

Informationsbroschüre

# Grundlagenwissen über Linearmotoren

Version: 1.1  
Datum: 07.12.2015

**BECKHOFF**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Vorwort</b> .....	<b>4</b>
1.1 Hinweise zur Dokumentation .....	4
1.2 Ausgabestände der Dokumentation .....	5
<b>2 Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Grundlegende physikalische Prinzipien</b> .....	<b>7</b>
3.1 Magnetismus .....	7
3.2 Drehstromlinearmotor .....	9
3.3 Vergleich zwischen Linear- und Drehmotoren .....	10
<b>4 Positionierung</b> .....	<b>11</b>
4.1 Das Positionierungssystem .....	11
<b>5 Linearmotorsystem</b> .....	<b>12</b>
5.1 Übersicht .....	12
5.2 Praktische Betrachtungen von Linearmotorsystemen .....	13
<b>6 Linearmotoren der Baureihe AL2000</b> .....	<b>16</b>
<b>7 Support und Service</b> .....	<b>17</b>

# 1 Vorwort

## 1.1 Hinweise zur Dokumentation

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.  
Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.

Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbaren Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

### Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiter entwickelt.

Deshalb ist die Dokumentation nicht in jedem Fall vollständig auf die Übereinstimmung mit den beschriebenen Leistungsdaten, Normen oder sonstigen Merkmalen geprüft.

Falls sie technische oder redaktionelle Fehler enthält, behalten wir uns das Recht vor, Änderungen jederzeit und ohne Ankündigung vorzunehmen.

Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

### Marken

Beckhoff®, TwinCAT®, EtherCAT®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC® und XTS® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH.

Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Bezeichnungen führen.

### Patente

Die EtherCAT Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente:

EP1590927, EP1789857, DE102004044764, DE102007017835

mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

Die TwinCAT Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente:

EP0851348, US6167425 mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

**EtherCAT** 

EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland

### Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

Zu widerhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

## 1.2 Ausgabestände der Dokumentation

Ausgabe	Bemerkung
1.1	Komplette Überarbeitung
1.0	Erstausgabe

## 2 Einleitung

Linearmotoren (LM) ermöglichen gradlinige Bewegungen bei max. Geschwindigkeit und hoher Genauigkeit (in Abhängigkeit von Steifigkeit und Spielfreiheit). Linearmotoren werden hauptsächlich im Maschinenbau und der Produktionsautomatisierung eingesetzt.

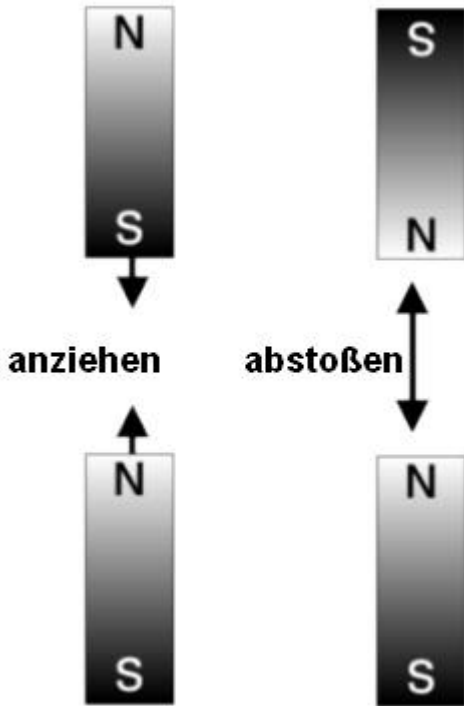
**In dieser Broschüre sind folgende Informationen enthalten:**

- Die grundlegenden physikalischen Prinzipien von Linearmotoren.
- Eine Betrachtung des Drehstromlinearmotors.
- Ein Vergleich zwischen den standardmäßigen elektrischen (Dreh-) Motoren und den Linearmotoren.
- Das Positionierungssystem
- Eine kurze Beschreibung des Linearmotorsystems und einige praktische Betrachtungen.
- Eine kurze Beschreibung des Linearmotors der Baureihe AL2000

### 3 Grundlegende physikalische Prinzipien

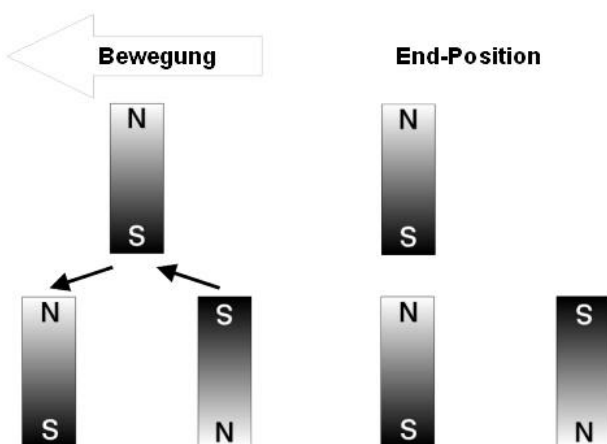
#### 3.1 Magnetismus

##### Anziehung und Abstoßung



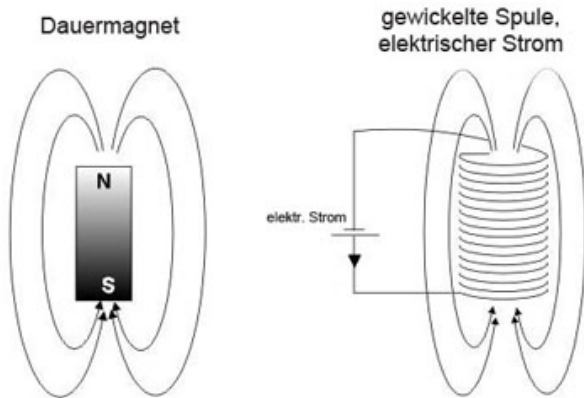
Die Wirkungsweise eines Linearmotors gründet auf den Prinzipien des Magnetismus. Wenn zwei Dauermagneten sich gegenüber stehen, üben sie gegenseitig eine Kraft auf sich aus. Je nach Position der Pole, ziehen sie sich an oder stoßen sich ab. Gleiche Pole stoßen sich ab und gegenteilige Pole ziehen sich an.

##### Bewegungsprinzip



Nehmen wir an, wir hätten einen beweglichen, aber nicht drehbaren Magneten. Der Magnet kann nur in einer geraden horizontalen Linie bewegt werden. Nun wird dieser Magnet über zwei feststehende Magnete wie links in der Abbildung gezeigt positioniert. Aufgrund der Anziehungs- und Abstoßungskräfte wird er sich in Richtung des Magneten mit der auf ihn gerichteten gegenteiligen Polung bewegen. Die Bewegung resultiert sowohl aus der Anziehung der fremdartigen Pole wie auch aus der Abstoßung der gleichartigen Pole.

**Physikalische Ähnlichkeit eines Dauermagneten und einer elektrischen Spule:**

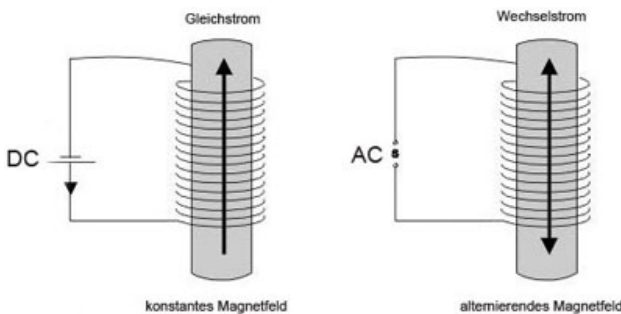


Ein Linearmotor wird mittels ähnlicher Anziehungs- und Abstoßungskräfte angetrieben. Das Wechseln der magnetischen Pole wird durch die Verwendung von gewickeltem Kupferdraht, d.h. Spule, an Stelle eines Dauermagneten möglich.

Es ist bekannt, dass ein um einen Kern gewickelter stromleitender Metalldraht wie ein Magnet wirkt. Die erzeugte magnetische Kraft einer elektrischen Spule hängt unter anderem ab von:

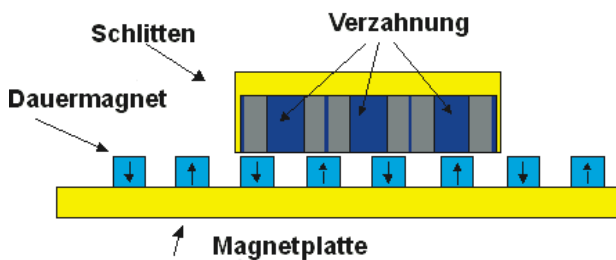
der Stromstärke, der Anzahl Wicklungen, und der Art des Kernmaterials.

**Elektromagnetische Erregung eines konstanten und eines alternierenden magnetischen Feldes:**



Im Allgemeinen wird Eisen als Kernmaterial benutzt. Auf Grund seines sehr niedrigen magnetischen Widerstands verfügt Eisen über einige sehr gute Eigenschaften für die Leitung des Magnetfelds. Der Eisenkern kann tatsächlich wie ein Magnet betrachtet werden. Im Falle von Gleichstrom verhält der Kern sich wie ein Dauermagnet. Wird die Phase des Stroms umgekehrt, wechselt zudem die magnetische Polarität. Demzufolge erregt die Richtung ein alternierendes Magnetfeld.

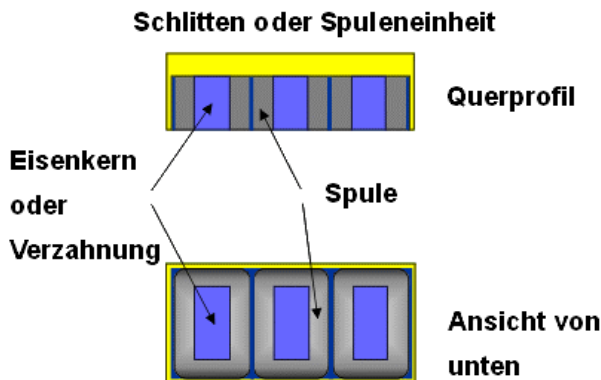
**Linearmotor, schematischer Querschnitt**



In einem Linearmotor sind mehrere Spulen in einen beweglichen Teil, den Schlitten oder die Spuleneinheit eingebaut. Der Schlitten kann über eine Bodenplatte bewegt werden. Auf dieser Platte befinden sich über die gesamte Distanz Dauermagneten. Die Platte, einschließlich der Magnetbaugruppe, wird als Magnetplatte bezeichnet. Die Länge der Magnetplatte bestimmt die Reichweite des Linearmotors. Die in dieser Broschüre besprochenen Linearmotoren haben Spulen mit Eisenkern (siehe folgende Abbildung). Diese wie Magnete wirkenden Kerne werden ‚die Verzahnung‘ genannt. Die Spulen werden mit elektrischem Strom versorgt. Der Schlitten wird fortbewegt, indem die Stromphase von jeder Spule gewechselt wird. Die Wechselgeschwindigkeit ermöglicht die Steuerung der Schlittengeschwindigkeit. Zudem besteht ein Zusammenhang zwischen der Stromstärke und der Bewegungskraft. Demzufolge kann die Motorkraft durch Erhöhung oder Senkung der Stromstärke gesteuert werden.



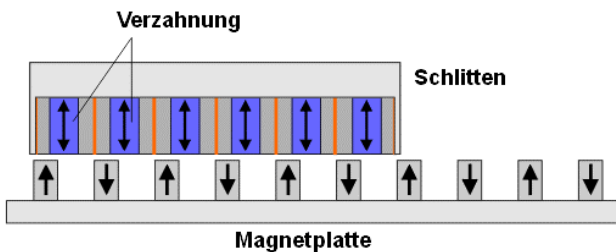
Spuleneinheit mit drei Spulen, Schema:



### 3.2 Drehstromlinearmotor

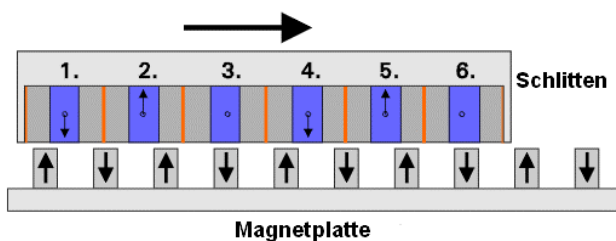
Es können verschiedene Techniken eingesetzt werden, um eine genaue und sanfte Bewegung vom Schlitten zu erzielen. Die Dauermagnete werden auf der Magnetplatte befestigt. Demzufolge ist die Phase der Magnetkraft eines jeden Magneten unveränderlich. Demgegenüber ist die Phase der Spulen einstellbar. Der Schlitten wird mittels Kommutation der Stromphase fortbewegt. Eine der geeigneten Linearmotortechniken besteht darin, jede Spule mit einer angemessenen Phasenverschiebung zu versorgen. Ein anderer wichtiger Punkt ist die Position der Spulen gegenüber den Dauermagneten.

#### Fehlerhafte Positionierung und Phaseeinstellung



Das Setzen der Spulen im gleichen Muster und mit den gleichen gegenseitigen Abständen wie die Magnete, (in der Abbildung dargestellt), ist problematisch. Wenn zudem die Spulen mit gleichphasigem Strom versorgt werden, wird sich der Schlitten nicht bewegen. Derartige Betrachtungen müssen bei dem Entwurf eines Linearmotors angestellt werden.

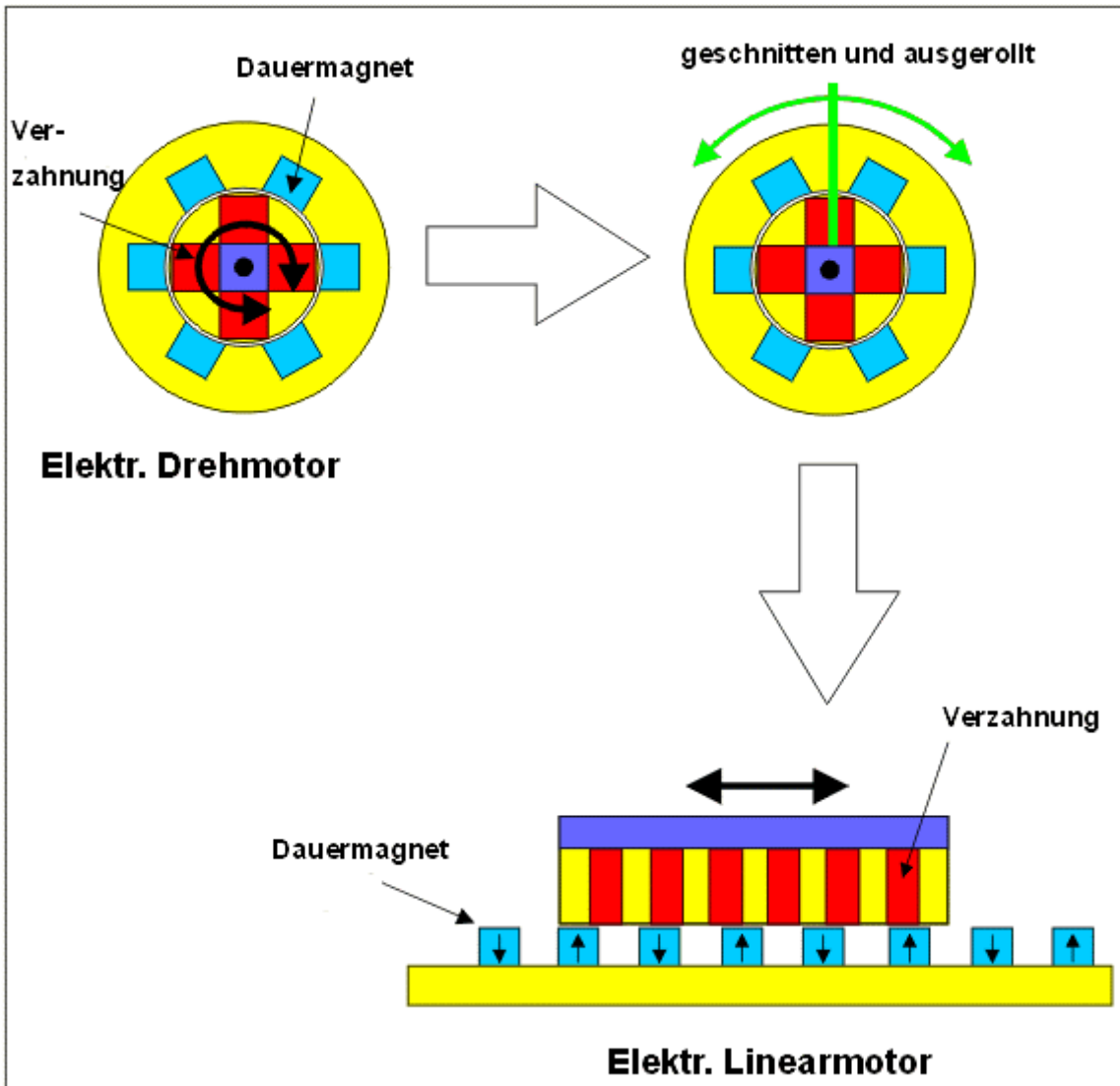
#### Positionierung und Phaseeinstellung eines Drehstromlinearmotors



Das Prinzip eines Drehstromlinearmotors berücksichtigt die vorhin angesprochenen Probleme. Im Falle des hier besprochenen Beispiels sind die Spulen gleichmäßig im Verhältnis von 3 bis 4 gegenüber den Magneten auf der Magnetplatte (siehe Abbildung) im Schlitten positioniert. Demzufolge können drei verschiedene Spulengruppen unterschieden werden. Spule 1 wird ständig eine vergleichbare Position wie Spule 4 haben. Spule 2 und 5 werden ebenfalls vergleichbare Positionen wie auch Spule 3 und 6 haben. Sanfte und genaue Bewegung wird nun erzielt, indem ein dreiphasiger Drehstrom, eine Phase zu jeder Gruppe, den Spulen zugeführt wird. Der Phasenwinkel hängt von der Position des Schlittens ab. Die Information über diese Position wird von einem linearen Geber bereitgestellt.

### 3.3 Vergleich zwischen Linear- und Drehmotoren

Ein geöffneter und flach ausgebreiteter Drehmotor



Es wird darauf hingewiesen, dass ein Linearmotor sich der gleichen physikalischen Prinzipien bedient wie ein gewöhnlicher elektrischer Drehmotor. Ein Linearmotor ist ein geöffneter und flach ausgebreiteter Drehmotor (siehe Abbildung). Dabei übernimmt der Schlitten die Funktion des Rotors. Das Drehmoment ist eine lineare Kraft geworden und die Drehbewegung hat sich in eine translatorische Bewegung verwandelt. Wegen dieser ebenen Topologie wird der Hauptvorteil des Linearmotors offensichtlich. Er erzeugt eine direkte lineare Bewegung. Während ein Drehmotor gewisse Übertragungselemente erfordert, stellt der Linearmotor sie unmittelbar zur Verfügung.

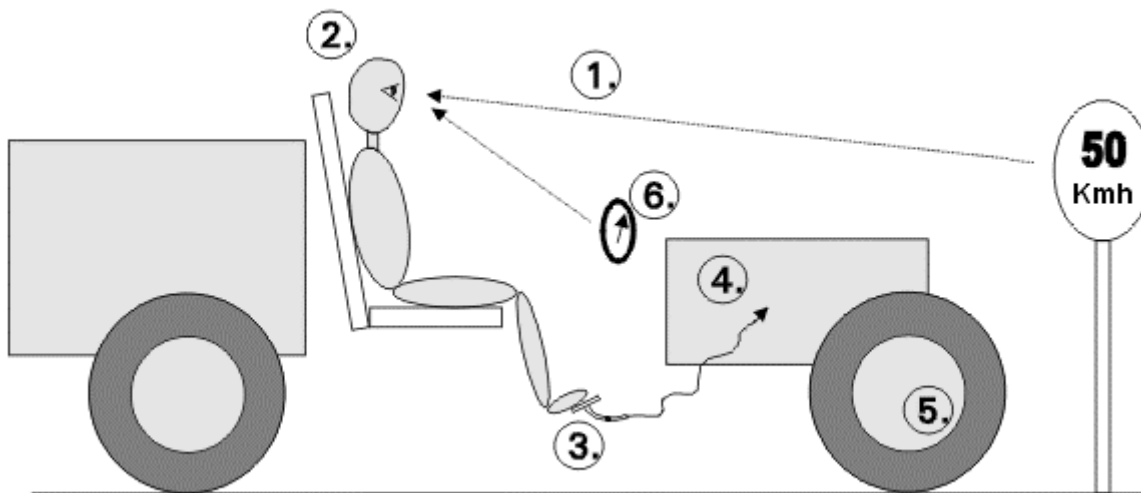
**Der direkte Antrieb führt zu einigen bedeutenden Vorteilen:**

- Genaue Positioniersteuerung und Rückmeldung ist bis im Submikrometerbereich möglich.
- Im Vergleich zu geläufigen Drehmotorsystemen kann eine hohe Geschwindigkeit und Beschleunigung erzielt werden. Dies ist möglich dank einem günstigen Verhältnis von Spitzenkraft zu Motorträgheit.
- Abgesehen von den Seitenlagern gibt es keine Berührungsfläche. Reibung kann vernachlässigt werden, praktisch kein Verschleiß.
- Die einzige Einschränkung der Reichweite ist die Länge der Magnetplatte. Im Falle von Längenerweiterung gibt es weder Geschwindigkeitsbeschränkungen, noch höhere Trägheit oder geringere, dynamische Steifigkeiten.

## 4 Positionierung

### 4.1 Das Positionierungssystem

Linearmotoranwendungen erfordern eine aufwendige Positions- und Geschwindigkeitsrückmeldung. Ein linearer Geber und ein Servoregler werden im Positionierungssystem aufgenommen. Die Position des Schlittens wird mittels einer Kombination aus Messstab und Sonde ermittelt. Der lineare Geber meldet diese Information an den Servoregler zurück.



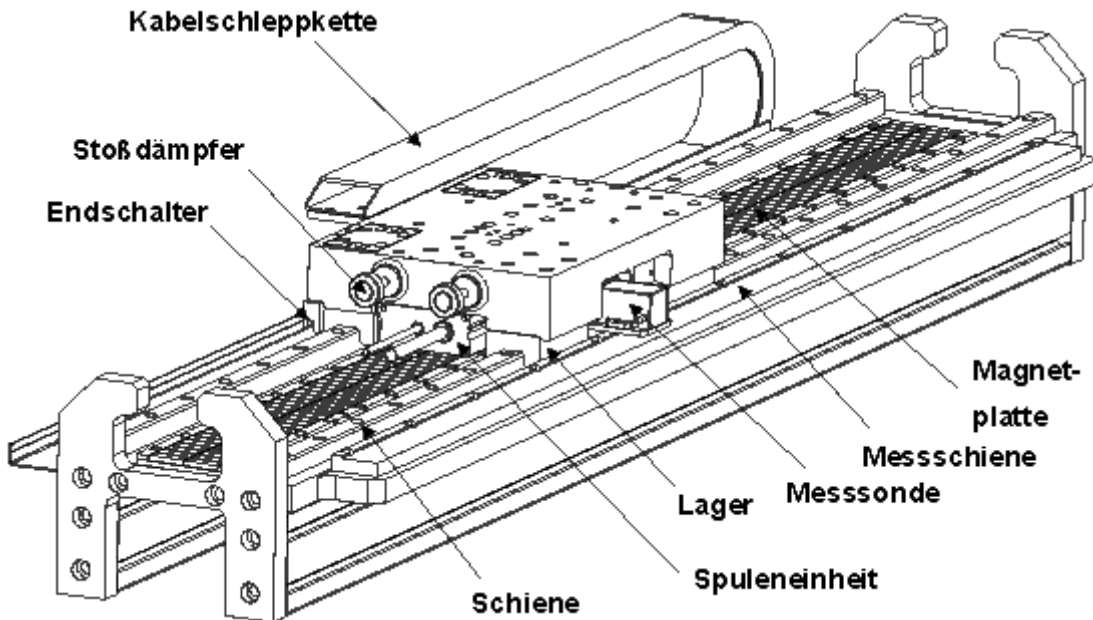
Um eine Idee des Positionierungssystems zu haben, kann ein oberflächlicher Vergleich mit der Geschwindigkeitsregelung eines Automobils angestellt werden. Die Information des Verkehrsschildes (1) wird erkannt, vom Fahrer (2) ausgewertet und in eine Anpassung der Stellung des Gaspedals (3) umgesetzt. Dieses führt zu einer Anpassung der Motorkraft (4) und demzufolge zu einer Anpassung der Drehgeschwindigkeit der Räder (5). Die tatsächliche Geschwindigkeitsinformation wird dem Fahrer über das Tachometer (6) zurückgemeldet. Solange die gewünschte Geschwindigkeit nicht erreicht ist, wird diese spezifische Schleifensituation aufrechterhalten.

Im Falle des Linearmotorsystems kann die Messeinheit mit dem visuellen System des Fahrers verglichen werden. Die Messsonde erkennt die Position und der lineare Geber übersetzt sie in die korrekte Positionsinformation. Die Eingangsanschlüsse des Servoreglers agieren wie die Augennerven. Hier wird die Positionsinformation an das Gehirn des Fahrers, den eigentlichen Servoverstärker, zurückgegeben. In diesem Regler wird diese Information verarbeitet und in ein entsprechendes Spannungssignal an den Linearmotor, vergleichbar mit der Gaspedalbewegung, umgesetzt. Dieses Signal wird von einem Verstärker zur Verfügung gestellt. Ein größerer Verstärker liefert eine höhere Spitzenkraft, genau wie ein leistungsstärkerer Motor mehr Pferdestärken erzeugt. Ähnlich wie im Falle der Automobildynamik hängt die Beschleunigung des Linearmotors von dem Verhältnis der Verstärkerleistung und der gesamten beweglichen Last ab. Es sollte darauf hingewiesen werden, dass das Spannungssignal an einen Linearmotor in Form von Impulsen mit einer festgelegten Schalthäufigkeit und einer festgelegten Spannung geliefert werden. Demzufolge ist die Impulsdauer der zu regelnde Parameter.

Ist die von der Messeinheit gelieferte Position inkrementell, so muss der Servoverstärker ohne die absolute Position des Schlittens auskommen. Dies kann insbesondere beim Start des Motorbetriebs problematisch sein. Aus diesem Grund wird der Schieber für einige minimale Testbewegungen aktiviert. Diese ‚magnetische Ausrichtung‘ stellt dem Positionierungssystem die erforderliche Kommutierungsinformation zur Verfügung.

## 5 Linearmotorsystem

### 5.1 Übersicht



Ein Linearmotor ist normalerweise Teil eines größeren Systems. Das System ermöglicht kontrollierte Bewegung. Ein vollständiges Linearmotorsystem umfasst mindestens die folgenden Teile:

- Einen Montagerahmen
- Eine aus Magnetplatten bestehende Magnetbahn
- Ein Satz linearer Führungen, die den Schlitten samt seiner Last tragen.
- Ein Positionierungssystem bestehend aus einem Servoregler, einer Messschiene und einer Sonde für Positionserfassung und einem linearen Geber für die Positionsrückmeldung an den Servoregler.
- Eine Spuleneinheit, gegebenenfalls wassergekühlt. Dieser Schlitten befördert die Nutzlast.
- Sicherheitsenddämpfer und –schalter um die Bewegung bei Störfällen zu stoppen.

Im folgenden Abschnitt werden praktische Betrachtungen zu diesen Themen erörtert.

## 5.2 Praktische Betrachtungen von Linearmotorsystemen



### Teil eines gesamten Maschinenkonzeptes

Ein Linearmotor von Beckhoff Industrie Elektronik ist kein in sich geschlossenes System. Er muss in ein gesamtes Maschinenkonzept oder eine gesamte Arbeitseinheit eingebunden sein. Es muss aus verschiedenen Systemen in Abhängigkeit der Anwendung ausgewählt werden. Deswegen ist es wichtig die Spezifikationen von beiden, dem gesamten Maschinenkonzept und den Linearmotortypen, zu kennen. Die Maschine muss allen in Frage kommenden EU-Anforderungen genügen.

### Teil eines gesamten Maschinenkonzeptes

Ein Linearmotor von Beckhoff Industrie Elektronik ist kein in sich geschlossenes System. Er muss in ein gesamtes Maschinenkonzept oder eine gesamte Arbeitseinheit eingebunden sein. Es muss aus verschiedenen Systemen in Abhängigkeit der Anwendung ausgewählt werden. Deswegen ist es wichtig die Spezifikationen von beiden, dem gesamten Maschinenkonzept und den Linearmotortypen, zu kennen. Die Maschine muss allen in Frage kommenden EU-Anforderungen genügen.

### Tragrahmen: Festigkeit und Stabilität

Der Tragrahmen muss aus zwei Hauptgründen speziellen Anforderungen genügen. Die Spitzenantriebskräfte eines Linearmotors sind hoch, so dass der Rahmen ausreichende dynamische Steifigkeit aufweisen muss. Im Hinblick auf die Genauigkeit muss der Rahmen unempfindlich gegenüber Stöße und Schwingungen sein. Normalerweise ist die Magnetplatte horizontal auf dem Sockel einer Maschine oder Arbeitseinheit befestigt. Der Schlitten trägt eine Nutzlast, wie z.B. eine Messeinheit oder einen Laserschneider. Wegen dieser Last, der Verkabelung und eventuellen Kühlleitungen kann das Verhältnis Spitzenkraft/Motorträgheit leicht beeinträchtigt werden. Es ist klar, dass eine senkrechte Stellung eines Linearmotorsystems besondere Anforderungen stellt. Falls erwünscht, kontaktieren Sie Beckhoff Industrie Elektronik.

### Schienen und Lager

Um die freie Bewegung zu gewährleisten, ist der Schlitten mit Lagern ausgestattet, die sanft auf zwei Schienen oder Luftlagern gleiten. Die Schienen sind neben den Magnetplatten montiert. Diese Konstruktion gewährleistet zudem den korrekten Luftspalt zwischen der Spuleneinheit und der Magnetplatte. Im Falle der seitlichen Positionierung der Spuleneinheit zu den Magnetplatten ist eine kleine Toleranz zulässig.

### Wärmeabfuhr

Der Wärmeverlust kann insbesondere in der Spuleneinheit beträchtlich sein. Wärmestrom verursacht Temperaturunterschiede. In einigen Fällen kann dies aus Gründen der Genauigkeit o.ä. unzulässig sein. Also muss der Wärmeabfuhr zur Umgebung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. In einigen Fällen ist eine (Wasser-) Kühlung erforderlich.

### Servoverstärker

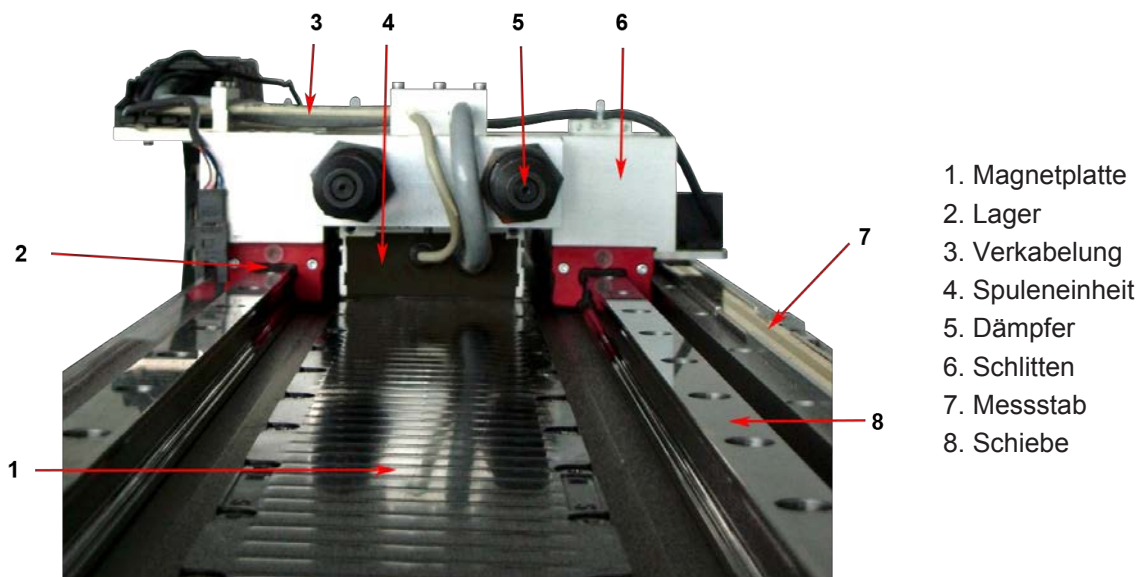
Linearmotoren der Baureihe AL2000 können idealerweise mit unserem Drehstrom-Servoverstärker der Baureihe AX5000 kombiniert werden. Der AX5000 deckt die gesamte Reihe der Dreh- und Linearmotoren ab. Die vorbereiteten Motor- und Rückmeldungskabel vervollständigen das komplette System. Alle Standardparameter der Linearmotor-Regler-Kombinationen sind festgelegt und ladbar.

## Genauigkeit

Die Genauigkeit des Positionierungssystems ist der springende Punkt, da von Linearmotoren erwartet wird, dass sie bis in den Submikrometerbereich regelbar sind. Die Genauigkeit kann z.B. von Wärmedehnung der Spuleneinheit, von Schwingungen und Stößen, die vom Umfeld herrühren, oder von mangelnder Steifigkeit des Tragrahmens beeinträchtigt werden. Im Allgemeinen wird die Haupteinschränkung der Genauigkeit von diesem Stabilitätsmangel verursacht. Wie die meisten mechanischen Systeme hat auch der Linearmotor mit Widerstand, Elastizität und Trägheit zu tun. Wegen der Positions- und Geschwindigkeitsrückmeldung hat er ebenfalls mit Messgenauigkeit und gewissen Zeitverzögerungen zu tun. So wird der Regler mit gewissen Verzögerungen allein schon wegen der Prozessor- und Aktualisierungszeiten konfrontiert. Die Genauigkeit kann zudem durch die festgelegte Schalzhäufigkeit des Servoverstärkers begrenzt sein. Natürlich müssen der lineare Messstab und die Messsonde über die gewünschte Genauigkeit verfügen. Dies erfordert eine aufwendige Messstab/-sonde-Kombination. Die Sonde muss so nah wie möglich an den Angriffspunkt der gesamten bewegliche Einheit (Schlitten + Last) angebracht werden. Die Sonde sendet Signale an den linearen Geber, womit der Geber eine Auflösungszeit hat. Zuletzt ist der Linearmotor selber ein elektromagnetisches Gerät. Er hat mit Widerstand und Selbstinduktion zu kämpfen. Dies führt dazu, dass der Strom in den Spulen immer dem gelieferten Spannungssignal nacheilt. Da die magnetische Kraft in direkter Verbindung mit dem Strom steht, bedeutet dies, dass auch die Motorkraft nacheilt. All diese Elemente beeinträchtigen die Genauigkeit des Linearmotors, sein Verhalten bei schwachen Signalen.

## Bremung und Dämpfung

Hohe Geschwindigkeiten werden auf kurzen Distanzen erreicht. Unter normalen Bedingungen wird dynamisches Bremsen durch umgekehrte elektromagnetische Kräfte bewerkstelligt. Allerdings kann es sein, dass Bremsung und Dämpfung für kurzes Ausrollen erforderlich ist. Unter gewissen Bedingungen, z.B. Stromausfall, kann dies für die Sicherheit kritisch sein.



1. Magnetplatte
2. Lager
3. Verkabelung
4. Spuleneinheit
5. Dämpfer
6. Schlitten
7. Messstab
8. Schiebe

## Magnetischer Fluss und Abstand

Genau wie der Drehmotor wird auch der Linearmotor mittels elektromagnetischer Kraft angetrieben. Magnete produzieren einen sogenannten magnetischen Fluss, der als die Dichte des magnetischen Feldes betrachtet werden kann. Dies gilt sowohl für den Dauermagneten als auch für die elektromagnetische Spule. Das Magnetfeld ist in der direkten Nähe der magnetischen Pole am dichtesten, normalerweise mehrere Tausend Gauss. Dieser Fluss fällt rapide ab, wenn er in einer Entfernung von einigen Zentimetern von den Magnetpolen gemessen wird. Da die magnetische Kraft unmittelbar vom magnetischen Fluss abhängt, ist es wichtig, den Spalt zwischen Spuleneinheit und Magnetplatte klein zu halten. Der Spalt kann leicht variieren, ohne dass ein großer Leistungsverlust verzeichnet wird.

## Cogging

Die Dauermagneten produzieren eine statische Anziehungskraft. Diese überträgt sich auf alle in der Nähe befindlichen magnetischen Materialien. Dadurch wird die Spuleneinheit angezogen. Durch diese Anziehung entsteht eine Welligkeit in der Kraftentwicklung, welche Cogging genannt wird. Das Design der Primär- und Sekundärteile vermindert den Cogging-Effekt.



### Hinweis

#### Sorgfältige Installation

Die Installation eines Linearmotors muss sehr sorgfältig vorgenommen werden. Lesen Sie bitte das Installationshandbuch sorgfältig. Installation nur durch ausgebildetes Personal. Besondere Aufmerksamkeit muss dem starken Magnetfeld in der Nähe der Magnetplatten geschenkt werden. Diese Platten müssen vorsichtig und mit dem geeigneten Werkzeug behandelt werden. Beachten Sie, dass Materialien oder Kleidung zwischen Magnetplatten und Eisenobjekten eingeklemmt werden können. Für die Montage und Demontage müssen Magnetfeld neutralisierende Schutzplatten eingesetzt werden. Befolgen Sie sorgfältig die Installationsanweisungen des verwendeten Servoreglers und des linearen Gebers. Elektronische Verkabelung, wie Sensorkabel, müssen abgeschirmt sein oder paarweise verdreht werden, um die elektromagnetische Wechselwirkung zu verringern.

## 6 Linearmotoren der Baureihe AL2000

Die Motoren der Baureihe AL2000 sind Drehstrom-Linearmotoren mit Eisenkern in einem sehr kompakten Design. Spulen mit Eisenkern sind im Schlitten eingebaut. Der Schlitten bewegt sich über die Magnetplatte. Der kleine Spalt zwischen der Platte und dem Schlitten wird mit Hilfe von Schienen und Lagern bewerkstelligt. Auf Grund des kleinen Luftspalts ist der magnetische Widerstand zwischen Spulen und Magnete sehr gering. Dies führt zu einer hohen magnetischen Kraft.

### **Einige Eigenschaften dieses Linearmotortyps sind:**

- Hohe Spitzenkraft (bis zu 2000 N).
- Hohe stetige Kraft.
- Relativ kleine Anziehungskraft.
- Geringe Wärmeentwicklung.
- Motordesign vermindert das Cogging
- Dynamik und Genauigkeit auf höchstem Niveau.
- Hohe Geschwindigkeit (bis zu 10 m/s).
- Moderater Preis für Magnetplatte.



## 7 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

### Beckhoff Support

Der Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49(0)5246/963-157  
Fax: +49(0)5246/963-9157  
E-Mail: support@beckhoff.com

### Beckhoff Service

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49(0)5246/963-460  
Fax: +49(0)5246/963-479  
E-Mail: service@beckhoff.com

Weitere Support- und Serviceadressen finden Sie auf unseren Internetseiten unter <http://www.beckhoff.de>.

### Beckhoff Firmenzentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland

Telefon: +49(0)5246/963-0  
Fax: +49(0)5246/963-198  
E-Mail: info@beckhoff.com

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unseren Internetseiten:

<http://www.beckhoff.de>

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.