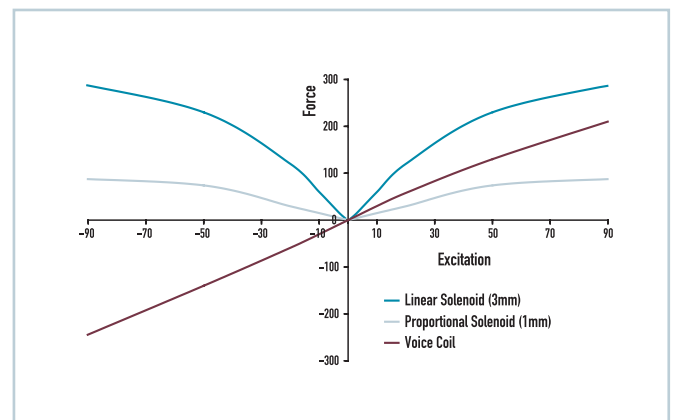
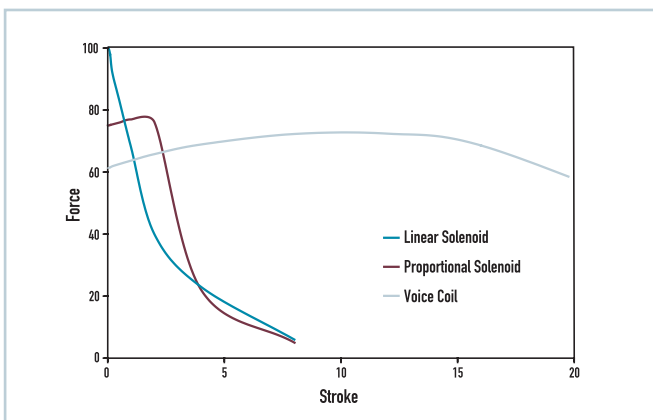


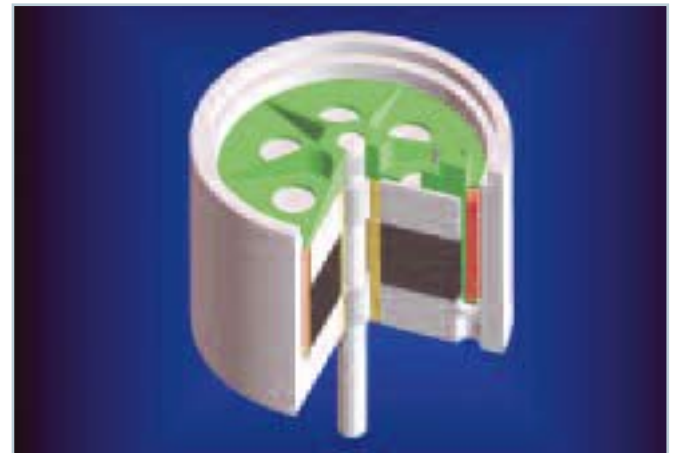
# [ Tauchspulenmotoren ]

- • • Tauchspulenmotoren bieten hervorragende Regelungseigenschaften für Anwendungen, die einen elektrischen Antrieb mit elektronischen Regelungssystemen bei kleinen Hübten erfordern. Der Vergleich von Krafteigenschaften und Verschiebung bzw. Strom bei Tauchspulenmotoren und Hubmagneten macht den Unterschied der beiden Ansätze deutlich. Aufgrund seiner linearen Kraftkennlinie eignet sich der Tauchspulenmotor für Anwendungen, die die genaue Kontrolle von Kraft oder Position erfordern, etwa bei Regelventilen oder Objektiv- und Spiegelpositionierungssystemen; bei Hubmagneten, die rein nach dem Reluktanzprinzip arbeiten, erschwert hier der steile Kraftanstieg bei Annäherung der Polflächen eine genaue Regelung.

Durch Umkehren der Polarität kann der Tauchspulenmotor Kraft in beide Richtungen entfalten. Im Hubmagneten wird in der Regel eine Feder eingesetzt, um Kraft in die Gegenrichtung zur aktiven Arbeitsrichtung des Hubmagneten zu entwickeln; diese Federkraft muss in der Stellrichtung erst durch die Magnetkraft überwunden werden und verringert in der Stellrichtung so die effektiv verfügbare Kraft und damit auch die Geschwindigkeit. Gepaart mit einem geringen induktiven Widerstand ermöglicht die bipolare Kraftentfaltung dem Tauchspulenmotor in bestimmten Fällen Taktzeiten von 1ms - das ist eine Größenordnung schneller als bei den meisten Hubmagneten.

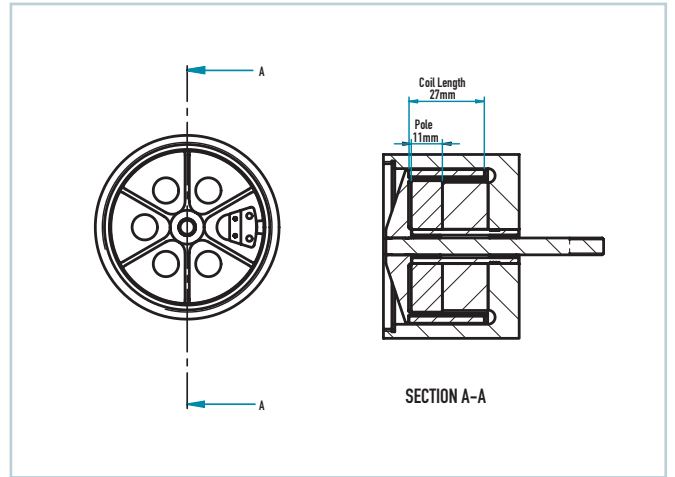
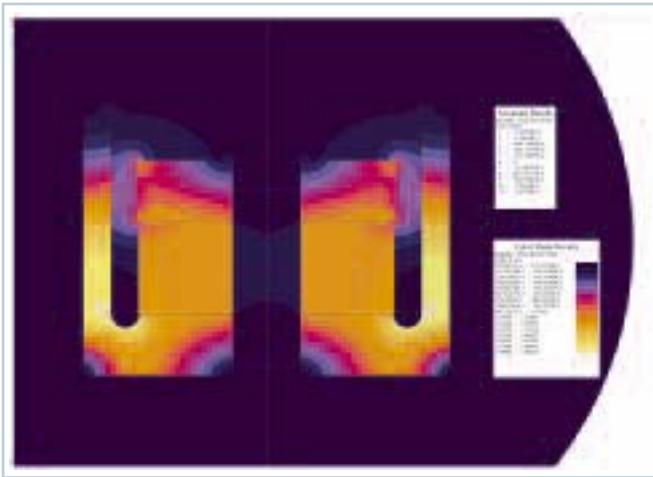


- • • Die Tauchspulenmotoren der Serie VM sind mit Wellen und Lagern ausgestattet um die genaue Führung der Spule innerhalb des Magneten zu gewährleisten und den Einbau in Ihre Anlage zu erleichtern. Die Welle ist aus Gründen der Abnutzungseigenschaften und Oberflächenbeschaffenheit aus einem gehärteten, rostfreien Stahl gefertigt, der magnetisch ist und einen gewissen Einfluss auf die Krafteigenschaften ausübt. (Auf Anfrage kann auch nicht magnetischer Stahl geliefert werden, dieser ist jedoch wesentlich anfälliger für mechanische Beschädigung.)



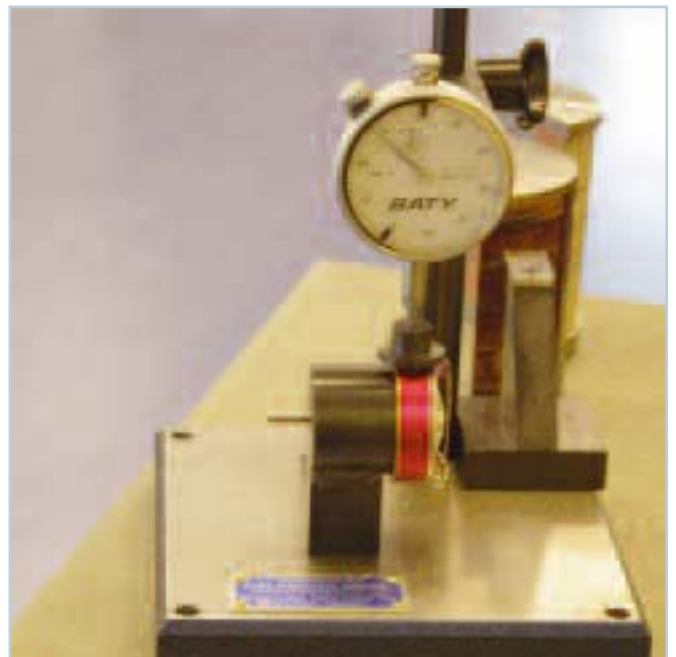
# [ Tauchspulenmotoren ]

- Der Magnet der Reihe VM ist für einen hohen volumetrischen Wirkungsgrad bei geringen Abfall der Magnetstärke an der Reichweite (?) ausgelegt. Magnete mit hoher Energiedichte bringen den Magnetpott (das Gehäuse) nahe an den Punkt der magnetischen Sättigung und erzeugen so das stärkstmögliche Magnetfeld. Kundenspezifische Auslegungen können auch eine größere Reichweite (?) aufweisen, werden dadurch aber größer bzw. schwerer und teurer.
- Die Standardspulen der VM-Reihe sind in der Regel so ausgelegt, dass sie die volle Tiefe des Topfes nutzen. Dadurch wird die maximale mechanische Arbeitsleistung erzielt, aber es kann zu Krafteigenschaften führen, die für eine bestimmte Anwendung ungeeignet sind: der außerhalb des Luftspaltfeldes liegende Teil der Spule verbraucht einen Teil der Energie in Form von Wärme entwickelt keine nutzbringende Kraft.
- Der lineare Anteil einer Tauchspule (der Teil, in dem die entwickelte Kraft bei > 90% der Maximalkraft liegt) entspricht meist ungefähr der Differenz zwischen Spulenlänge und Länge des Poles.
- Die maximale Kraft wird mit einer Spule erzielt, die etwa genauso lang ist wie der Pol, aber die lineare Reichweite einer solchen Konfiguration ist zwangsläufig kurz.
- Der größte Hub wird erzielt, wenn entweder die Spule um den gewünschten Hub länger ist als das der Pol oder umgekehrt. In der Regel ist es kostengünstiger, die Spule länger als den Magneten zu gestalten; eine Spule, die kürzer ist als der Pol, führt zu einer geringeren beweglichen Masse und schnellerer dynamischer Reaktion, aber um die notwendigen Krafteigenschaften zu erzielen, kann dies einen schwereren und teureren Magneten erfordern.



## ••• Mechanische Integrität<sup>a</sup> (?)

Die Motoren der VM-Reihe sind auf hohe Konzentrität und gute mechanische Passung ausgelegt. Beim Zusammenbau der Voice Coil Motoren werden genaue Werkzeuge verwendet, um die mechanischen Abmessungen genau einzuhalten und die Spulen werden einzeln vermessen um Konzentrität und korrekten Abstand vom Magneten sicherzustellen. Alle Bauteile sind so ausgelegt, dass über das gesamte Spektrum an Betriebstemperaturen von 0°C bis 130°C (in der Spule) genau festgelegte Abstände eingehalten werden.



# [ Tauchspulenmotoren ]

## ••• Elektrische Anschlüsse

Um den zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten muss die elektrische Verbindung zur beweglichen Spule eines Tauchspulenmotors in geeigneter Weise hergestellt werden. Biegsame Kabel mit vielen dünnen Litzen und Silikongummi-Isolierung können zuverlässige Verbindungen herstellen. Dabei muss sicher gestellt werden, dass die Kabel mechanisch fest am beweglichen Teil der Spule angebracht sind, am besten nicht zu nahe an den Lötstellen (Lötzinn verschmilzt die Litzen miteinander und führt zu hoher Beanspruchung der Anschlussstifte oder zu Materialermüdung am gelöteten Teil des Drahtes). Die Kabel sind sorgfältig so zu verlegen, dass die mechanische Beanspruchung minimiert wird. Eine andere Verbindung mit gleichbleibenden Betriebseigenschaften bei hohen Laufleistungen ist der flexible Stromkreis, der im VM5050 Standard ist (siehe Bild).



## ••• Motorparameter

**Kraftkonstante** **KNI** **N / Amperewindung**

Die pro Amperewindung (= Stromstärke x Anzahl der Windungen) durch Spulenerregung erzeugte Kraft. Die durch die Schwingspule entwickelte Kraft entspricht dem Produkt aus Kraftkonstante und Erregung in Amperewindungen (die Angabe in Amperewindungen macht diese Größe unabhängig von der Wicklung; die Anzahl der Windungen finden Sie bei den Wicklungsparametern).

**Linearer Bereich** **mm**

Die Bewegungsstrecke, über die die entwickelte Kraft > 90% der Maximalkraft des Motors ist. (? Bei welcher ED?)

**Wärmewiderstand** **R<sub>th</sub>** **°C / W**

Der Temperaturanstieg der Spule pro Watt Erregungsenergie (Magnetpott auf einen massiven Aluminiumsockel montiert) (? Größe).

**Höchsttemperatur** **T<sub>max</sub>** **°C**

Höchstzulässige Spulentemperatur für den Motor

**Dauerkraft** **F<sub>100</sub>** **N**

Maximalkraft, bei der die Spule bei konstanter Bestromung ihre zulässige Höchsttemperatur erreicht (Topf auf massivem Aluminiumblock (20°C) montiert). Die Dauerkraft für verschiedene Spulenwicklungsoptionen kann leicht variieren.

**Dauerleistungsaufnahme** **P<sub>100</sub>** **W**

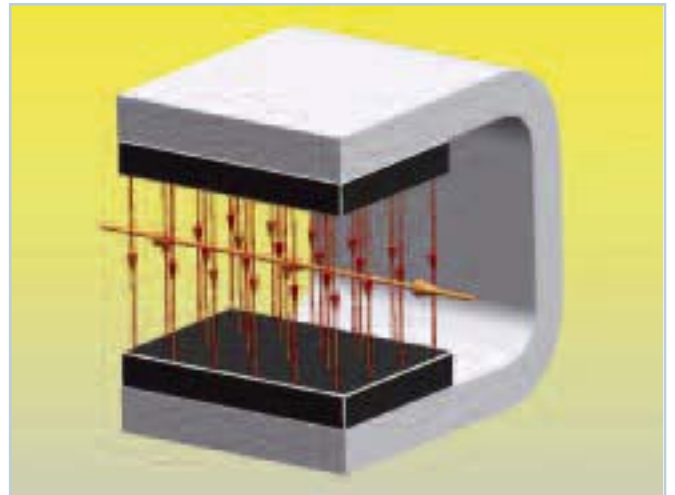
Die Dauerleistungsaufnahme, die dazu führt, dass die vollständig in den Topf eingefahrene Spule ihre Höchsttemperatur erreicht (Topf auf massivem Aluminiumblock (20°C) montiert).

# [ Tauchspulenmotoren ]

- Das Verhalten eines Tauchspulenmotors kann anhand des klassischen physikalischen Problems eines stromführenden Drahtes in einem Magnetfeld erläutert werden. Bei einer Magnetfeldstärke  $B$ , einem durch den Draht geführten Strom  $I$  und einer Länge des vom Feld betroffenen Drahtstückes  $l$  ergibt sich die entwickelte Kraft  $F$  gemäß der Gleichung

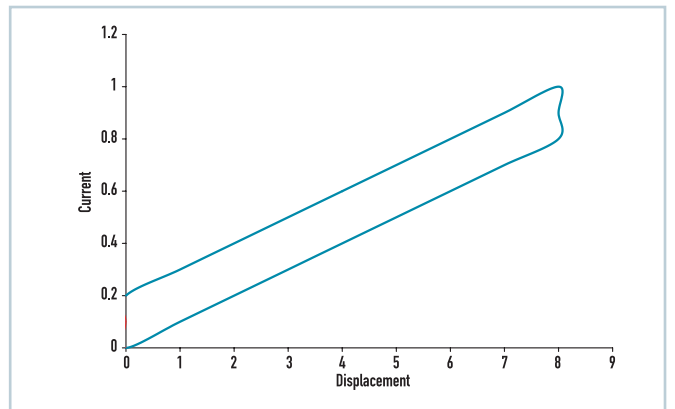
$$F = B \times I \times l$$

Die entwickelte Kraft ist senkrecht zum Magnetfeld und dem durch den Draht fließenden Strom.



## ••• Hysterese

Die Hysterese entspricht dem Schlupf in mechanischen Systemen und kann zu Positions- oder Kraftfehlern führen. Die Graphik zeigt, wie sich Hysterese in einem Positionierungssystem auswirkt: wird der Strom verändert, um die Bewegungsrichtung zu ändern, muss er in entgegengesetzte Richtung verändert werden, um überhaupt Bewegung zu erzielen. In Hubmagneten kann die Hysterese in der Regel bis zu 10% der entwickelten Kraft oder mehr ausmachen, bei Tauchspulenmotoren liegt sie meist bei 1% der entwickelten Kraft. Geringe Hysterese ermöglicht präzise und wiederholbare Positionssteuerung.



## ••• Grundgleichungen

Ein Tauchspulenmotor entwickelt eine Gegen-EMK  $E$  gemäß der Gleichung

$$E = K_v \times v \quad (v = \text{Geschwindigkeit in m/s})$$

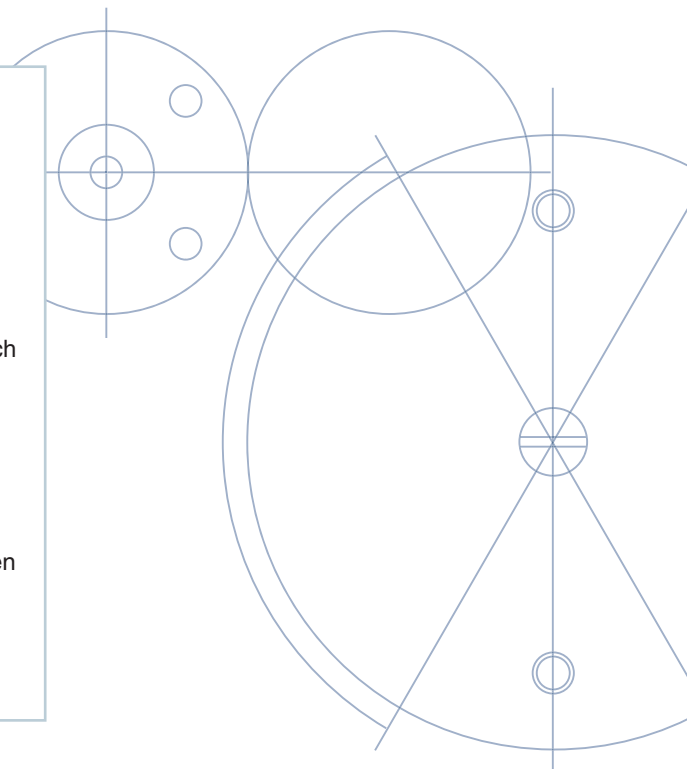
Bei Ansteuerung mit einem konstanten Strom  $I$  ergibt sich die durch den Motor entwickelte Kraft aus der Gleichung

$$F = K_{NI} \times N \times I$$

Bei Ansteuerung mit einer konstanten Spannung  $V$  entspricht das Verhältnis zwischen Kraft  $F$  und Geschwindigkeit  $v$  den Gleichungen

$$F = K_{NI} \times N \times (V - [K_v \times v]) / R$$

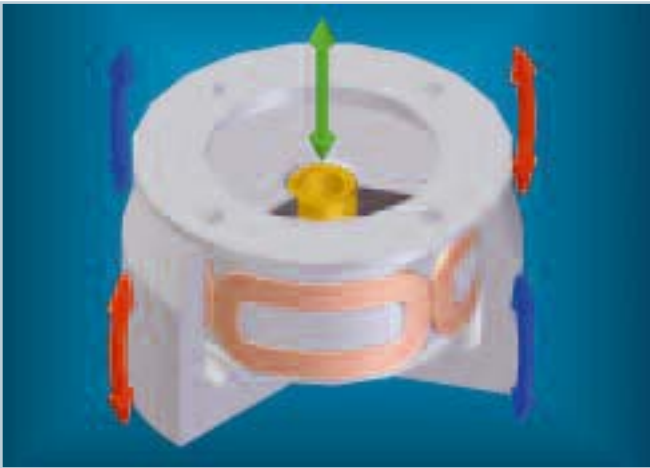
$$v = ([F \times R] / [K_{NI} \times N] - V) / K_v$$



# [ Tauchspulenmotoren ]

## ••• X-Y-Kippmotor

Kippmotoren werden für die Lichtstrahlsteuerung in optischen und anderen Systemen eingesetzt. Bei ihnen wird eine komplexe Spule mit (i.d.R.) 4 Wicklungen verwendet. Wird auf eine der Wicklungen Spannung aufgebracht, so entwickelt diese Wicklung Schubkraft wie jede andere Spule, wobei die Ausrichtung der Kraft jedoch nicht entlang der Spulenchse verläuft. Werden zwei gegensätzlich ausgerichtete Wicklungen mit Spannung belegt entsteht ein Drehmoment.



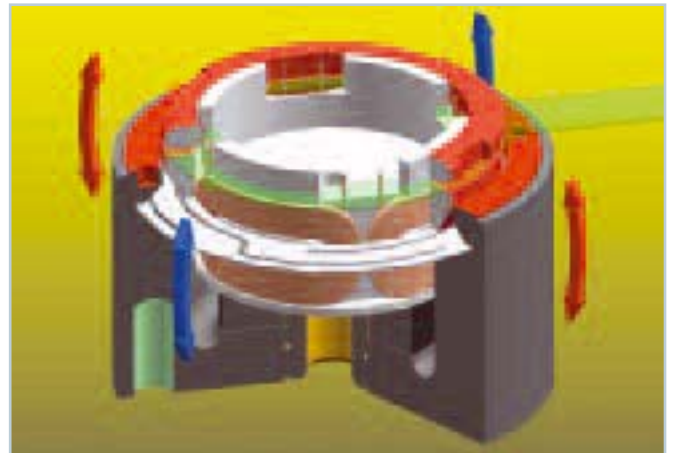
In einer typischen Anwendung könnte die Spule des Kippmotors am Spiegel eines Steuerungsmechanismus angebracht sein, wobei der Spiegel in Biegeschwingungslagern gelagert wäre. Können alle 4 Wicklungen unabhängig voneinander mit Spannung beaufschlagt werden, so ist es möglich, die Neigung der Spule in X- und Y-Richtung zu steuern oder durch Beaufschlagen gegensätzlich ausgerichteter Wicklungen mit gleichgerichtetem Strom eine lineare Bewegung entlang der Achse zu erzielen.

## ••• Kundenspezifische Lösungen

Neben den in diesem Katalog im Detail beschriebenen Geräten sind als kundenspezifische Lösungen auch zahlreiche andere Varianten möglich. Modifikationen oder kundenspezifische Lösungen sind einer Bestellmenge von 10 Stück möglich, sofern sich dies wirtschaftlich rechnet. Oft ist es bei kundenspezifischen Lösungen möglich, Schlüsselkomponenten aus Standardgeräten zu verwenden, um die Kosten im Rahmen zu halten. Kundenspezifische Lösungen können folgende Vorteile haben:

Die Konfiguration mit Mehrfachwicklungen bietet eine elegantere Steuerungslösung als Systeme, die auf Mehrachsstellantrieben beruhen: die sich ergebenden Konstruktionen haben i.d.R. eine geringere bewegliche Masse und eine kürzere dynamische Reaktionszeit. Der Einsatz eines einzigen großen Magneten erleichtert es, einen großen Luftspalt zu erzielen, der die Neigung der Spule ermöglicht.

Der Stellantrieb VMXY36 umfasst einen Biegeschwingungs-Aufstützring aus Stahl sowie Anschlusskabel zu den Wicklungen in einem kompakten Gehäuse mit nur 36 mm Durchmesser. Die sich gegenüberliegenden Wicklungen sind mit gegensätzlicher Polarität angeschlossen, so dass nur Neigung in X- oder Y-Richtung möglich ist (Bewegung entlang der Z-Achse ist mit diesem Gerät nicht möglich). Dieses Bauteil bietet für kleine Lichtstrahl-Ablenkensysteme hysteresefreien Betrieb in einem sehr kleinen Gehäuse.

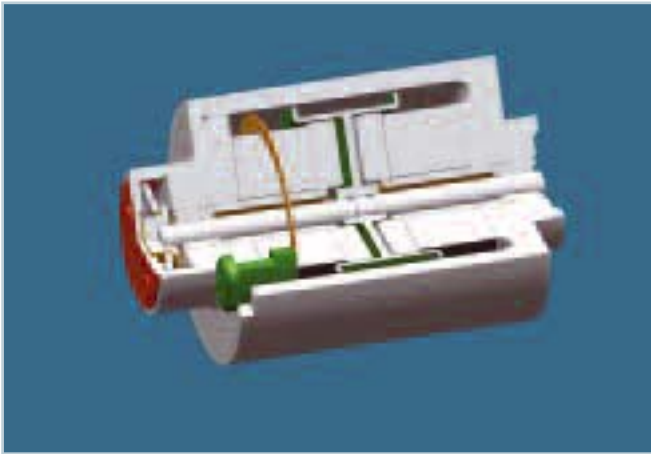


# [ Tauchspulenmotoren ]

Motoren mit zwei Enden entwickeln mehr als die doppelte Kraft eines konventionell konstruierten Motors mit demselben Durchmesser. Außerdem führt eine Konstruktion mit gegenüber liegenden Töpfen zu

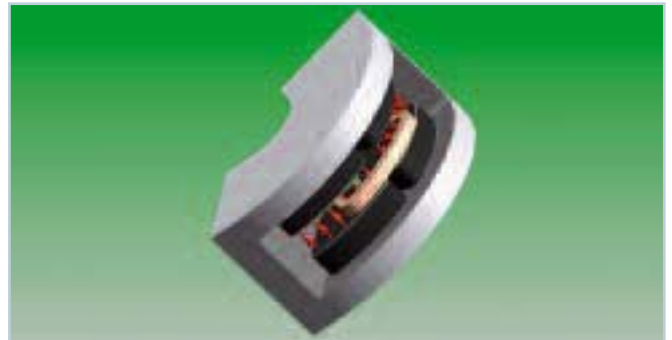
höherer Linearität der Kraft pro Takt.

Für einen Regelkreisbetrieb kann in einigen Motoren ein Positionssensor eingebaut werden.



## ••• VMR – Rotatorische Voice Coil Motoren

Tauchspulenmotoren können eine flache Spulenkonstruktion bekommen, bei der die beiden Seiten in unterschiedlich gepolten Feldern liegen. Da der Strom auf den beiden Seiten in entgegengesetzte Richtungen fließt, entwickeln beide Seiten ein Drehmoment um die Achse der Spule. Rotatorische Voice Coil Motoren bieten gute Steuermöglichkeiten für kleine Winkel von bis zu 70-80°.



## ••• VMB – Balkenmotoren

Der Anforderung an langen Hub wird am besten mit einem „Balkenmotor“ Genüge getan. Solche Motoren entwickeln über große Distanzen ein einheitlicheres Feld als „Topfmotoren“ und eignen sich gut für Geräte mit einem Vorschub von 100 mm oder mehr.



## ••• VMF – Flachspulenmotoren

Für den Einbau in Anwendungen, in denen viele Stellantriebe nah beieinander verbaut werden müssen, kann die Tauchspule in Flachbauweise angeboten werden. Werden nur wenige Geräte benötigt, so können mehrere Spulen in einem einzigen Feld betrieben werden, um die Geräte in einem Abstand von nur 1-2 mm zu verbauen. Bei großen Anordnungen werden Feldzwischenplatten benötigt; bei Einbau alle 5-15 mm sind Anordnungen von fast beliebiger Größe möglich.

