

## Hydrostatische Gewindetribe (HGT)



**hochbelastbar**

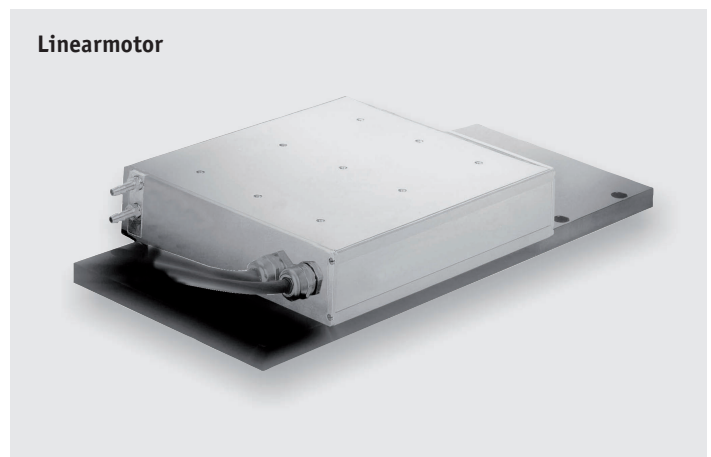
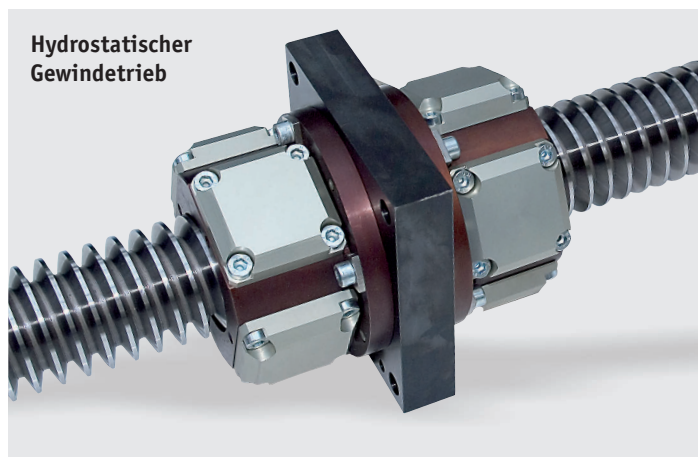


**verschleißfrei**



**kostengünstig**

**Bis zu 80% geringerer Energiebedarf im Vergleich zu Linearmotoren!**



**Bekannte Nachteile von Kugelgewindetriben führten zur Entwicklung von Linearmotoren und weitergehend zu hochbelastbaren, sowie verschleißfrei arbeitenden hydrostatischen Gewindetriben (HGT).**

**Nachfolgend ein Vergleich zwischen Linearmotor und dem innovativen hydrostatischen Gewindetrieb:**

### Einführung – Physikalische Grundlagen

Elektrische Energie kann bei relativ geringen Kräften und hohen Geschwindigkeiten äußerst effektiv in mechanische Energie umgewandelt werden. Deshalb werden für elektrische Vorschubantriebe relativ schnelllaufende Motoren mit Gewindetriben zur Erzeugung langsamer Schlittengeschwindigkeiten und hoher Vorschubkräfte verwendet. Die elektromotorische Kraft wird dabei über einen sehr großen Hebel auf den Schlitten übertragen. Bei entsprechender Qualität der Übertragungsglieder kann der Schlitten durch geringe Kräfte sehr feinfühlig bewegt werden.

#### Beim Linearmotor wird dieses Prinzip verlassen!

Zur direkten Erzeugung großer Kräfte sind extrem starke Magnetfelder erforderlich. Dies kann der Linearmotor nur durch starke elektrische Ströme und/oder durch Spulen mit hoher Induktivität erreichen. Da jede stromdurchflossene Spule eine „elektrische Masse“ darstellt, muss bei dynamischen Lastwechseln eine große elektrische Masse wechselweise beschleunigt werden – dies gilt auch dann, wenn der Schlitten nur in Position gehalten werden soll. Selbst bei Einsatz außergewöhnlich hoher Spannungen ist die Änderung der Motorkraft zeitbehaftet. Dadurch ergibt sich mit dem Linearmotor eine vielfach größere regelbedingte Positionsstreuung als beim HGT.

#### ■ Energiebedarf - Wärmeeintrag - Kühlung

##### Beim Linearmotor:

Bei den meisten spanenden Bearbeitungsaufgaben in Werkzeugmaschinen wird während den Hauptzeiten eine geringe Schlittengeschwindigkeit von ca. 0,1-0,4 m/min und eine hohe Vorschubkraft benötigt. Die Verlustleistung eines Linearmotors mit z.B. 6600 N Nennkraft beträgt auch bei diesen niedrigen Vorschubgeschwindigkeiten nach Herstellerangaben ca. 5,4 kW. Zur Rückkühlung dieser Leistung wird nochmals eine Leistung des Kälteaggregates von ca. 4 kW benötigt. Insgesamt werden also ca. 9 kW verbraucht, um eine Vorschubkraft von nur 6600 N zu erreichen!

##### Mit hydrostatischem Gewindetrieb:

Ein typischer HGT benötigt für die Vorschubkraft von 10.000 N für höhere Geschwindigkeiten einen Ölstrom von ca. 2,5 l/min bei 50 bar Pumpendruck. Für den Antrieb der Druckpumpe und die Ölrückkühlung mit Luft-Ölwärmetauscher wird eine Leistung von ca. 0,5 kW benötigt. Für den Servomotor werden bei 400 mm/min Vorschubgeschwindigkeit, 10.000 N Vorschubkraft und 50% Wirkungsgrad 0,14 kW benötigt. Dies ergibt einen Leistungsbedarf von nur ca. 0,7 kW.

##### Vorteil gegenüber dem Linearmotor:

**eine um 8,3 kW reduzierte Verlustleistung!**

Da ein Linearmotor z.B. in Dreh- oder Fräsmaschinen nicht ständig mit der Höchstbelastung betrieben wird, ist eine Ersparnis von ca. 5 kW realistisch.

**Daraus resultierende Mehrkosten beim Linearmotor:** Im Einschichtbetrieb, einem kW-Preis von 0,12 EUR/kW, 5 kW Verbrauch und 2.000 Betriebsstunden/Jahr entstehen so pro Achse 1.200,- EUR, bei Dreischichtbetrieb 3.600,- EUR jährliche Mehrkosten. Kapitalisiert man diese Kosten mit 12% für Zins und Abschreibung, entspräche dies Investitionen in Höhe von ca. 10.000,- EUR bzw. 30.000,- EUR.

Selbst bei Einsatz von wenigen Maschinen mit Linearmotoren sind noch zusätzliche Kosten für die Stromversorgung, z.B. eine separate Trafostation, sehr wahrscheinlich!

## Der hydrostatische Gewindetrieb – HGT

Wie ein Kugelgewindetrieb setzt der HGT die Drehbewegung eines Servomotors in eine Linearbewegung um. Die Mutter des HGT schwebt auf einem hydrostatischen Ölfilm auf den Flanken des modifizierten Trapezgewindes der Gewindespindel und ist somit absolut verschleißfrei.

Mittels der patentierten **PM-Regler (Progressiv-Mengen-Regler)** werden die Ölströme in die Hydrostatiktaschen der Mutter so gesteuert, dass die Ölfilmdicke, weitgehend unabhängig von der Belastung und Geschwindigkeit, nahezu konstant bleibt.

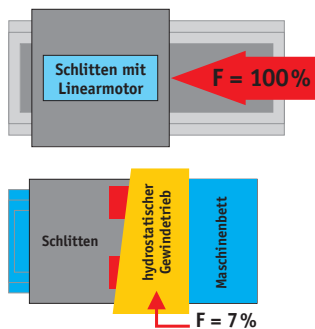
Dadurch wird, gegenüber Kugelgewindetrieben, eine doppelte bis dreifache Steife der Mutter zur Spindel und absolute Spielfreiheit erreicht. Die 8 PM-Regler sind an der Mutter befestigt und steuern die Ölströme nur mittels des Differenzdruckes zwischen Pumpen- und Taschendruck.

Der Anwender führt also nur gereinigtes Öl mit dem vorgesehenen Druck zum Gewindetrieb. Das Reibmoment des HGT ist sehr gering und proportional der Drehzahl, sodass bei Umkehr der Bewegungsrichtung kein Sprung des Antriebsmomentes auftritt. Dies sind Voraussetzungen, um höchste Positioniergenauigkeit und Bahntreue sowie kleinste Verfahrswege und präzise langsame Bewegungen zu gewährleisten. Der hydrostatische Gewindetrieb wirkt wie ein Stoßdämpfer mit exzellenter Dämpfung gegenüber dynamischen Belastungen. Er läuft geräuschlos ohne jegliche Vibrationen. Der HGT ist mit einem Nenndurchmesser von 40, 50, 63, 80, 100, 125 und 160 mm bis 5 m Länge erhältlich. Die zulässigen Belastungen reichen von 10 bis 300 kN, die Geschwindigkeit bis ca. 90 m/min. Wie bei Kugelgewindetrieben werden die Spindelenden der HGT nach Kundenwunsch ausgeführt. Zusätzlich kann der HGT durch hydrostatische Fest- und Loslager sowie hydrostatische Führungen ergänzt werden.

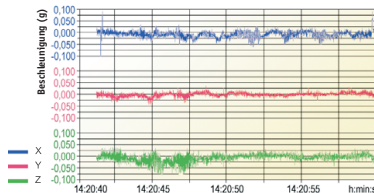
## Positionsstreubreite

Nicht nur bei schwingenden Belastungen weist der Linearmotor eine relativ große Positionsstreubreite auf. Der Vergleich von Messdaten an Versuchsschlitten mit Linearmotor und HGT verdeutlicht dies. (s. Bilder, Quelle: Kern)

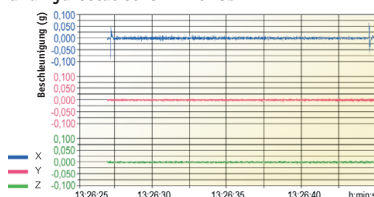
### Keilwirkung und Kraftvergleich



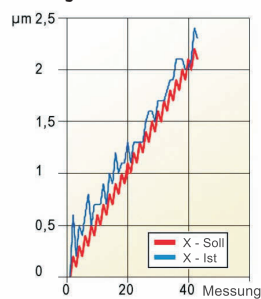
### Testachse mit Präzisionsführung und Linearantrieb



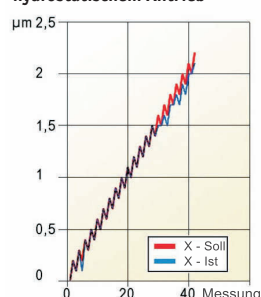
### Testachse mit hydrostatischer Führung und hydrostatischem Antrieb



### Vergleich Verfahrsweg kleinstes Inkrement 1/10 µm: Linearantrieb mit Standardführungen



### Vergleich Verfahrsweg kleinstes Inkrement 1/10 µm: hydrostatische Achse mit hydrostatischem Antrieb



## Steife und Dämpfung bei statischer und dynamischer Belastung

**Der Linearmotor mit:** geringerer Steife und fehlender Dämpfung, dadurch Gefahr von Resonanzschwingungen.

Die Steife des Linearmotors resultiert ausschließlich aus der Lage-regelung des Antriebs im Zusammenwirken mit dem notwendigen Linearmaßstab. Ohne Lageregelkreis ist die Steife des Linearmotors gleich Null! Gegenüber statischer Belastung ist die Steife des Linearmotors unendlich hoch. Dies gilt jedoch auch für mittels Linearmaßstab gesteuertem Antrieb mit HGT.

Die „dynamische“ Steife des Linearmotors ist aufgrund von Zeitverzögerungen durch Verlagerungsmessung, Reaktionszeit der Steuerung und Aufbau des Magnetfelds gering. Nach Angaben eines Linearmotorherstellers liegt die dynamische Steife zwischen 30 N/µm (bei Schlittengewicht 100 kg) ansteigend auf 120 N/µm (bei Schlittengewicht 600 kg), ohne Angabe der Frequenzen. Durch die fehlende Dämpfung in Bewegungsrichtung bei schwingender Schlittenbelastung ist die Gefahr von Resonanzschwingungen gegeben.

### Der HGT auch hier mit deutlichen Pluspunkten:

Die Steife eines Antriebs mit dem HGT mit Nenndurchmesser 50 liegt – inklusive der Federung der Gewindespindel – mit 400 mm wirksamer Spindellänge bei 350 bis 400 N/µm, bei beidseitiger Einspannung der Spindel noch deutlich höher. Zusammen mit der hohen Dämpfung und der höheren, aus dem Schwungmoment der Spindel resultierenden Gesamtmasse des HGT werden mit diesem Antrieb vielfach kleinere Schwingwege bzw. vielfach kleinere dynamische Positionsabweichungen erreicht, als mit dem Linearmotor. Auch Wegschwingungen des HGT klingen aufgrund der ausgezeichneten Dämpfung sehr schnell ab.

## Weitere Vergleiche zwischen Linearmotor und HGT

**Beschleunigung:** Bei geringen Schlittengewichten ermöglicht der Linearmotor höhere Beschleunigungen, bei höheren Schlittengewichten ab ca. 800 kg ist der HGT leistungsstärker.

**Vorschubkraft:** Die möglichen Vorschubkräfte des HGT sind denen des Linearmotors weit überlegen. Der aktuell wohl stärkste Linearmotor ermöglicht eine Nennkraft von ca. 10 kN, ein HGT mit dem Nenndurchmesser 50 mm kann für 20 kN ausgelegt werden. Geliefert wurden schon HGTs für 340 kN, konzipiert für 1250 kN!

**Schlittengeschwindigkeit:** In Sonderfällen können mit einem HGT Schlittengeschwindigkeiten von 120 m/min erreicht werden, realistisch sind Geschwindigkeiten bis 60 m/min. Hier kann der Linearmotor sicherlich mehr, aber die Beherrschung großer Massen bei hohen Geschwindigkeiten ist, nicht nur bei Stromausfall, sehr problematisch.

Vertikale Achsen sind mit dem Linearmotor nicht nur bei Stromausfall schwer zu beherrschen. HGTs dagegen können durch eine Bremse am Servomotor leicht fixiert werden. Zudem weisen HGTs mit normaler Steigung bei abgeschalteter Ölversorgung Selbsthemmung auf!

**Weitere Nachteile mit Linearmotor:** Die hohe Abwärme des Linearmotors entsteht in der Maschine, dadurch wird ein hoher Aufwand für Kühlung und Isolierung notwendig. Durch den extremen Magnetismus bei Linearmotoren ergeben sich bei der Montage und durch magnetische Späne weitere Schwierigkeiten. Außerdem sind Personen mit Herzschrittmachern und Metallimplantaten sowie Schwangere durch die starken Magnetfelder gefährdet, evtl. werden auch Scheckkarten, Digitaluhren und Datenträger geschädigt.

**Vorteil für HGTs:** Servomotoren für HGTs sind außerhalb der Maschine angeordnet, hier genügt in der Regel Luftkühlung.

## Preisvergleiche

von führenden Werkzeugmaschinenherstellern ergaben, dass der Einsatz von Hydrostatischen Gewindetrieben im Vergleich zu einem Linearmotor wesentlich kostengünstiger ist. Berücksichtigt man zusätzlich den Mehraufwand für die hohe Kühlleistung des Linearmotors, wird der Unterschied zu Gunsten des HGT noch größer. Wird beim HGT für den Schlitten eine hydrostatische Linearführung eingesetzt, kann außerdem ein zusätzliches Hydroaggregat eingespart werden.