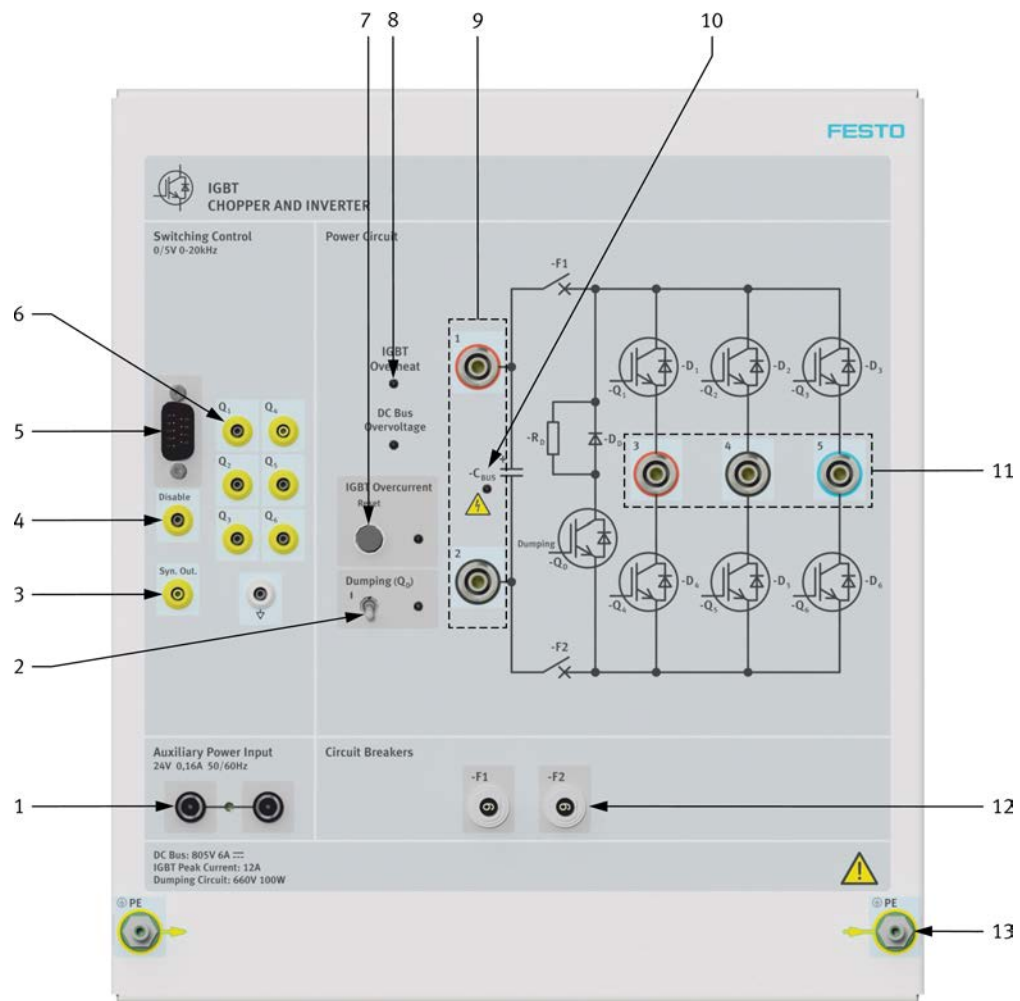


Abbildung 45: Frontplatte des IGBT-Choppers/-Wechselrichters.



In Aufbauten, bei denen der DC-Bus direkt an das dreiphasige Wechselstromnetz angeschlossen ist, erfordert die Übereinstimmung des IGBT-Choppers/-Wechselrichters (8167609) mit den Anforderungen für elektromagnetische Emissionen der EN 61326-1:2021 die Verwendung sowohl des Drehstromfilters (8166653) als auch der 400-V-Drehstrom- und 230-V-Gleichstromversorgung (594825). Wenn Sie den IGBT-Chopper/-Wechselrichter verwenden, sollten Sie immer den Drehstromfilter und die 400-V-Drehstrom- und 230-V-Gleichstromversorgung in die Schaltung einbeziehen, wenn dies in den Kursen so angegeben ist.

1. Anschlüsse für den zusätzlichen Stromeingang. Für die Stromversorgung des Moduls über eine dieser Anschlüsse ist eine 24-V-Wechselstromversorgung erforderlich. Da beide Anschlüsse miteinander verbunden sind, kann, wenn einer der Anschlüsse mit Strom versorgt wird, der andere Anschluss zur Versorgung eines anderen Moduls verwendet werden.

HINWEIS

Stellen Sie sicher, dass eine der Anschlüsse für den zusätzlichen Stromeingang an eine 24-V-Wechselstromversorgung angeschlossen ist, **bevor** Sie den IGBT-Chopper/-Wechselrichter in irgendeiner Weise verwenden. Andernfalls könnte das Modul beschädigt werden.

2. Entlade-Schalter (Q_D) und -LED. Die Entlade-Schaltung dient dazu, Überspannungen auf dem Gleichstrombus des Moduls zu verhindern. Diese Schaltung wird aktiviert, indem der Entlade-Schalter auf die Position I gestellt wird. Die LED leuchtet auf, wenn Energie in den Entlade-Widerstand (R_D) eingespeist wird.
3. Synchronisationsausgang (Syn. Out. Anschluss) Dieser Anschluss ermöglicht den Zugriff auf das Synchronisationssignal von der Mess- und Steuerinterface oder von der Steuereinheit des IGBT-Choppers/-Wechselrichters. Dieses Signal kann zur Synchronisierung eines Oszilloskops bei der Beobachtung der Schaltsteuersignale verwendet werden.
4. Abschaltung-Anschluss. Dieser Anschluss ermöglicht die Abschaltung der IGBTs, wenn 5 V an ihn angelegt werden. In diesem Fall wird die Gate-Spannung der IGBTs auf 0 V gezwungen, so dass die IGBTs offen bleiben. Die IGBTs können nur angesteuert werden, wenn keine Spannung am Abschaltung-Anschluss anliegt.
5. Schaltsteuereingang 9-poliger Anschluss. Über diesen Anschluss kann eine Steuerung Q_1 bis Q_6 des IGBT-Choppers/-Wechselrichters steuern (typischerweise über die digitalen Ausgänge der Mess- und Steuerinterface oder die Steuerausgänge des IGBT-Choppers/-Wechselrichters).
6. Schaltsteuereingänge (Anschlüsse Q_1 bis Q_6 und gemeinsam). Diese Anschlüsse sind direkt mit dem 9-poligen Anschluss des Schaltsteuereingangs verbunden. In der Regel ermöglichen sie die Beobachtung der Schaltsteuersignale, die an den Gates von Q_1 bis Q_6 anliegen. Wenn keine Steuerung an den 9-poligen Anschluss angeschlossen ist, können diese Schaltsteuereingänge außerdem zur Steuerung von Q_1 bis Q_6 verwendet werden. Schließlich ermöglichen die Schaltsteuereingänge die Einleitung von Fehlern in das Modul (z. B. wird durch Verbinden von Anschluss 2 mit der gemeinsamen Anschluss Q_2 deaktiviert).
7. IGBT-Überstrom-Reset-Knopf und LED. Die LED leuchtet auf, wenn die Schaltung einen momentanen Überstromzustand erkennt. Wenn ein solcher Zustand an einem der IGBTs erkannt wird, werden die 6 IGBTs (Q_1 bis Q_6) abgeschaltet und die Taste muss gedrückt werden, um diese Schutzschaltung zurückzusetzen.
8. IGBT-Überhitzungs- und Gleichstrombus-Überspannungs-LEDs. Diese LEDs leuchten auf, wenn der entsprechende Zustand erkannt wird. Wenn einer der beiden Zustände von den Schaltungen erkannt wird, werden die 6 IGBTs (Q_1 bis Q_6) abgeschaltet, um Schäden zu vermeiden. Diese Schutzschaltungen werden automatisch zurückgesetzt, sobald die Temperatur der IGBTs und/oder die Spannung auf dem Gleichstrombus wieder ein sicheres Niveau erreicht haben.

9. Gleichstrombus-Anschlüsse (1 und 2). Diese Anschlüsse werden verwendet, um den IGBT-Wandler mit Gleichspannung zu versorgen.
10. LED für gefährliche Spannung. Wenn diese LED leuchtet, werden die Kondensatoren des Gleichstrombusses mit einer Spannung geladen, die gefährlich sein kann.

	 VORSICHT
	Solange diese LED leuchtet, muss das Modul mit einer Schutzterde verbunden bleiben, um einen Stromschlag zu vermeiden.

11. Chopper/Wechselrichter-Zweiganschlüsse (3, 4 und 5). Diese Anschlüsse ermöglichen den Zugriff auf den mittleren der drei Zweige des Choppers/Wechselrichters.

HINWEIS
Wenn Sie die Zweiganschlüsse an das Netz anschließen, vergewissern Sie sich, dass der Gleichstrombus zuvor auf eine geeignete Spannung vorgeladen wurde, die der Netzspannung Ihres örtlichen Wechselstromnetzes mal $\sqrt{2}$ entspricht (z. B. 566 V für ein 230/400 V Wechselstromnetz).

12. Reset-Knöpfe des Leitungsschutzschalters (-F1 und -F2). Diese Leitungsschutzschalter schützen die positiven und negativen Zweige des Gleichstrombusses vor Überlastungen.

13. Schutzerdungsanschlüsse (2)

Tabelle 39: Wichtigsten Spezifikationen des IGBT-Choppers/-Wechselrichters.

Parameter	Unterparameter	Wert
Gleichstrombus	Maximale Spannung	805 V
	Maximaler Strom	6 A
	Filterkondensator	680 µF
Schutzmaßnahmen	Gleichstrombus-Überspannung	847 V ± 10%

Parameter	Unterparameter	Wert
	Gleichstrombus-Leitungsschalter	6 A
	IGBT elektronischer Überstrom	15 A
	IGBT-Überhitzung	60°C
Entlade-Schaltung	Spannungsschwelle	660 V ± 10%
	Widerstand	250 Ω, 100 W
Schaltsteuersignale	Spannungspegel	0/5 V
	Hoher Strompegel	600 nA
	Frequenzbereich	0-20 kHz
	Mindest-Totzeit	1,2 µs
Strombedarf		24 V, 0,2 A, 50/60 Hz
Zubehör		• 24-V-Netzkabel (1) • 2-mm-Bananenstecker-Messleitungen (2) • DB9-Kabel (1)
Abmessungen (H x B x T)		297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51 in)
Gewicht		5.85 kg (12,9 lb)

Drehstromfilter (8166653)

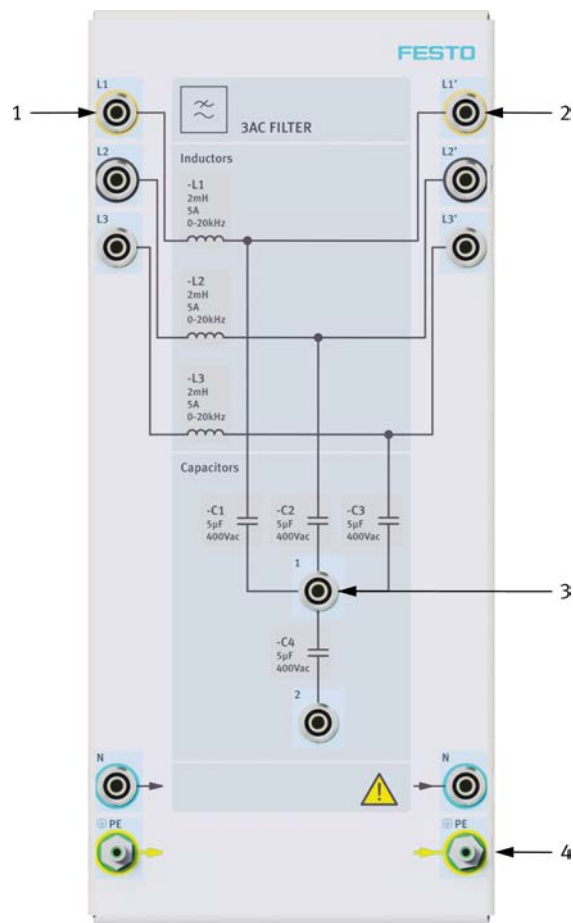


Abbildung 46: Frontplatte des Drehstromfilters.

1. Drehstromfilter, Induktorseite (Anschlüsse L1, L2, L3 und N)
2. Drehstromfilter, Kondensatorseite (Anschlüsse L1', L2', L3' und N)
3. Gemeinsamer Anschluss des Filterkondensators (Anschlüsse 1 und 2)
4. Schutzerdungsanschlüsse (2)

Tabelle 40: Wichtigsten Spezifikationen des Drehstromfilters.

Parameter	Unterparameter	Wichtigste Spezifikationen
Maximale Netzspannung		400 V ac, dreiphasig
Induktoren	Nummer	3
	Bemessungsdaten	2 mH – 5 A – 0-20 kHz
Kondensatoren	Nummer	4
	Typ	Metallisiertes Polypropylen
	Bemessungsdaten	5 μ F – 400 V
Abmessungen (H x B x T)		297 x 133 x 140 mm (11,69 x 5,24 x 5,51 in)
Gewicht		3,15 kg (6,94 lb)

Leistungsthyristoren (8167245)

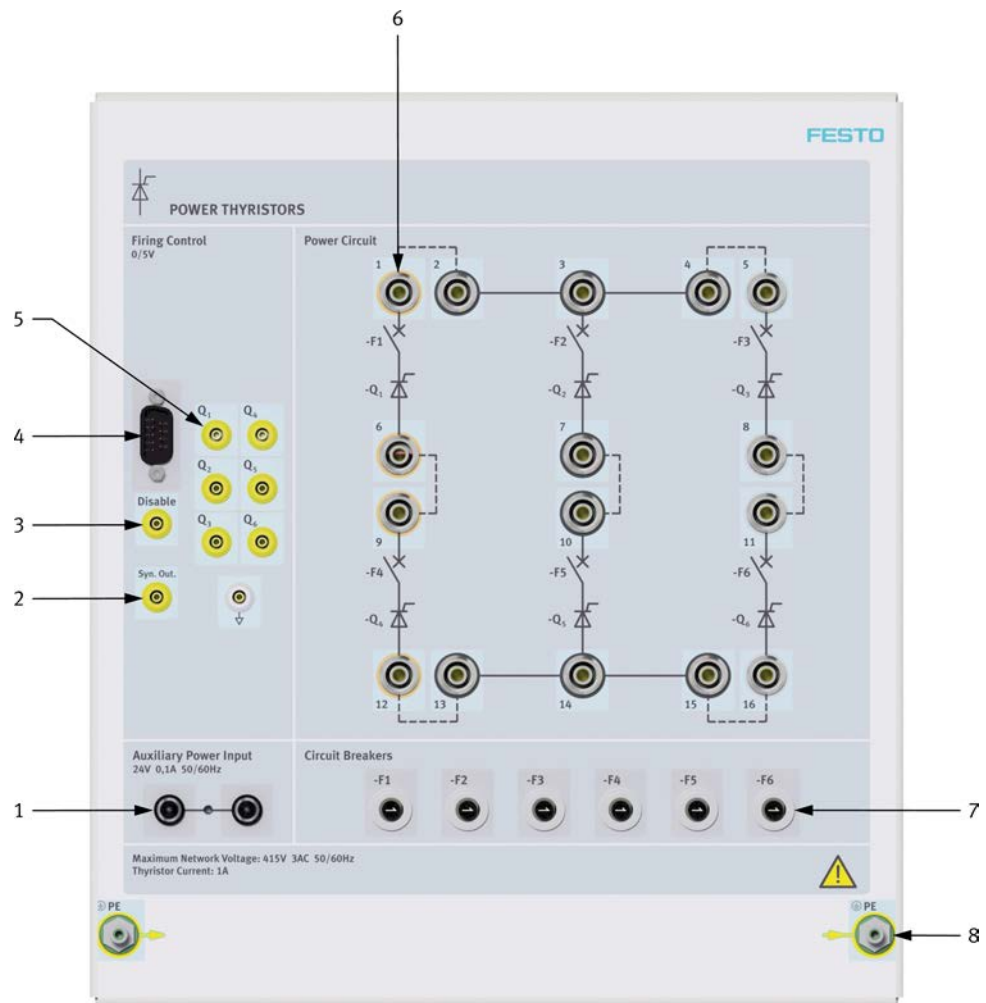


Abbildung 47: Frontplatte der Leistungsthyristoren.

HINWEIS

Die Einhaltung der Anforderungen an die leitungsgebundenen Emissionen der EN 61326-1:2021 durch die Leistungsthyristoren (8167245) erfordert die Verwendung des Drehstromfilters (8166653). Wenn Sie die Leistungsthyristoren verwenden, müssen Sie immer den Drehstromfilter in die Schaltung einbeziehen, wie es in den Kursen beschrieben ist.

1. Anschlüsse für den zusätzlichen Stromeingang. Für die Stromversorgung des Moduls über eine dieser Anschlüsse ist eine 24-V-Wechselstromversorgung erforderlich. Da beide Anschlüsse miteinander verbunden sind, kann, wenn einer der Anschlüsse mit Strom versorgt wird, der andere Anschluss zur Versorgung eines anderen Moduls verwendet werden.

HINWEIS

Stellen Sie sicher, dass einer der Anschlüsse des zusätzlichen Stromeingangs an eine 24-V-Wechselstromversorgung angeschlossen ist, **bevor** Sie die Leistungsthyristoren in irgendeiner Weise verwenden. Andernfalls könnte das Modul beschädigt werden.

2. Synchronisationsausgang (Syn. Out. Anschluss) Dieser Anschluss ermöglicht den Zugriff auf das Synchronisationssignal der Mess- und Steuerinterface. Dieses Signal kann zur Synchronisierung eines Oszilloskops bei der Beobachtung der Schaltsteuersignale verwendet werden.
3. Abschaltung-Anschluss. Dieser Anschluss ermöglicht die Abschaltung der Thyristoren, wenn 5 V an ihn angelegt werden. In diesem Fall sind die Thyristoren gezwungen, offen zu bleiben. Die Thyristoren können nur angesteuert werden, wenn keine Spannung am Abschaltung-Anschluss anliegt.
4. Zündsteuereingang 9-poliger Anschluss. Über diesen Anschluss kann eine Steuerung Q_1 bis Q_6 der Leistungsthyristoren steuern (typischerweise über die digitalen Ausgänge der Mess- und Steuerinterface).
5. Zündsteuereingänge (Anschlüsse Q_1 bis Q_6 und gemeinsam). Diese Anschlüsse sind direkt mit dem 9-poligen Anschluss für den Zündsteuereingang verbunden. In der Regel ermöglichen sie die Beobachtung der Zündsteuersignale, die an den Gates von Q_1 bis Q_6 anliegen. Wenn keine Steuerung an den 9-poligen Anschluss angeschlossen ist, können diese Zündsteuereingänge außerdem zur Steuerung von Q_1 bis Q_6 verwendet werden. Schließlich ermöglichen die Zündsteuereingänge die Einleitung von Fehlern in das Modul (z. B. wird durch Verbinden von Anschluss 2 mit der gemeinsamen Anschluss Q_2 deaktiviert).
6. Anoden- und Kathodenanschlüsse des Thyristors (Anschlüsse 1 bis 16). Diese Anschlüsse ermöglichen den Zugang zu den Leistungsthyristoren für den Anschluss an eine Schaltung.
7. Reset-Knöpfe des Leitungsschutzschalters (-F1, -F2, -F3, -F4, -F5 und -F6). Diese Leitungsschutzschalter schützen die Thyristoren vor Überlastungen.
8. Schutzerdungsanschlüsse (2)

Tabelle 41: Wichtigsten Spezifikationen der Leistungsthyristoren.

Parameter	Wert
Maximale Netzspannung	415 V – 3AC – 50/60Hz
Thyristorstrom	1 A
Zusätzlicher Stromeingang	24 V ac – 0,1 A – 50/60 Hz
Zündsteuerung	0-5 V
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51 in)
Gewicht	3,20 kg (7,05 lb)

Windturbinengenerator mit Steuereinheit (595061)

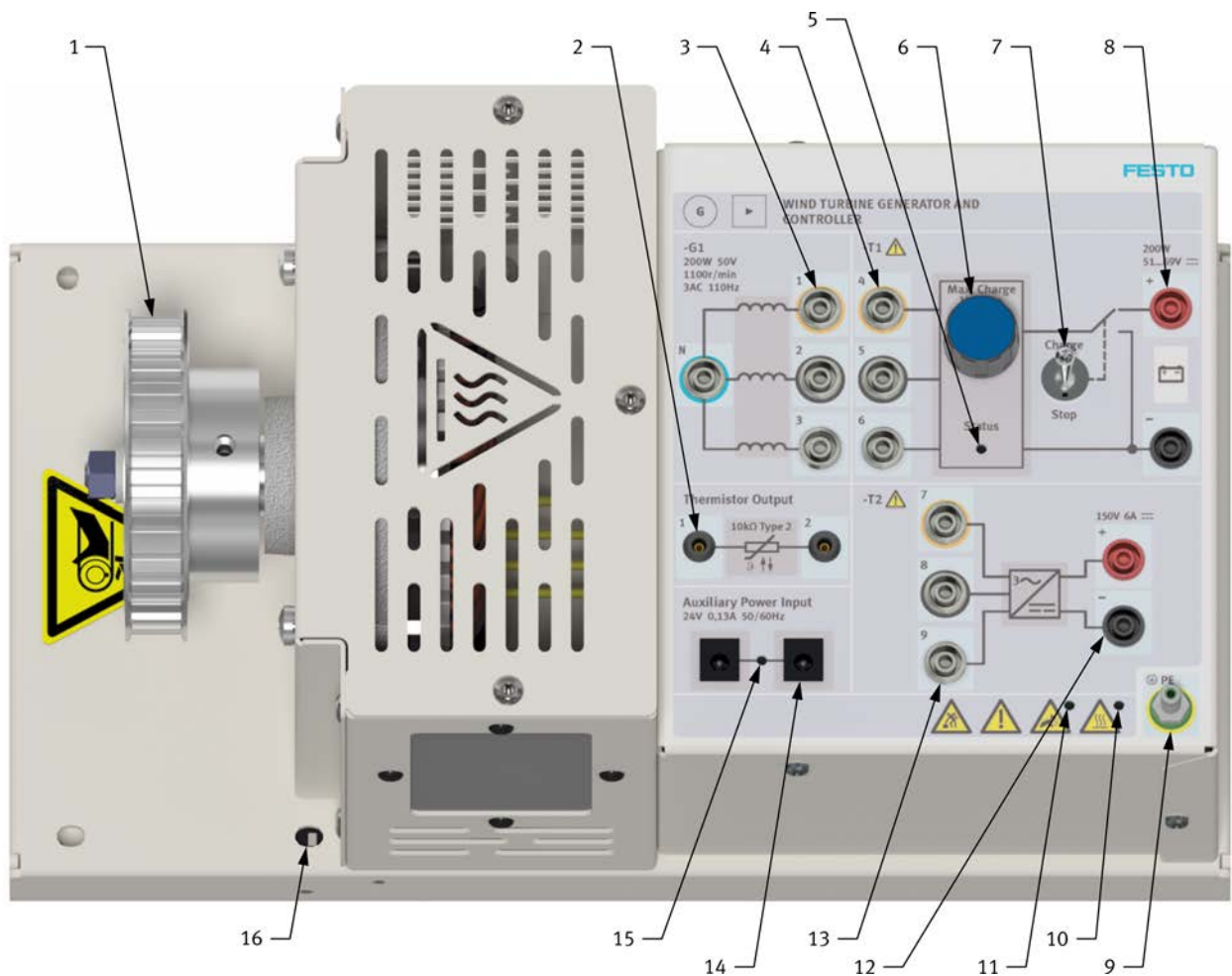


Abbildung 48: Frontplatte des Moduls Windturbinengenerator mit Steuereinheit.

Tabelle 42: Beschreibung des Moduls Windturbinengenerators mit Steuereinheit.

Nummer	Komponentenname
1	Riemenscheibe mit 32 Zähnen
2	Thermistorausgang des Generators (Anschlüsse 1 und 2)
3	Generatorwicklungen (Anschlüsse 1, 2, 3 und N)
4	Dreiphasen-Wechselstromeingang des Reglers (Anschlüsse 4, 5 und 6)
5	LED-Anzeige für den Regler-Betriebszustand

Nummer	Komponentenname
6	Drehknopf für die maximale Ladespannung des Reglers
7	Lade-/Stopp-Schalter des Reglers
8	DC-Ausgang des Reglers (Anschlüsse + und -)
9	Schutzerdungsanschluss
10	LED-Anzeige Generatorüberhitzung
11	LED-Anzeige Schutzabdeckung fehlt
12	Dreiphasen-Brückengleichrichter (Anschlüsse + und -)
13	Dreiphasen-Brückengleichrichter (Anschlüsse 7, 8 und 9)
14	Stecker Hilfsstromeingang (2)
15	LED-Anzeige Hilfsspannungsversorgung ein
16	Endschalter

	! WARNUNG
	Bei Verwendung eines Akkusatzes ohne Überstrom-Schutzvorrichtung besteht Feuergefahr! • Das Kurzschließen eines Akkusatzes ohne Überstromschutz verursacht einen zu hohen Strom, der zu Überhitzung und Brandgefahr führen kann. • Bei Verwendung des Windturbinengenerators mit Steuereinheit mit einem anderen Akkusatz als dem 48-V-Bleiakkusatz von Festo Didactic verbinden Sie immer eine geeignete Überstromvorrichtung (z. B. ein Leitungsschutzschalter) in Reihe mit dem Akkusatz, um die Feuergefahr zu minimieren.

	 WARNUNG
	Es besteht die Gefahr von elektrischen Schlägen, wenn eine Hilfsspannungsversorgung von einer 24-V-Wechselstromversorgung kommt, die nicht für den Betrieb mit CAT II-Schaltkreisen zugelassen ist! Verwenden Sie immer eine doppelt isolierte 24-V-Wechselstromversorgung wie die von Festo Didactic, um die Geräte mit einer Hilfsspannung zu versorgen.

HINWEIS
• Anschlüsse 4, 5 und 6 (-T1, Dreiphasen-Wechselstromeingang des Reglers) können nur mit Anschlüssen 1, 2 und 3 (-G1, Generatorwicklungen) verbunden werden. • Anschlüsse 7, 8 und 9 (-T2, Eingang des Dreiphasen-Brückengleichrichters) können nur mit Anschlüssen 1, 2 und 3 (-G1, Generatorwicklungen) verbunden werden.

Solarmodul-Prüfstand (595057)

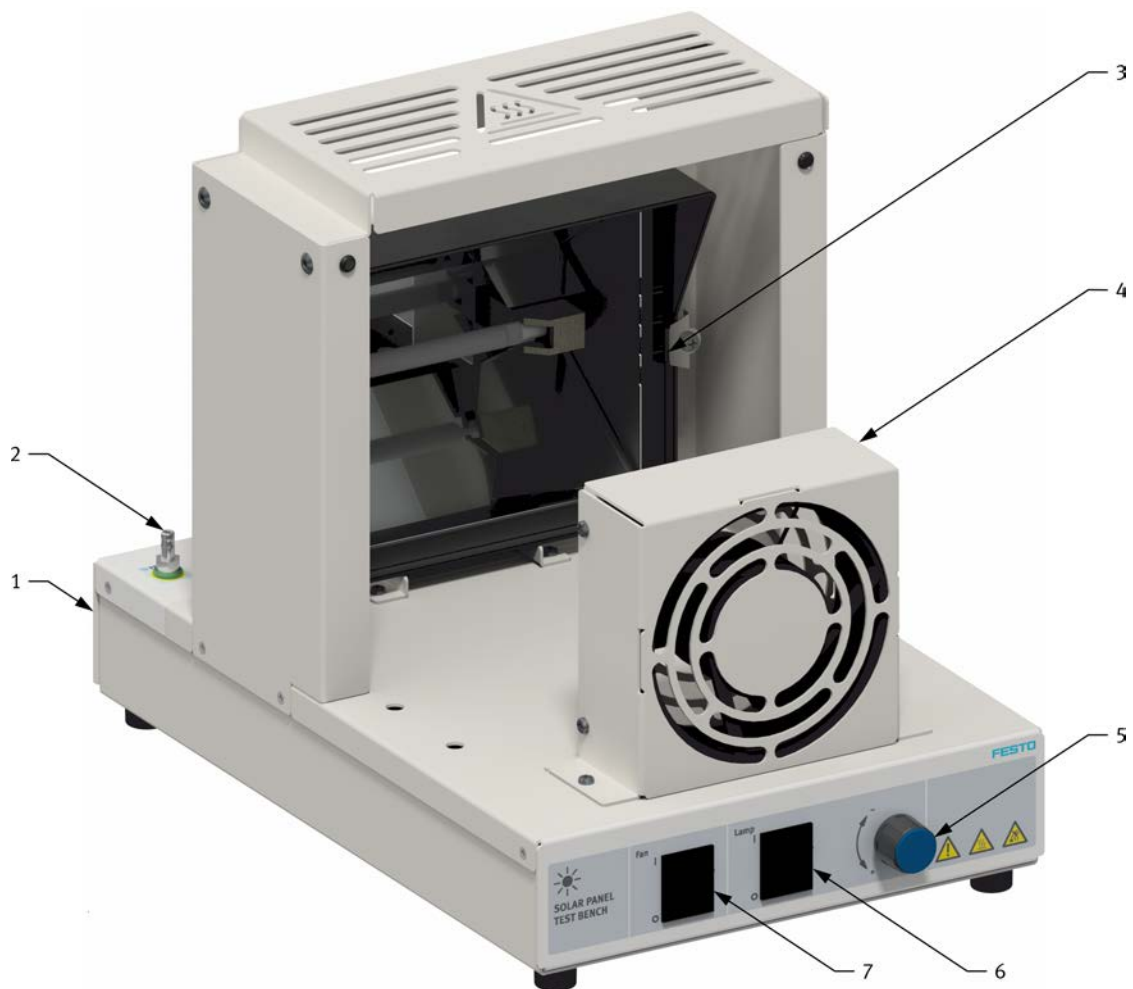


Abbildung 49: Frontplatte des Moduls Solarmodul-Prüfstand.

Tabelle 43: Beschreibung des Moduls Solarmodul-Prüfstand.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Netzanschlussstecker mit Sicherungshalter (Rückseite des Geräts)
2	Schutzleiterklemmen (2)
3	Halogenlampe
4	Lüfter
5	Drehknopf für den Dimmer (Lampenhelligkeit)
6	Ein-/Ausschalter (I)/Aus (O) für Halogenlampe
7	Ein-/Ausschalter (I)/Aus (O) für Lüfter

Tabelle 44: Hauptspezifikationen des Moduls Solarmodul-Prüfstand.

Parameter	Nennwert
Eingang	1,5 A, 230 V – 50/60 Hz, 1-phasig, einschließlich Außenleiter, Neutralleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den örtlichen Vorschriften.
Montage	Ausgelegt für DIN-A4-Montagerahmen
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (industrielle Umgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51")
Gewicht	X kg (X lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnungen	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

Austausch der Glühbirne

Trennen Sie das Modul von allen Stromquellen, bevor Sie eine Glühbirne austauschen. Verwenden Sie stets eine Glühbirne des gleichen Typs mit den gleichen Nennstärken wie die ursprüngliche Birne.

	 VORSICHT
	Glühbirnen können sehr heiß werden, wenn sie längere Zeit in Betrieb sind. Um Verbrennungen zu vermeiden, warten Sie daher vor dem Austausch, bis sie sich abgekühlt haben.

Monokristallines Siliziumsolarmodul (595058)

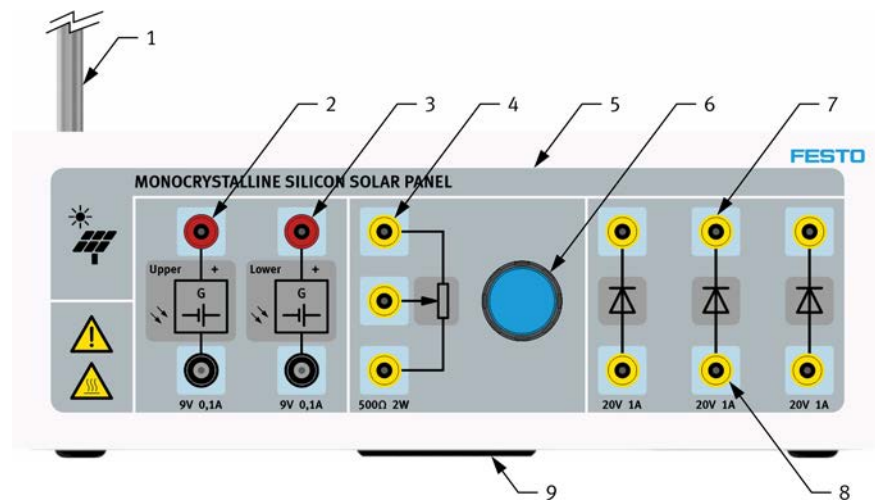


Abbildung 50: Frontplatte des Moduls Monokristallines Siliziumsolarmodul.

Tabelle 45: Beschreibung des Moduls Monokristallines Siliziumsolarmodul.

Nummer	Komponentenname
1	Führungsstab zur Ausrichtung des Moduls
2	Anschlüsse des oberen PV-Moduls (2)
3	Anschlüsse des unteren PV-Moduls (2)
4	Potenzimeteranschlüsse (3)
5	Oberes und unteres PV-Modul (Vorderseite des PV-Moduls)
6	Potentiometer-Drehknopf
7	Dioden-Kathode-Anschlüsse (3)
8	Dioden-Anoden-Anschlüsse (3)
9	Digitalthermometer (Rückseite des PV-Moduls)

Austausch der Thermometerzelle

Verwenden Sie stets eine Zelle des gleichen Typs mit den gleichen Nennstärken wie die ursprüngliche Zelle.

230-V-Einphasen-Energiezähler (594904)

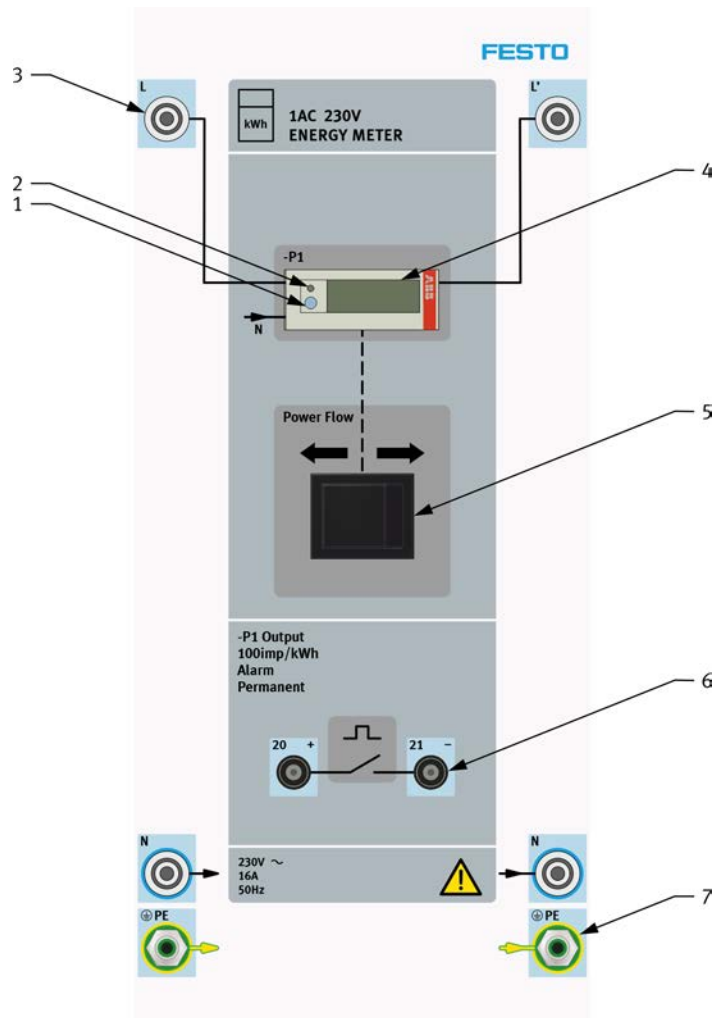


Abbildung 51: Frontplatte des Moduls 230-V-Einphasen-Energiezähler.

Tabelle 46: Beschreibung des Moduls 230-V-Einphasen-Energiezähler.

Nummer	Komponentenname
1	Taste Zählereinstellung/Anzeige
2	LED-Anzeige für gemessene Energie
3	Spannungs- und Strommessanschlüsse (L, L' und N)
4	Zähleranzeige
5	Wahlschalter für Richtung des Energieflusses
6	Impulsausgang (Anschlüsse 20 und 21)
7	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Pyranometer (579784)

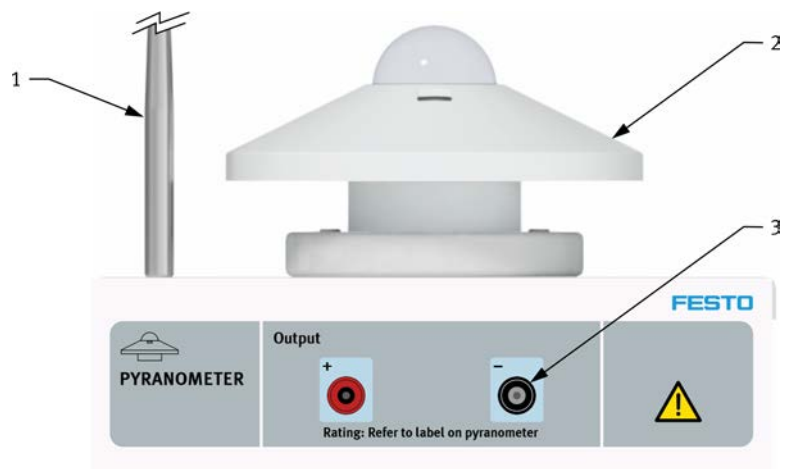


Abbildung 52: Frontplatte des Moduls Pyranometer.

Tabelle 47: Beschreibung des Moduls Pyranometer.

Nummer	Komponentenname
1	Führungsstab zur Ausrichtung des Pyranometers
2	Pyranometer
3	Pyranometerausgang (Anschlüsse + und -)

Drehstromtransformatorenbank (594823)

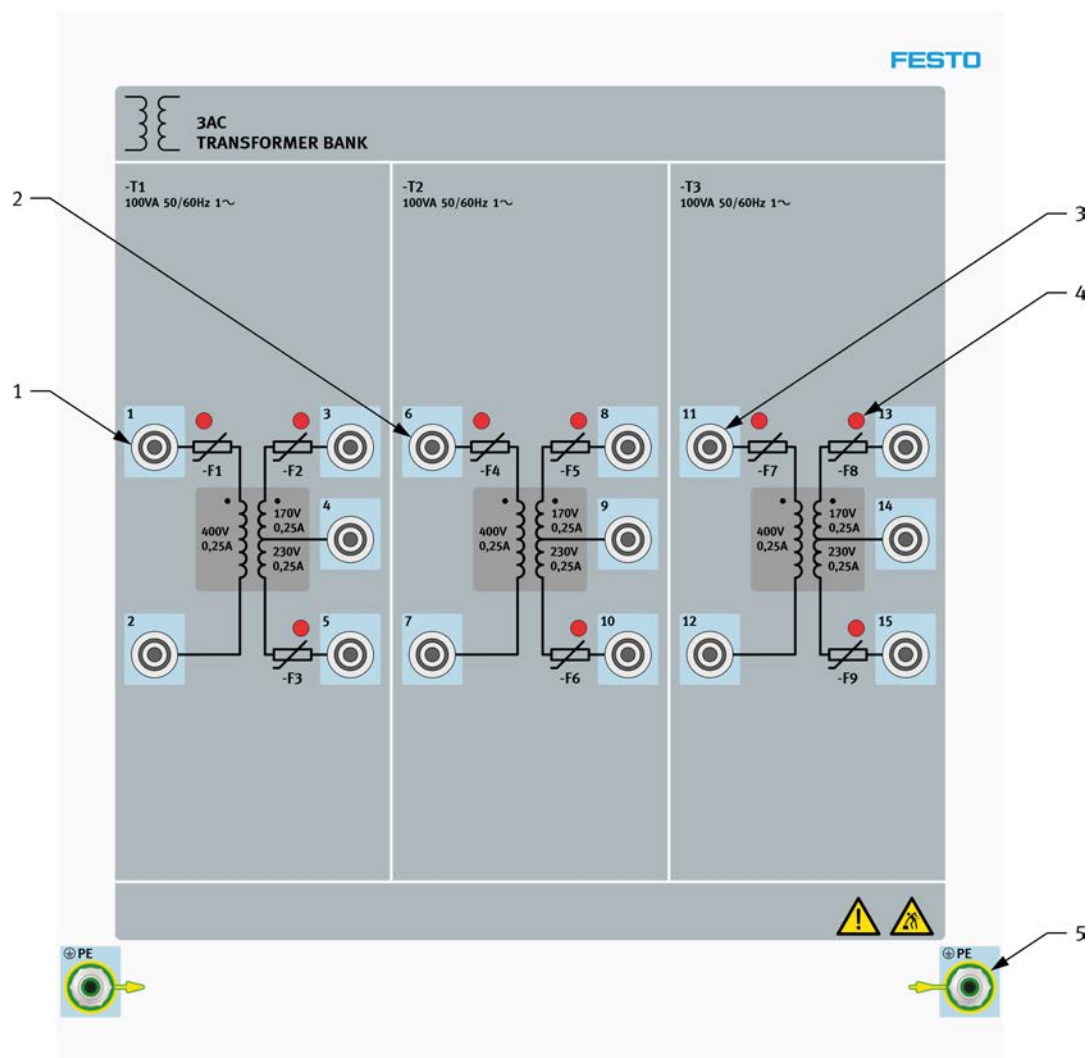


Abbildung 53: Frontplatte des Moduls Drehstromtransformatorenbank.

Tabelle 48: Beschreibung des Moduls Drehstromtransformatorenbank.

Nummer	Komponentenname
1	Anschlüsse des Netztransformators T1 (Anschlüsse 1, 2, 3, 4 und 5)
2	Anschlüsse des Netztransformators T2 (Anschlüsse 6, 7, 8, 9 und 10)
3	Anschlüsse des Netztransformators T3 (Anschlüsse 11, 12, 13, 14 und 15)
4	LED-Anzeigen Sicherungsstatus (9)
5	Schutzerdungsanschlüsse (2)

	 WARNUNG
	Stromschlaggefahr bei Verwendung der Drehstromtransformatorenbank mit einer Wechselstromquelle eines anderen Geräteherstellers! - Die Drehstromtransformatorenbank ist als Überspannungskategorie II (CAT II) Gerät klassifiziert. - Um das oben genannte Risiko eines Stromschlags zu minimieren, verwenden Sie die Drehstromtransformatorenbank niemals mit einer Wechselstromquelle, deren Netz-Neutraleiter-Spannung 230 V übersteigt, wie im Abschnitt Strombedarf in diesem Dokument beschrieben.

Einphasen-Wechselstromtransformator (594824)

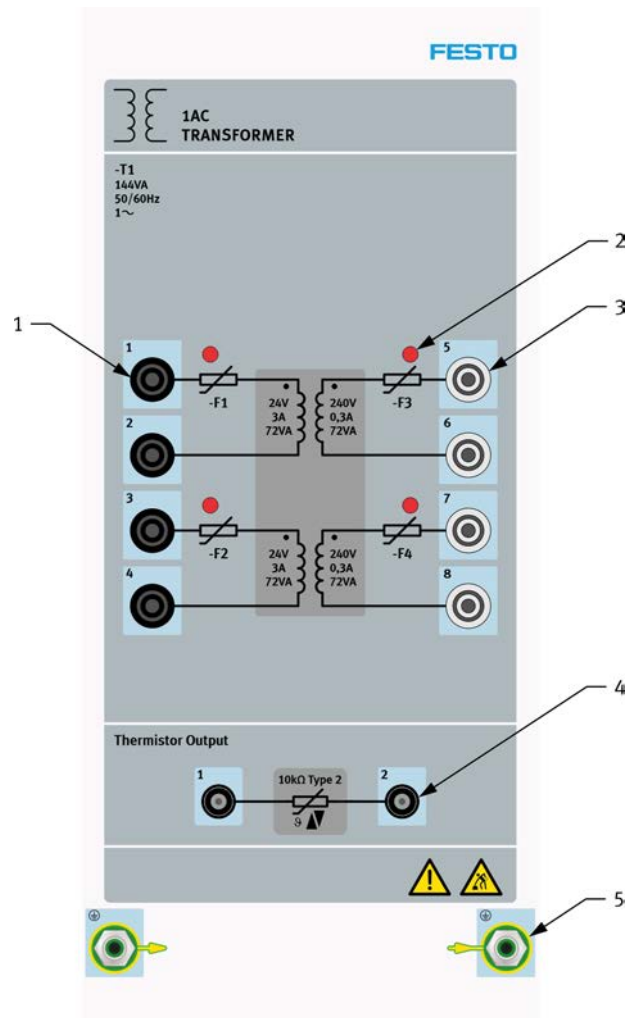


Abbildung 54: Frontplatte des Moduls Einphasen-Wechselstromtransformator.

Tabelle 49: Beschreibung des Moduls Einphasen-Wechselstromtransformator.

Nummer	Komponentenname
1	Primärwicklungsanschlüsse (Anschlüsse 1, 2, 3, 4)
2	LED-Anzeigen Sicherungsstatus (4)
3	Sekundärwicklungsanschlüsse (Anschlüsse 5, 6, 7, 8)
4	Thermistorausgang (Anschlüsse 1 und 2)
5	Schutzerdungsanschlüsse (2)

48-V-Gleichstromlampen (595055)

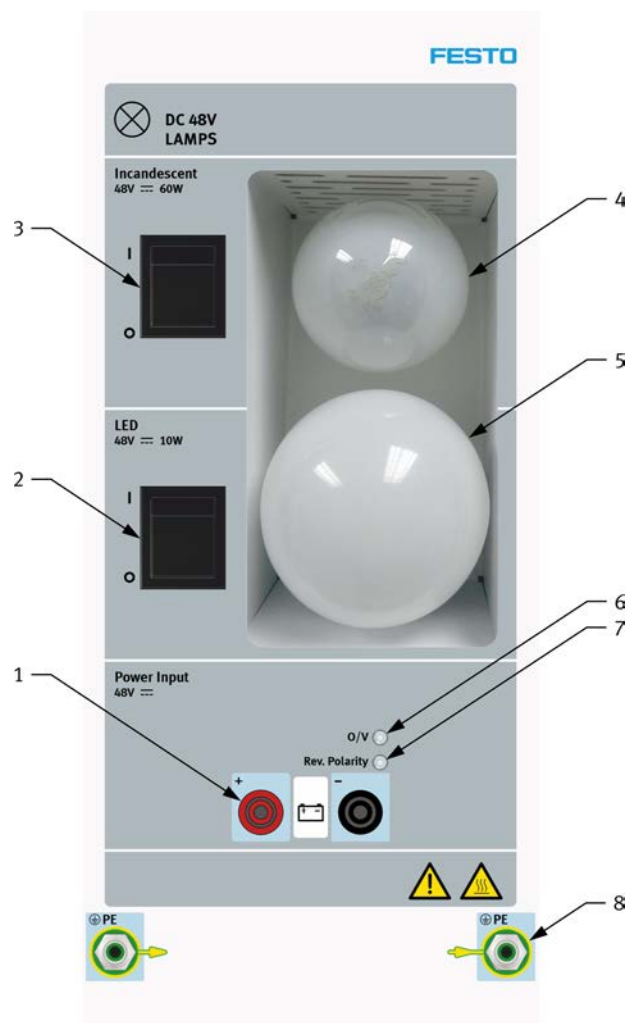


Abbildung 55: Frontplatte des Moduls 48-V-Gleichstromlampen.

Tabelle 50: Beschreibung des Moduls 48-V-Gleichstromlampen.

Nummer	Komponentenname
1	Stromeingang (Anschlüsse + und -)
2	Ein-/Ausschalter (I/O) für LED-Lampe
3	Ein-/Ausschalter (I/O) für Glühlampe
4	Glühlampe
5	LED-Lampe
6	LED-Anzeige für Überspannung (O/V)
7	LED-Anzeige für Verpolung
8	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Austausch der Glühbirne

Trennen Sie das Modul von allen Stromquellen, bevor Sie eine Glühbirne austauschen. Verwenden Sie stets eine Glühbirne des gleichen Typs mit den gleichen Nennstärken wie die ursprüngliche Birne.

	 VORSICHT
	Glühbirnen können sehr heiß werden, wenn sie längere Zeit in Betrieb sind. Um Verbrennungen zu vermeiden, warten Sie daher vor dem Austausch, bis sie sich abgekühlt haben.

230-V-Wechselstromlampen (595056 und 595149)

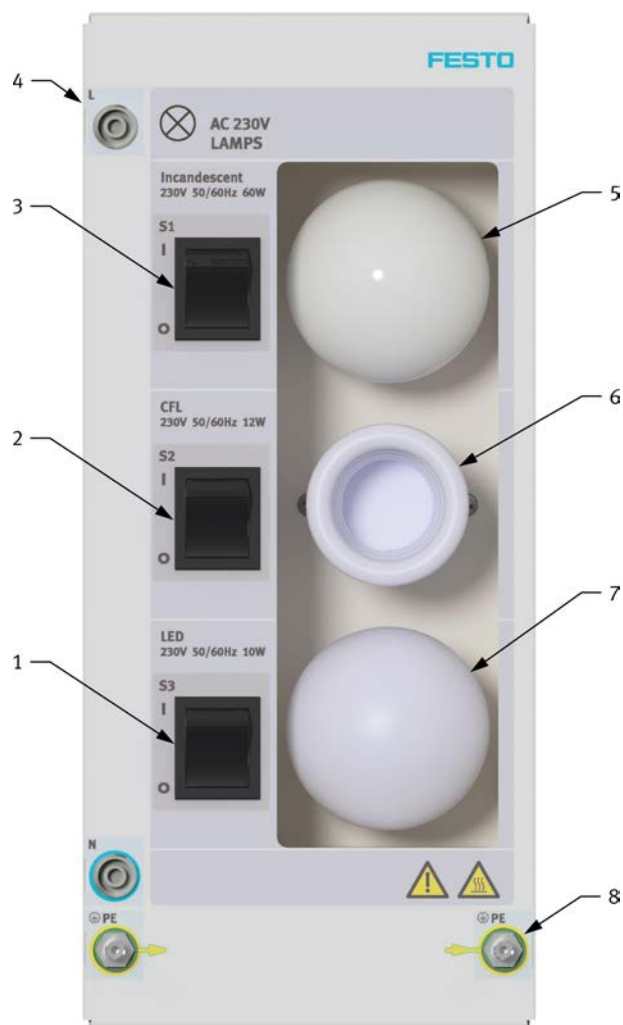


Abbildung 56: Frontplatte des Moduls 230-V-Wechselstromlampen (595056, Version mit drei Lampen).

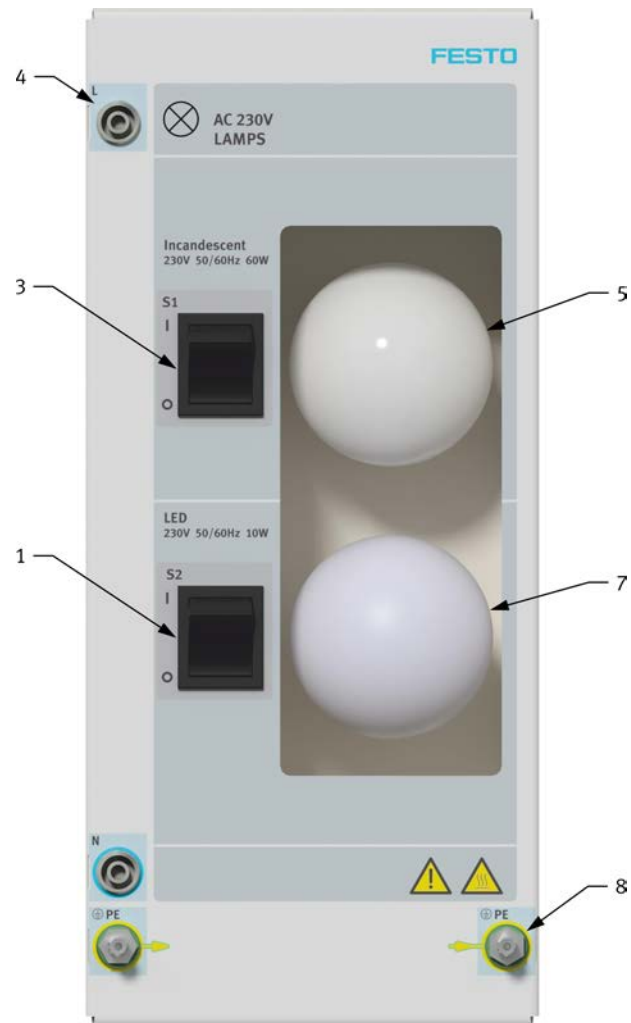


Abbildung 57: Frontplatte des Moduls 230-V-Wechselstromlampen (595149, Version mit zwei Lampen).

Tabelle 51: Beschreibung des Moduls 230-V-Wechselstromlampen.

Nummer	Komponentenname
1	Ein-/Ausschalter (I/O) für LED-Lampe
2	Kompaktleuchtstofflampe (CFL) Ein (I)/Aus (O) Schalter (nur in der Version mit drei Lampen)
3	Ein-/Ausschalter (I/O) für Glühlampe
4	Stromeingang (Anschlüsse L1 und N)
5	Glühlampe
6	Kompaktleuchtstofflampe (CFL) (nur in der Version mit drei Lampen)
7	LED-Lampe
8	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Austausch der Glühbirne

Trennen Sie das Modul von allen Stromquellen, bevor Sie eine Glühbirne austauschen. Verwenden Sie stets eine Glühbirne des gleichen Typs mit den gleichen Nennstärken wie die ursprüngliche Birne.

	 VORSICHT
	Glühbirnen können sehr heiß werden, wenn sie längere Zeit in Betrieb sind. Um Verbrennungen zu vermeiden, warten Sie daher vor dem Austausch, bis sie sich abgekühlt haben.

Tabelle 52: Wichtigsten Spezifikationen des AC 230V Lampenmoduls.

Bestandteile und Parameter	Wichtigste Spezifikationen
Glühlampe	230 V, 50/60 Hz, 60 W
Kompaktleuchtstofflampe (nur 595056)	230 V, 50/60 Hz, 12 W
LED-Lampe	230 V, 50/60 Hz, 10 W
Abmessungen (H x B x T)	297 x 133 x 140 mm (11,69 x 5,24 x 5,51 in)
Gewicht	2,10 kg (4,63 lb)

Synchronisierungslampen und Schütz (8100086)

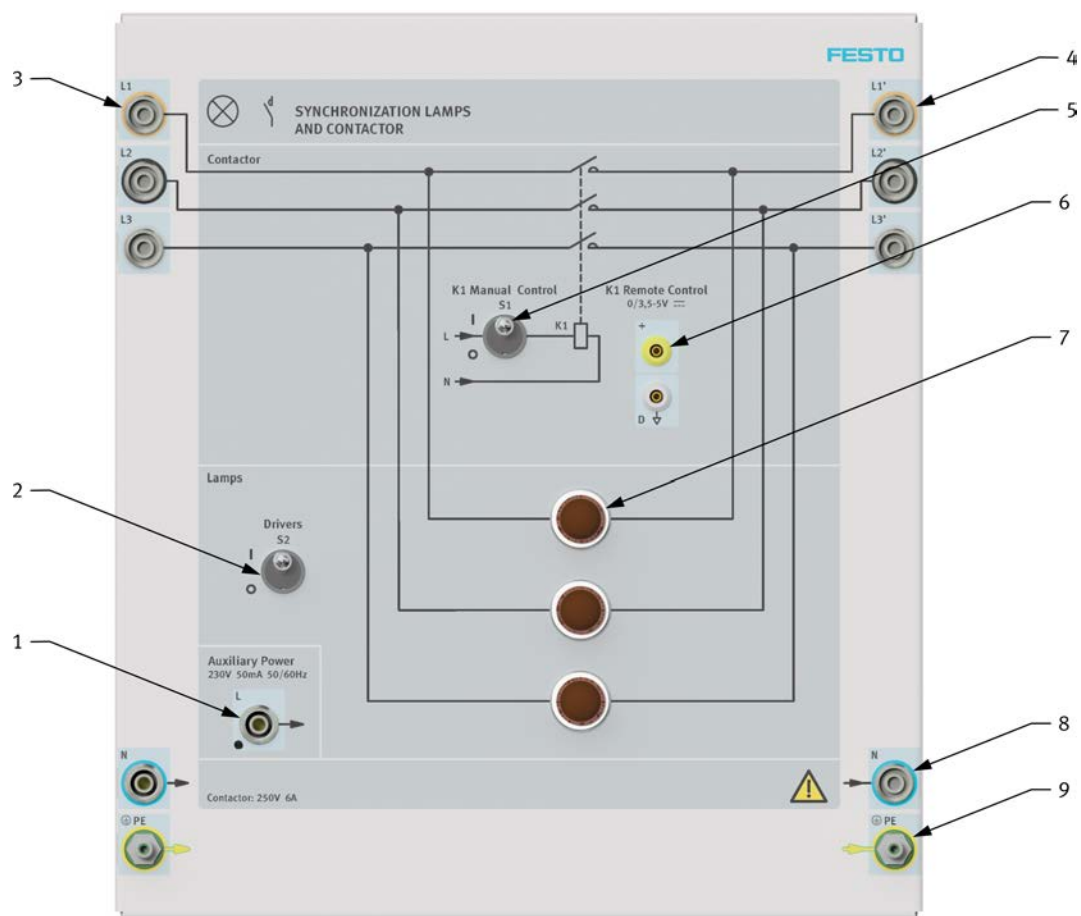


Abbildung 58: Frontplatte des Moduls Synchronisierungslampen und Schütz.

Tabelle 53: Beschreibung des Moduls Synchronisierungslampen und Schütz.

Nummer	Komponentenname
1	Zusätzlicher Stromeingang (Anschluss L)
2	Schalter für Lampenantrieb (S2)
3	Hauptkontakte des Schützes K1 (Anschlüsse L1, L2 und L3)
4	Hauptkontakte des Schützes K1 (Anschlüsse L1', L2' und L3')
5	K1 Schalter für manuelle Steuerung (S1)
6	K1 Fernbedienungseingang (Anschlüsse + und D)
7	Synchronisierungslampen (3)
8	Neutrale (N) Anschlüsse (2)
9	Schutzerdungsanschlüsse (2)

	 WARNUNG
	Stromschlaggefahr durch Zugänglichkeit stromführender Teile in den Lampenfassungen beim Herausnehmen der Lampen! Bevor Sie die Synchronisierungslampen und das Schütz mit Strom versorgen, vergewissern Sie sich, dass in jeder Buchse des Moduls eine Lampe eingesetzt ist. Nehmen Sie außerdem niemals eine Lampe während des Betriebs aus ihrer Fassung.

Synchronisationslampen und Schütz (8208627)

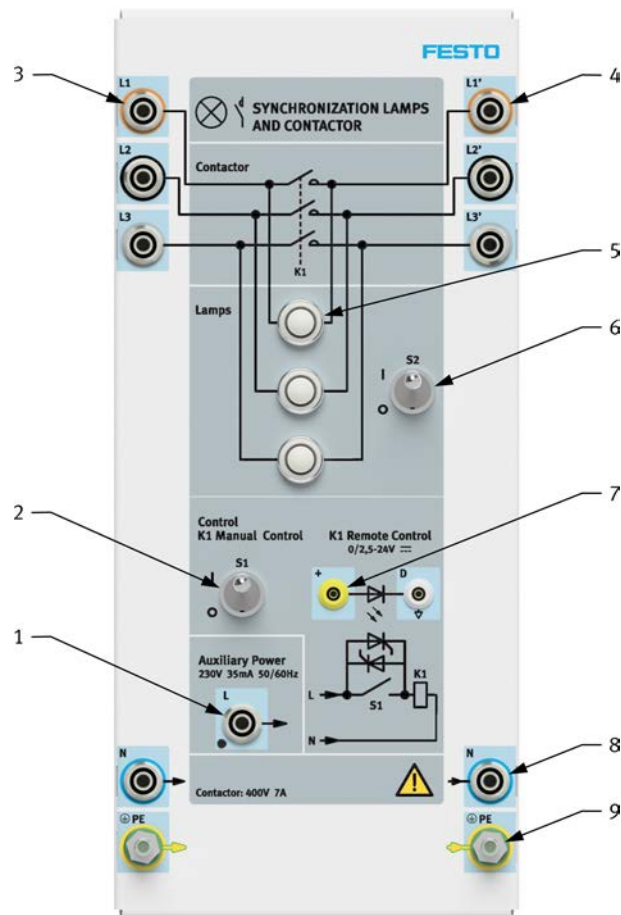


Abbildung 59: Frontplatte des Moduls Synchronisationslampen und Schütz.

Tabelle 54: Beschreibung des Moduls Synchronisationslampen und Schütz.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Hilfsstromversorgungseingang (Klemme L)
2	Schalter für K1-Handsteuerung (S1)
3	Hauptkontakte des Schützes K1 (Klemmen L1, L2 und L3)
4	Hauptkontakte des Schützes K1 (Klemmen L1', L2', und L3')
5	Synchronisationslampen (3)
6	Lampenschalter (S2)
7	K1-Fernsteuereingang (Klemmen + und D)
8	Neutralleiterklemmen (N) (2)
9	Schutzleiterklemmen (2)

Tabelle 55: Hauptspezifikationen des Moduls Synchronisationslampen und Schütz.

Parameter	Wert
Schütz (Kontakte)	3AC 400 V, 7.0 A, 50/60 Hz
Hilfsstromversorgung	1AC 230 V, 35 mA, 50/60 Hz
Fernsteuerung	DC 0/2,5...24 V
Abmessungen (H × B × T)	299 × 133 × 140 mm (11,69 × 5,24 × 5,51")
Gewicht	2,00 kg (4,41 lb)

12-V-Bleiakkumodul (595060)

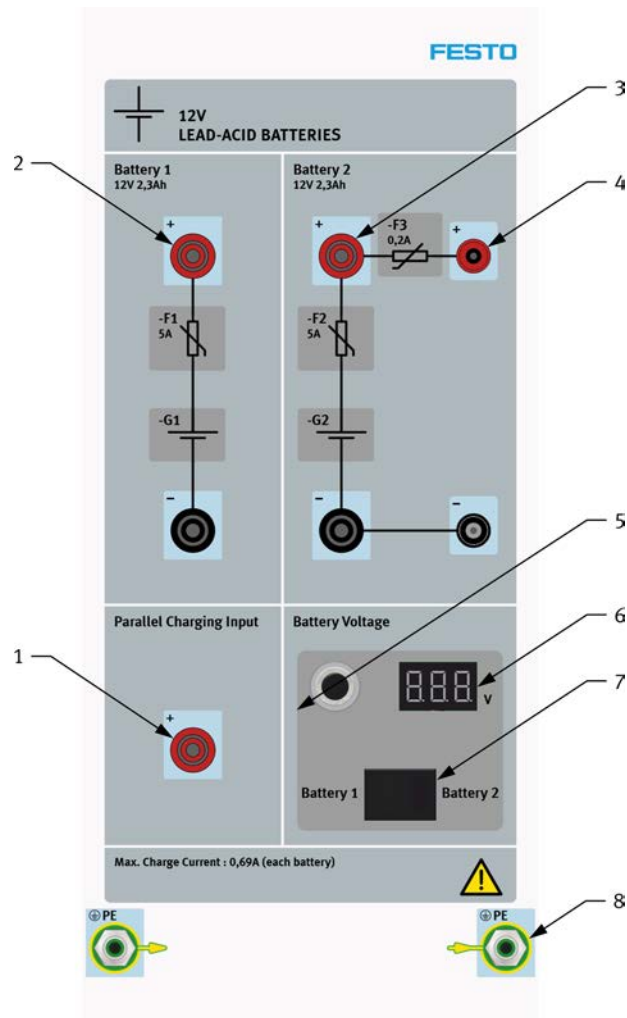


Abbildung 60: Frontplatte des 12-V-Bleiakkumoduls.

Tabelle 56: Beschreibung des 12-V-Bleiakkumoduls.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Eingang für Parallelladung
2	Anschlussklemmen des Akkus 1 (Klemmen + und -)
3	Anschlussklemmen des Akkus 2 (Klemmen + und -)
4	Niederstromklemmen des Akkus 2 (Klemmen + und -)
5	Drucktaster zum Prüfen der Akkuspannung
6	Anzeige der Akkuspannung
7	Akkuwahlschalter
8	Schutzleiterklemmen (2)

	 WARNUNG
	Explosionsgefahr beim Laden eines Bleiakkus in einem nicht belüfteten Bereich! • Beim Laden eines Bleiakkus können explosive Gase entstehen. Befindet sich der Akku in einem nicht belüfteten Bereich, kann dies zu einer Explosionsgefahr führen. • Um das Explosionsrisiko zu minimieren, stellen Sie sicher, dass der Akku vor dem Laden in einem gut belüfteten Bereich aufgestellt ist. • Betreiben Sie ein Ladegerät für Bleiakkus niemals, wenn die Belüftung des Akkus in irgendeiner Weise eingeschränkt ist. • Rauchen Sie nicht und vermeiden Sie Funken oder offene Flammen in der Nähe des Akkus, während dieser geladen wird.

	 WARNUNG
	Explosions- und/oder Brandgefahr bei Überladung eines Bleiakkus! - Die Überladung eines Bleiakkus führt zu übermäßiger Gasentwicklung und Überhitzung, was bei anhaltendem Zustand zu einem Ausfall des Akkus sowie zu einer Explosions- und/oder Brandgefahr führen kann. - Um eine Überladung des Akkus zu vermeiden, verwenden Sie stets ein Ladegerät, das für den zu ladenden Bleiakkus geeignet ist.

Eingang für Parallelladung

Der Eingang für Parallelladung ermöglicht es, das Modul 12-V-Bleiakkus parallel mit anderen Modulen desselben Typs zu verbinden und gleichzeitig zu verhindern, dass sich die Akkus dieser Module gegenseitig entladen. Dadurch können die Akkus mehrerer 12-V-Bleiakkumodule gleichzeitig mit einem einzigen Ladegerät für Bleiakkus geladen werden.

Verbinden Sie hierzu die Minuspolklemmen der Akkus in jedem 12-V-Bleiakkumodul mit dem Minuspol des Ladegeräts. Verbinden Sie anschließend den Eingang für Parallelladung jedes 12-V-Bleiakkumoduls mit dem Pluspol des Ladegeräts. Befolgen Sie abschließend die mit dem Ladegerät für Bleiakkus bereitgestellten Anweisungen, um den Ladevorgang durchzuführen.

Wartung

Um die Zyklenlebensdauer der Akkus im 12-V-Bleiakkumodul zu optimieren und Sulfatierung zu verhindern, sollte der Akku so bald wie möglich nach einem Entladezyklus geladen werden (z. B. nach Abschluss eines Laborversuchs). Die 12-V-Bleiakkus dürfen niemals über einen längeren Zeitraum im entladenen Zustand gelagert werden.

Außerdem wird empfohlen, alle sechs Monate eine Ausgleichsladung durchzuführen. Führen Sie hierzu das folgende zweistufige Verfahren aus, das vom Akkuhersteller empfohlen wird:

1. Entladen Sie die 12-V-Bleiakkus vollständig, d. h. bis auf eine Spannung von 10,5 V.
2. Laden Sie die 12-V-Bleiakkus über einen Zeitraum von 24 Stunden mit einer Konstantspannung von 14,7 V und begrenzen Sie dabei den Ladestrom auf einen Maximalwert von 0,69 A.

Sulfatierungstest

Nach der Ausgleichsladung wird empfohlen, jeden Akku auf Sulfatierung zu überprüfen. Warten Sie hierzu etwa 12 Stunden nach der Durchführung einer Ausgleichsladung und messen Sie anschließend die Leerlaufspannung jedes Akkus mit einem Multimeter. Anhand der folgenden Tabelle können Sie feststellen, ob der Akku sulfatiert ist und eine Entsulfatierung oder ein Austausch erforderlich ist.

Tabelle 57: Gemessene Leerlaufspannung und Sulfatierung des Akkus.

Leerlaufspannung	Sulfatierung des Akkus
Unter 12,6 V	Der Akku ist sulfatiert und muss ersetzt werden.
Zwischen 12,6 V und 12,8 V	Der Akku ist sulfatiert, kann jedoch entsulfatiert werden. Verwenden Sie hierzu ein handelsübliches Ladegerät mit Entsulfatierungsfunktion.
Über 12,8 V	Der Akku ist in gutem Zustand.

Akkutausch

Verwenden Sie stets Akkus desselben Typs und mit denselben Nennwerten wie die Originalakkus.

HINWEIS

Für den Zugang zu den Akkus muss das Gerätegehäuse geöffnet werden. Der Akkutausch darf nur von einer qualifizierten Fachkraft durchgeführt werden.

48-V-Bleiakkusatz (595059 und 8174051)

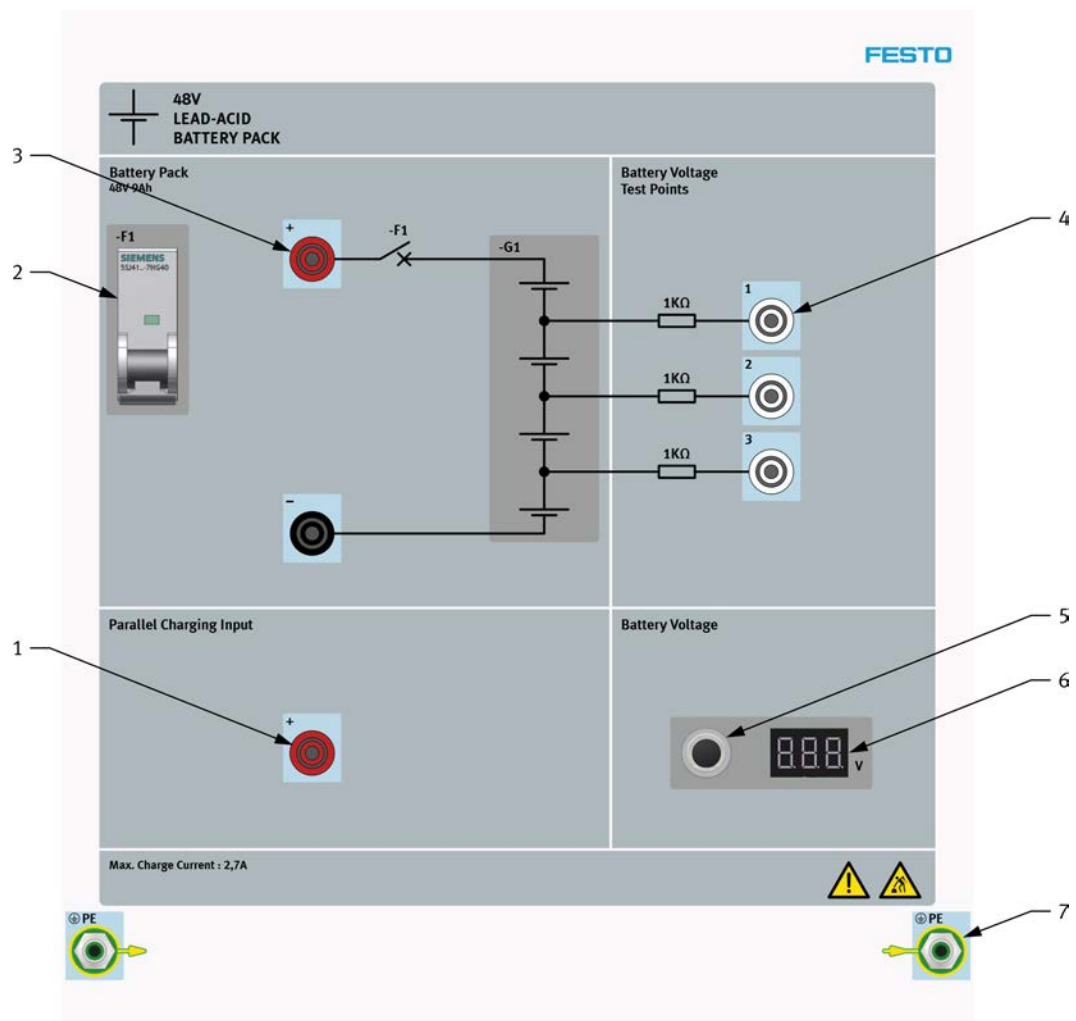


Abbildung 61: Frontplatte des Moduls 48-V-Bleiakkusatz.

Tabelle 58: Beschreibung des Moduls 48-V-Bleiakkusatz.

Nummer	Komponentenbezeichnung
1	Eingang für Parallelladung
2	Einpoliger Leitungsschutzschalter, Charakteristik B, 10 A
3	Anschlussklemmen des Akkusatzes (Klemmen + und -)
4	Messpunkte für Akkuspannung (Klemmen 1, 2 und 3)
5	Drucktaster zum Prüfen der Akkuspannung
6	Anzeige der Akkuspannung
7	Schutzleiterklemmen (2)

	 WARNUNG
	Explosionsgefahr beim Laden eines Bleiakkusatzes in einem nicht belüfteten Bereich! • Beim Laden eines Bleiakkusatzes können explosive Gase entstehen. Befindet sich der Akkusatz in einem nicht belüfteten Bereich, besteht Explosionsgefahr. • Um die Explosionsgefahr zu minimieren, stellen Sie sicher, dass sich der Akkusatz vor dem Laden in einem gut belüfteten Bereich befindet. • Betreiben Sie niemals ein Ladegerät für Bleiakkus, wenn die Belüftung rund um den Akkusatz in irgendeiner Weise eingeschränkt ist. • Rauchen Sie nicht und vermeiden Sie Funkenbildung oder offene Flammen in der Nähe des Akkusatzes während des Ladevorgangs.

	 WARNUNG
	• Explosions- und/oder Brandgefahr beim Laden eines nicht ausgeglichenen Bleiakkusatzes! • Das Laden eines Bleiakkusatzes mit nicht ausgeglichenen Akkus führt zu starker Gasentwicklung und Überhitzung, was bei anhaltendem Zustand zum Ausfall eines oder mehrerer Akkus im Satz sowie zu Explosions- und/oder Brandgefahr führen kann. • Um die oben genannte Gefahr zu minimieren, beginnen Sie mit dem Laden des Akkusatzes und überprüfen Sie anschließend, ob die Spannung an jedem Akku im Satz annähernd gleich ist. • Explosions- und/oder Brandgefahr beim Überladen eines Bleiakkusatzes! • Das Überladen eines Bleiakkusatzes führt zu starker Gasentwicklung und Überhitzung, was bei anhaltendem Zustand zum Ausfall eines oder mehrerer Akkus im Satz sowie zu Explosions- und/oder Brandgefahr führen kann. Um ein Überladen zu vermeiden, verwenden Sie stets ein Ladegerät, das für den zu ladenden Bleiakkusatz geeignet ist.

Eingang für Parallelladung

Der Eingang für Parallelladung ermöglicht es, den 48-V-Bleiakkusatz parallel mit anderen Modulen desselben Typs zu verbinden, wobei verhindert wird, dass sich die Akkusätze dieser Module gegenseitig entladen. Dadurch können mehrere 48-V-Bleiakkusatz-Module gleichzeitig mit einem einzigen Ladegerät für Bleiakkus geladen werden. Verbinden Sie hierzu den Minuspol jedes 48-V-Bleiakkusatzes mit dem Minuspol des Ladegeräts. Anschließend verbinden Sie den Eingang für Parallelladung jedes 48-V-Bleiakkusatzes mit dem Pluspol des Ladegeräts. Befolgen Sie abschließend die mit dem Ladegerät für Bleiakkus gelieferten Anweisungen, um den Ladevorgang durchzuführen.

Wartung

Um die Zyklenlebensdauer der Akkus im 48-V-Bleiakkusatz zu optimieren und Sulfatierung zu verhindern, sollte der Akkusatz so bald wie möglich nach einem Entladezyklus (z. B. nach Abschluss einer Laborübung) geladen werden. Der 48-V-Bleiakkusatz darf niemals über einen längeren Zeitraum mit entladenen Akkus gelagert werden.

Außerdem wird empfohlen, alle sechs Monate eine Ausgleichsladung durchzuführen. Führen Sie hierzu das folgende zweistufige Verfahren durch, das vom Akkuhersteller empfohlen wird:

- Entladen Sie den 48-V-Bleiakkusatz vollständig bis auf eine Spannung von 42 V.
- Laden Sie den 48-V-Bleiakkusatz 24 Stunden lang mit einer Konstantspannung von 58,8 V, wobei der Ladestrom auf einen Maximalwert von 2,7 A zu begrenzen ist.

Sulfatierungstest

Nach der Ausgleichsladung wird empfohlen, jeden Akku auf Sulfatierung zu überprüfen. Warten Sie hierzu etwa 12 Stunden nach der Durchführung einer Ausgleichsladung und messen Sie anschließend die Leerlaufspannung jedes Akkus mit einem Multimeter. Anhand der folgenden Tabelle können Sie feststellen, ob der Akku sulfatiert ist und eine Entsulfatierung oder ein Austausch erforderlich ist.

Tabelle 59: Gemessene Leerlaufspannung und Sulfatierung des Akkus.

Leerlaufspannung	Sulfatierung des Akkus
Unter 12,6 V	Der Akku ist sulfatiert und muss ersetzt werden.
Zwischen 12,6 V und 12,8 V	Der Akku ist sulfatiert, kann jedoch entsulfatiert werden. Verwenden Sie hierzu ein handelsübliches Ladegerät mit Entsulfatierungsfunktion.
Über 12,8 V	Der Akku ist in gutem Zustand.

Akkutausch

Verwenden Sie stets Akkus desselben Typs und mit denselben Nennwerten wie die Originalakkus. Die Akkus in einem Akkusatz sind ausgeglichen, d. h., sie weisen denselben Ladezustand (SOC) auf. Außerdem werden diese Akkus denselben Lade- und Entladezyklen ausgesetzt, da sie in Reihe geschaltet sind. Folglich sollten die Akkus in einem Akkusatz auch nach vielen Lade- und Entladezyklen ausgeglichen bleiben. Es wird empfohlen, alle Akkus im Akkusatz gleichzeitig auszutauschen, um nicht ausgeglichene Akkus im Satz zu vermeiden.

HINWEIS

Für den Zugang zu den Akkus muss das Gerätegehäuse geöffnet werden. Der Akkutausch darf nur von einer qualifizierten Fachkraft durchgeführt werden.

Tabelle 60: Hauptdaten des 48-V-Bleiakkusatzes.

Parameter	Unterparameter	Wert
Akkusatz	Typ	4 ventilgeregelte Bleiakkus
	Spannung	48 V (12 V je Akku)
	Kapazität	9 Ah
	Maximaler Ladestrom	2,7 A
	Maximaler Entladestrom	7 A
	Paralleler Ladeeingang	58 V maximum
Überstromschutz	Sicherung des Akkusatzes	10 A (nur 595059)
	Leitungsschutzschalter des Akkusatzes	10 A – 250 V (nur 8174051)
	Begrenzungswiderstände der Messpunkte (3)	1 k Ω
Abmessungen (H x B x T)		297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51")
Gewicht		13,7 kg (30,2 lb)

Kommunikations-Gateway (595054)

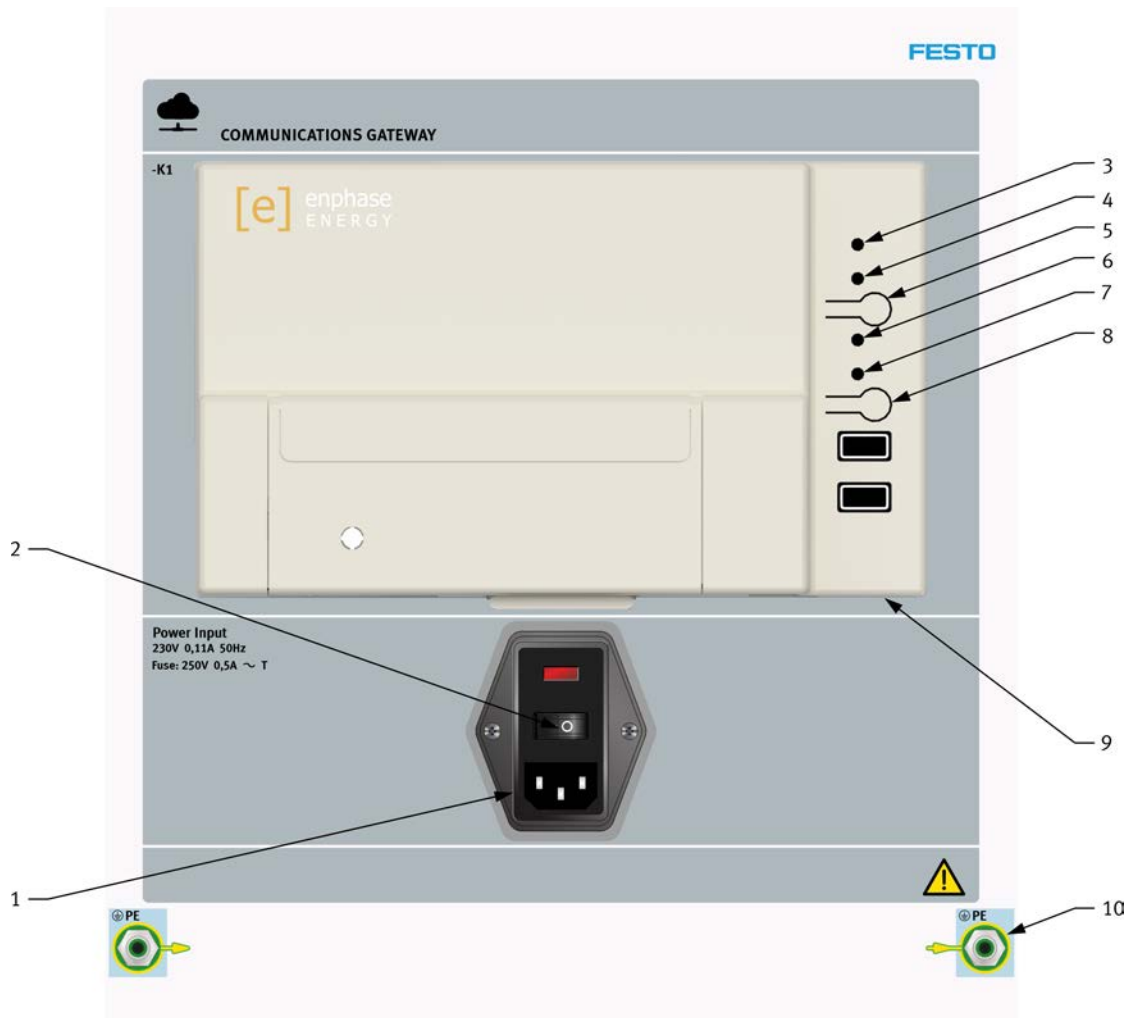


Abbildung 62: Frontplatte des Moduls Kommunikations-Gateway.

Tabelle 61: Beschreibung des Moduls Kommunikations-Gateway.

Nummer	Bauteilbezeichnung
1	Netzeingangssteckverbinder mit Sicherungshalter
2	Hauptnetzscharter
3	LED-Anzeige für Netzwerkkommunikation
4	LED-Anzeige für Access-Point-Modus (AP)
5	Taster für Access-Point-Modus (AP)
6	LED-Anzeige für Stromerzeugung
7	LED-Anzeige für Gerätekommunikation
8	Taster für Gerätescan
9	Ethernet-Port-Steckverbinder (Zugang über die Unterseite des Geräts)
10	Schutzleiterklemmen (2)

Austausch der Sicherung

Ziehen Sie das abnehmbare Netzkabel vom Gerät ab, um den Sicherungshalter öffnen zu können. Verwenden Sie ausschließlich die angegebenen Sicherungen mit dem korrekten Nennstrom und der richtigen Auslösecharakteristik.

Tabelle 62: Hauptspezifikationen des Kommunikations-Gateway-Moduls.

Parameter	Nennwert
Eingang	0,11 A, 230 V – 50 Hz, 1 Phase, einschließlich Leiter, Neutraleiter und Schutzleiter, geschützt durch einen Leitungsschutzschalter gemäß den lokalen Vorschriften.
Montage	Ausgelegt für DIN-A4-Montagerahmen
Schutzart	IP20
Elektromagnetische Verträglichkeit	Gruppe 1, Klasse A (Industrienumgebung, EN 55011)
Abmessungen (H x B x T)	297 x 266 x 140 mm (11,69 x 10,47 x 5,51 ")
Gewicht	X kg (X lb)
CE- und UKCA-Kennzeichnungen	• Niederspannungsrichtlinie • EMV-Richtlinie • RoHS-Richtlinie

Sanftstarter (8121090)

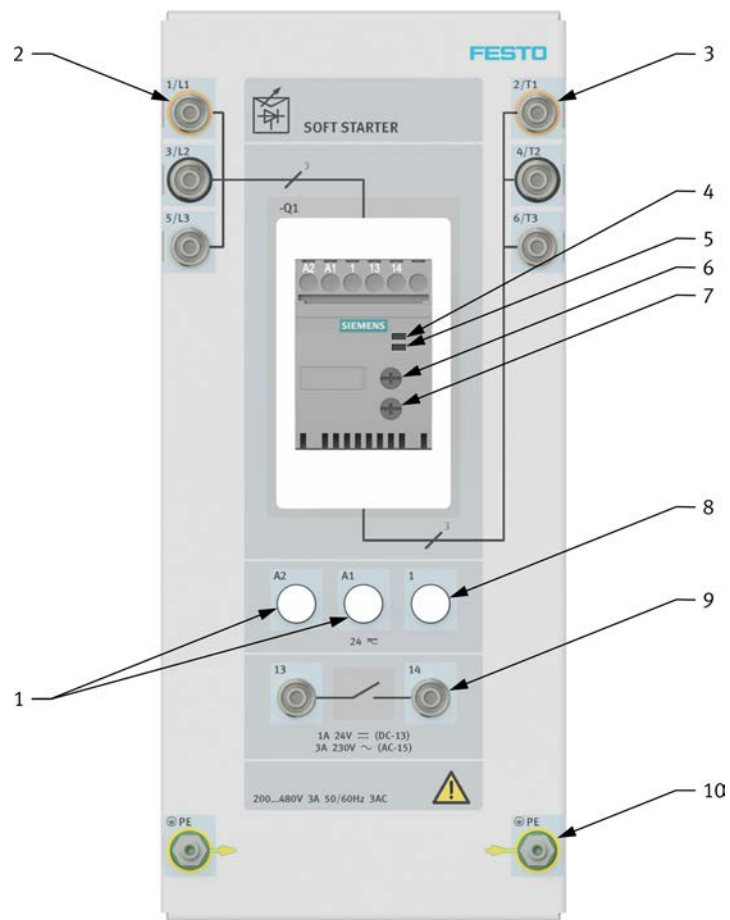


Abbildung 63: Frontplatte des Moduls Sanftstarter.

Tabelle 63: Beschreibung des Moduls Sanftstarter.

Nummer	Komponentenname
1	Steuerspannungseingang (Anschlüsse A1 und A2)
2	Dreiphasen-Wechselstrom-Netzeingangsanschlüsse (Anschlüsse 1/L1, 3/L2 und 5/L3)
3	Motorausgang (Anschlüsse 2/T1, 4/T2 und 6/T3)
4	LED-Anzeige DEVICE eingeschaltet.
5	LED-Anzeige STATE/BYPASSED/FAILURE
6	Einstellschraube für die Hochlaufzeit
7	Einstellschraube für die Startspannung
8	Steuereingang für Motor-Start/Stopp (Anschluss 1)
9	Hilfskontakt (Anschlüsse 13 und 14)
10	Schutzerdungsanschlüsse (2)

Instandhaltung der Geräte

Das Gerät ist so konzipiert, dass es die Sicherheit der Benutzer, die Zuverlässigkeit und effektive Lernergebnisse gewährleistet. Um Sicherheit und Leistung zu erhalten, ist es wichtig, das Gerät in gutem Zustand zu halten.

Das Lernsystem erfordert regelmäßige Wartung. Einige Aufgaben werden von den Auszubildenden im Rahmen ihrer Schulung übernommen, während qualifiziertes Personal die regelmäßige Wartung durchführen muss.

Da Auszubildende möglicherweise noch keine Probleme erkennen, sollte ein Techniker oder Ausbilder das System vor und nach jedem Einsatz überprüfen.

Defekte oder fehlende Komponenten müssen sofort ersetzt werden. Wenden Sie sich an unseren Kundendienst, um Ersatzteile und Anweisungen zu erhalten.

	 VORSICHT
	• Die Ausbilder und das Laborpersonal müssen diese Anweisungen und Richtlinien an die Auszubildenden weitergeben, da sie entscheidend für die Sicherheit und Funktionsfähigkeit des Geräts sind. • Betreiben Sie das Gerät nicht, wenn Teile fehlen oder beschädigt sind.

Allgemeine Instandhaltung

Die Lehrgeräte erfordern keine spezielle Wartung. Allerdings muss vor jeder Laborübung eine Sichtprüfung durchgeführt werden. Falls ein Teil der Geräte beschädigt ist oder Anzeichen für Verschleiß aufweist, muss es ausgetauscht werden, um die Sicherheit der Bediener zu gewährleisten und weitere Schäden zu vermeiden.

Die Geräte enthalten keine vom Benutzer zu wartenden Teile, mit Ausnahme bestimmter Teile, die möglicherweise ersetzt werden müssen, wie Sicherungen, Knopfzellen, Batterien usw. Beim Öffnen oder Entfernen des Gerätegehäuses zum Austausch von Teilen können Sie gefährlichen Spannungen ausgesetzt werden. Versuchen Sie daher nicht, das Gerätegehäuse zu öffnen, um Teile auszutauschen. Lassen Sie Teile der Geräte von einem qualifizierten Techniker austauschen.

Instandhaltung von drehenden Maschinen

Neben den oben beschriebenen allgemeinen Wartungsanforderungen müssen die Kugellager der Umspannrollen (siehe die folgende Abbildung) von drehenden Maschinen regelmäßig geschmiert werden. Wenn einige Zeit seit der letzten Schmierung verstrichen ist, laufen die Kugellager der Umspannrollen einer drehenden Maschine hörbar lauter. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Kugellager geschmiert

werden müssen. Schmieren Sie in diesem Fall die Kugellager der Umspannrollen mit einer kleinen Menge (ein paar Tropfen pro Kugellager) eines Schmieröls wie dem Mehrzweckschmieröl von 3-IN-ONE®. Damit verhindern Sie vorzeitigen Verschleiß der Kugellager und Schäden am Modul.

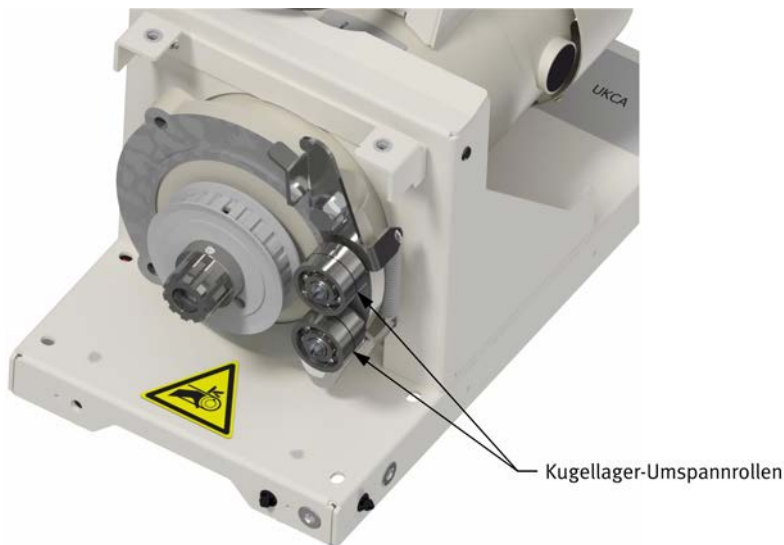


Abbildung 64: Die Kugellager der Umspannrollen von drehenden Maschinen müssen regelmäßig geschmiert werden.

Verbrauchsmaterialien und sonstige Ersatzteile

Verbrauchsmaterialien oder beschädigte Teile können ausgetauscht werden. Verwenden Sie ausschließlich Zubehörteile von Festo Didactic, um die Kompatibilität und Nachhaltigkeit der Geräte zu gewährleisten. Verfügbare Ersatz- und Zubehörteile sind nachstehend aufgeführt.

Tabelle 64: Anschlussleitungen.

Teil	Typ	Leistung	Bestell-Nr.
Verbindungsleitung	Sicherheits-verbindungsleitung 4 mm	50 mm, 1000 V CAT II, 16 A	572103
		300 mm, 1000 V CAT II, 16 A	572105
		500 mm, 1000 V CAT II, 16 A	572109
		1000 mm, 1000 V CAT II, 16 A	572113
		1500 mm, 1000 V CAT II, 16 A	572117

Teil	Typ	Leistung	Bestell-Nr.
	Verbindungsleitung 2 mm	100 mm, 500 V CAT II, 5 A	574200
		200 mm, 500 V CAT II, 5 A	574203
		300 mm, 500 V CAT II, 5 A	574204
		500 mm, 500 V CAT II, 5 A	574205

Tabelle 65: Schutzerdungsleiter.

Teil	Typ	Leistung	Bestell-Nr.
Schutzerdungsleiter	Schutzerdungsleiter 6 mm (POAG)	100 mm Draht mit 4 mm ² Querschnitt	8067504
		400 mm Draht mit 4 mm ² Querschnitt	8067505
		1500 mm Draht mit 4 mm ² Querschnitt	8067506

Tabelle 66: Maschinenzubehör und Ersatzteile.

Teil	Typ	Leistung	Bestell-Nr.
Direkte Kopplung	Gummi, Hülse	Durchmesser 38 mm, Länge 44 mm	792271
Zahnriemen	Gummi, verzahnt	12,5 mm x 638 mm, 67 Zähne	793140
Zahnriemen	Gummi, verzahnt	12,5 mm x 676 mm, 72 Zähne	793141
Schutzabdeckung	Autarke Maschine	–	794193
Schutzabdeckung	Maschinen in Reihe	–	794194
Schutzabdeckung	Maschinen nebeneinander	–	794195
Führungsstift	Rund, abgeschrägtes Ende	–	793142

Tabelle 67: Sonstiges Modulzubehör und Teile.

Teil	Typ	Leistung	Bestell-Nr.
48-V-Gleichstromlampen			
Glühbirne	Glühlampe	48 V, DC, 60 W	791966
Glühbirne	LED	48 V, DC, 10 W	793127
230-V-Wechselstromlampen			
Glühbirne	Glühlampe	230 V, 50/60 Hz, 60 W	793126
Glühbirne	Kompaktleuchtstofflampe	230 V, 50/60 Hz, 12 W	791954
Glühbirne	LED	230 V, 50/60 Hz, 10 W	791955

Teil	Typ	Leistung	Bestell-Nr.
Windturbinengenerator mit Steuereinheit			
Netzanschlussleitung	Außen/Außen	24 V, 3 A	772037
Drehstromversorgung und Sicherheitseinrichtung			
Schlüssel für Siemens Ronis-Schlüsselschalter	Schloss Nr. SB30	–	791795
230-V-Wechselstromversorgung			
Abziehbares Stromkabel	Verbinder C13, Stecker C14	250 V, 10 A	792617
24-V-Wechselstromversorgung			
Abziehbares Stromkabel	Verbinder C13, Stecker C14	250 V, 10 A	792617
Netzanschlussleitung	Außen/Außen	24 V, 3 A	772037
Solarmodul-Prüfstand			
Glühbirne	Halogenlampe, T3-Form	240 V, 300 W	783697
Abziehbares Stromkabel	Verbinder C13, Stecker C14	250 V, 10 A	792617
Monokristallines Siliziumsolarmodul			
Thermometerzelle	Taster, Nr. 357	1,55 V, 175 mAh	790260
12-V-Bleiakkus			
Akku	Ventilgeregelter Bleiakku (VLRA)	12 V, 2,3 Ah	782998
48-V-Bleiakkusatz			
Akku	Ventilgeregelter Bleiakku (VLRA)	12 V, 9,0 Ah	786316
Synchronisierungslampen und Schütz			

Teil	Typ	Leistung	Bestell-Nr.
Leuchte	T-3 ¼, Miniatur-Bajonettsockel	28 V, 2,3 W	780674
Kommunikations-Gateway			
Abziehbares Stromkabel	Verbinder C13, Stecker C14	250 V, 10 A	792617
Sicherung	3AG, flink	250 V, 0,5 A	789245
Ethernetkabel	Kategorie 5e, RJ-45-Steckverbinder	3 m	776778
Vier-Quadranten-Spannungsversorgungs- und Dynamometersteuerung			
Abziehbares Stromkabel	Verbinder C13, Stecker C14	250 V, 10 A	792617
Sicherung	Bleifrei 3AG, träge	250 V, 3 A	765139
USB-Kabel	USB 2,0, AB	1,82 m	782988
Mess- und Steuerinterface			
Sicherung	Bleifrei 3AG, träge	250 V, 5 A	780770
Netzanschlussleitung	Außen/Außen	24 V, 3 A	772037
USB-Kabel	USB 2,0, AB	1,82 m	782988

HINWEIS

- Bevor Sie eine durchgebrannte Sicherung ersetzen, ermitteln und beheben Sie das Problem, das den Überstrom verursacht hat.
- Ersetzen Sie eine durchgebrannte Sicherung immer durch eine genau typgleiche Sicherung. Wenn Sie den falschen Sicherungstyp verwenden, kann dies zu Schäden an den Geräten oder zu Verletzungen führen.

Entsorgung des Lehrgeräts

Entsorgen Sie das Lehrgerät nicht mit dem normalen Müll: Es enthält elektrische und elektronische Bauteile. Das Produkt muss fachmännisch zerlegt werden. Jedes Bauteil muss nach den vor Ort geltenden gesetzlichen Vorschriften recycelt oder entsorgt werden.

Der Eigentümer ist dafür verantwortlich, Vorkehrungen für das Recycling und die sichere Entsorgung der Geräte zu treffen.

Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE):

- Nach den europäischen Vorschriften dürfen gebrauchte Elektro- und Elektronikgeräte nicht mehr als unsortierter Abfall entsorgt werden. Das Symbol der Abfalltonne auf Rädern weist auf die Notwendigkeit der getrennten Sammlung hin. Helfen auch Sie mit beim Umweltschutz und sorgen dafür, dieses Gerät, wenn Sie es nicht mehr nutzen, in die hierfür vorgesehenen Systeme der Getrenntsammlung zu geben. RICHTLINIE 2012/19/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 04. Juli 2012 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte.



Das Vorhandensein dieses Symbols auf dem Gerät weist auf die Notwendigkeit einer getrennten Sammlung hin.

Instandhaltung und Entsorgung von Batterien

Die Batterien des Lehrgeräts dürfen nicht über einen längeren Zeitraum entladen oder unbenutzt bleiben. Wenn die Batterien nicht genutzt werden, müssen sie alle sechs Monate aufgeladen werden.

Batterien dürfen nicht in übermäßig beheizten Räumen aufbewahrt werden. Eine Batterie darf nicht verwendet werden, wenn sie Anzeichen von Beschädigung wie ein gerissenes oder aufgequollenes Gehäuse, korrodierte oder beschädigte Anschlüsse aufweist.

HINWEIS

Batterien und Akkus dürfen nicht in den Hausmüll. Jeder Verbraucher ist gesetzlich verpflichtet, alle Batterien und Akkus, egal ob sie Schadstoffe enthalten oder nicht, bei einer Sammelstelle seiner Gemeinde/seines Stadtteils oder im Handel abzugeben, damit sie einer umweltschonenden Entsorgung zugeführt werden können. Batterien und Akkus bitte nur in entladendem Zustand abgeben.

Reinigung

Verwenden Sie zum Reinigen der Frontplatte und des Gehäuses des Lehrgeräts ein weiches Tuch und eine Lösung aus einem milden Reinigungsmittel und Wasser. Die Lösung darf nicht direkt auf die Oberflächen der Module aufgetragen werden. Stattdessen muss das weiche Tuch damit benetzt werden.

HINWEIS

Sofern nicht anderslautend angegeben, dürfen keine abrasiven Substanzen oder Lösungsmittel zum Reinigen der Teile des Lehrgeräts verwendet werden.

CE Importeur:

Festo Didactic SE
Rechbergstr. 3
73770 Denkendorf
Deutschland
Tel.: +49 711 3467-0
did@festo.com

US Importeur:

Festo Didactic Inc.
607 Industrial Way West
Eatontown, NJ 07724
Vereinigte Staaten
Tel.: +1 732 938-2000
Kostenlos: +1-800-522-8658
services.didactic@festo.com

CA Hersteller:

Festo Didactic Ltée/Ltd
675, rue du Carbone
Québec (Québec) G2N 2K7
Kanada
Tel.: +1 418 849-1000
Kostenlos: +1-800-522-8658
services.didactic@festo.com

UK Importeur:

Festo Ltd
Applied Automation Centre
Brackmills
Northampton, NN4 7PY
Vereinigtes Königreich
T +44 800 626 422
info_gb@festo.com

www.festo.com



0000595150000000000100