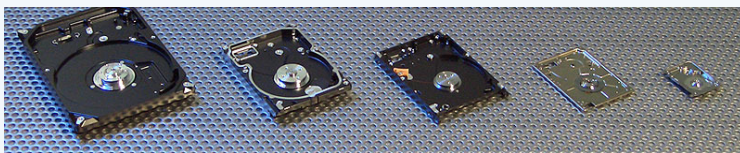




Piezelektrischer dynamischer Bi-Moden Aktor für feinwerktechnische Anwendungen



- Piezoeffekt und Materialien
- Unterteilung von Piezomotoren
- Charakteristiken des Bi-Moden-Aktors(PiezoWave™)
- Funktionsprinzip des Bi-Moden-Aktors
- Design & Simulation
- Messtechnik
- Performance-Daten
- Elektronische Ansteuerungen
- Applikationen



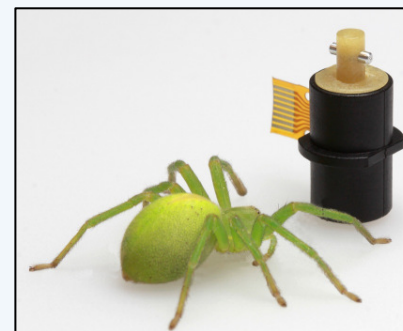
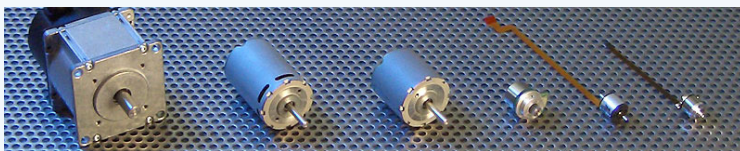
Gegründet am 1. Februar 1991 wurde PMDM als Joint Venture zwischen den Firmen Minebea Co. Ltd. in Japan (führender Hersteller von Miniaturkugellagern) und der Papst KG in Deutschland (damals führender Hersteller für Spindelmotorentechnologie)

Der Firmensitz in Villingen-Schwenningen ist das größte Motoren-Entwicklungszentrum im internationalen Verbund der japanischen Minebea Co. Ltd., Tokio.

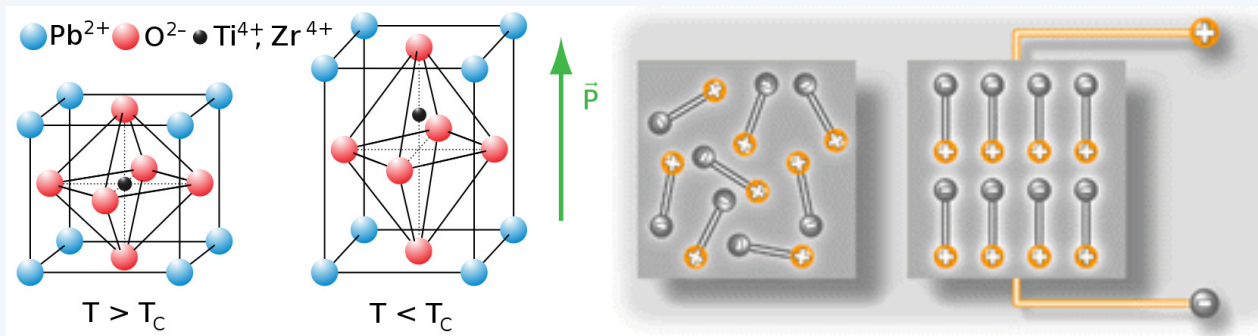
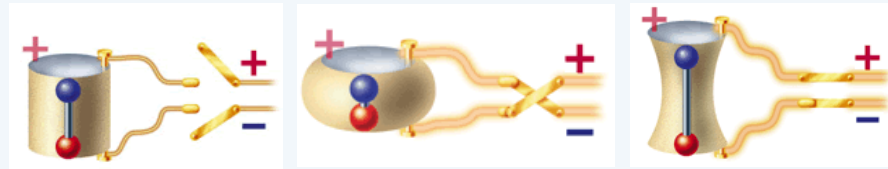


260 Mitarbeiter am Standort PMDM; 53.000 weltweit

Spezialisiert auf die Entwicklung von elektrischen Antrieben für verschiedene Produktfelder

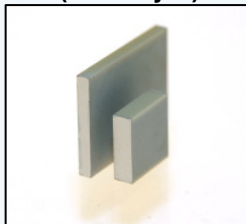


Inverser Piezoeffekt

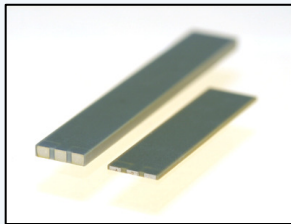


- Blei-Zirkonat-Titanate (PZT) und
- Blei-Magnesium-Niobate (PMN) Niedervoltaktoren.

**Blockaktor
(Multilayer)**



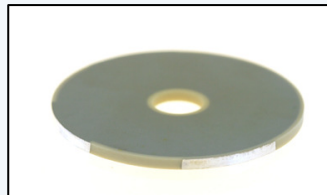
**Biegeaktor
(Bimorph o. Multilayer)**



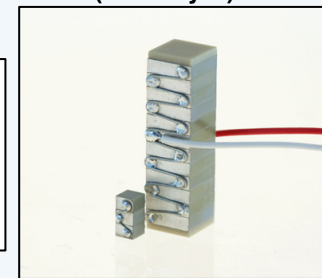
Ringaktoren



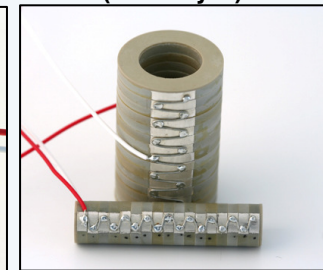
Bieginge



**Plattenstapel
(Multilayer)**



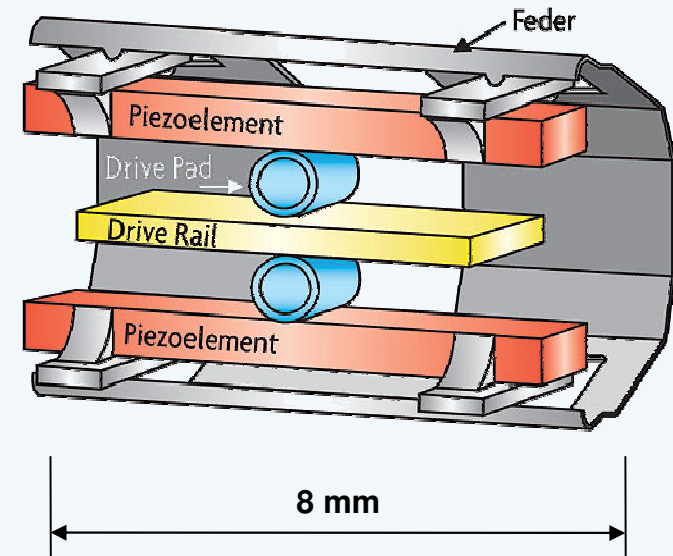
**Ringstapel
(Multilayer)**



Charakteristiken des PiezoWave™-Aktors

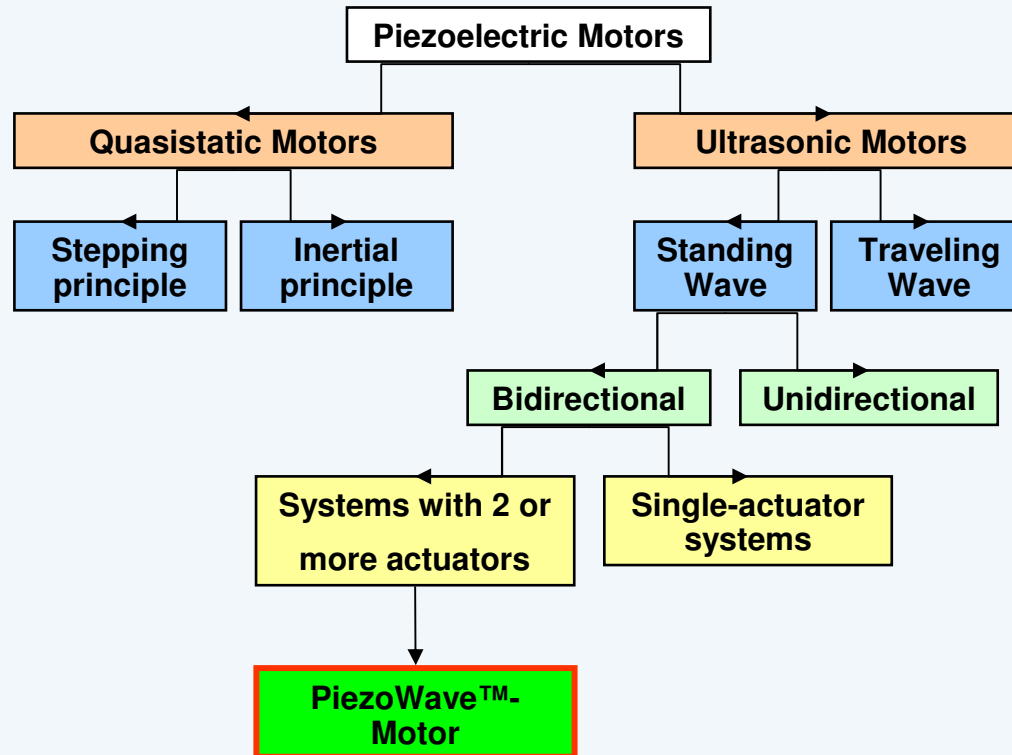
Eigenschaften eines Piezo-Ultraschallmotors:

- Elektrische Anregung des Aktors im Nahresonanzbereich mit einer bestimmten Frequenz (70 - 100 kHz „Ultraschall“)
- Kraftübertragung zwischen antreibendem und angetriebenem Teil durch Reibkontakt.
- Kleine Bewegungen am Aktor selbst werden in große Bewegungen der Antriebsstange gewandelt.
- Geschwindigkeiten bis 300 mm/s möglich
- Selbsthaltung durch Haftreibung im stromlosen Zustand





Unterteilung von Piezomotoren



Quasistatic Motors:

Stepping principle: Inchworm principle, Piezo Walk Drive

Inertial principle: Konica Minolta

Ultrasonic Motors:

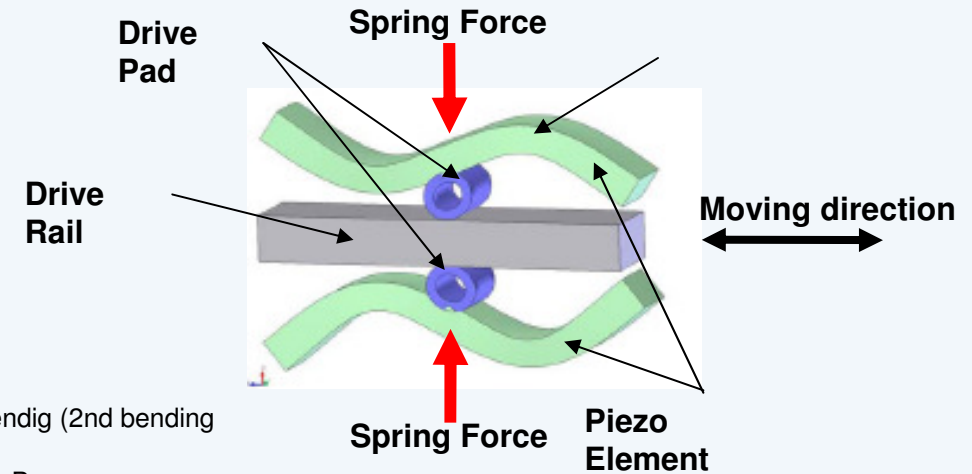
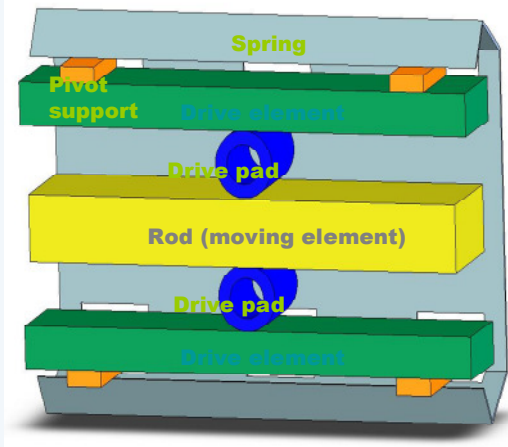
Traveling Wave: Shinsei Motor; Physik Instrumente

Standing Wave:

Unidirectional: Cylindrical stator

Bidirectional: SQUIGGLE, Physik Instrumente
PiezoWave

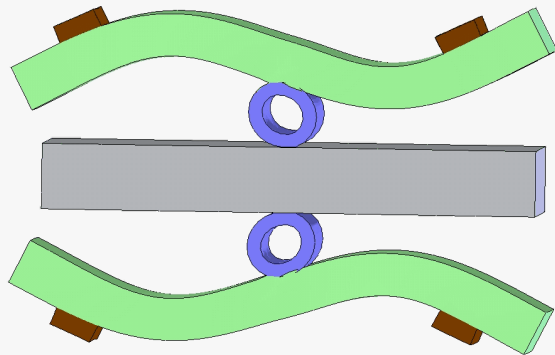
Funktionsprinzip



Zwei verschiedene Schwingungsmoden sind für das Funktionsprinzip notwendig (2nd bending mode & lift-up mode).
Eine Überlagerung beider Schwingungsformen resultiert in einer elliptischen Bewegung am Drive-Pad und durch die Reibungskopplung in einer Linearbewegung des Drive-Rails.

Model name: Element 730 (simplified)
Study name: 11
Plot type: Frequency Deformation
Mode shape: 22 Value = 078
Deformation Scale 1: 3e-005

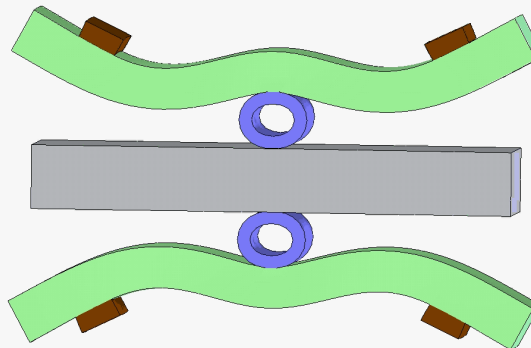
2nd bending mode



Educational Version, For Instructional Use Only

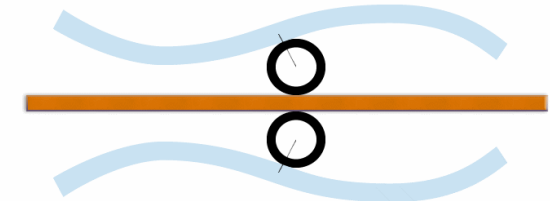
Model name: Element 730 (simplified) mit allen
Study name: 11
Plot type: Frequency Deformation - Plot 12 E-m
Mode shape: 23 Value = 00001 Hz
Deformation Scale 1: 3e-005

Lift-up mode

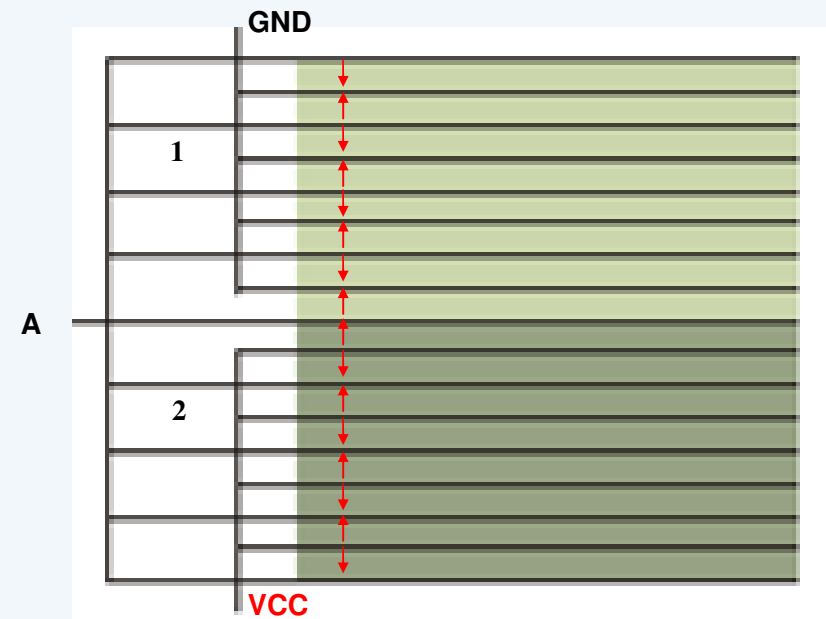
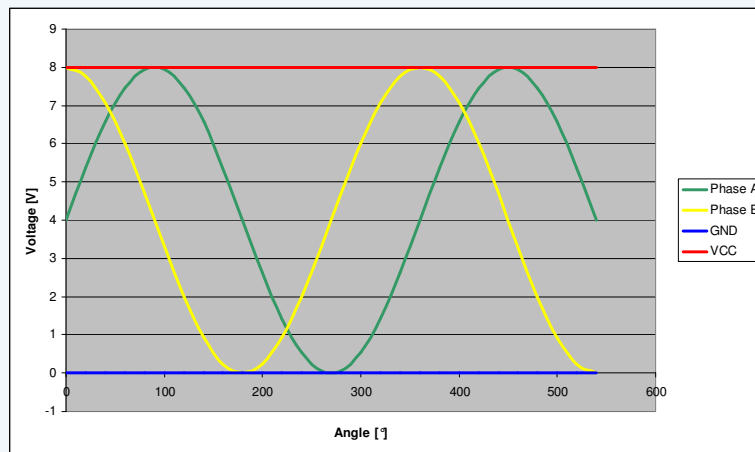
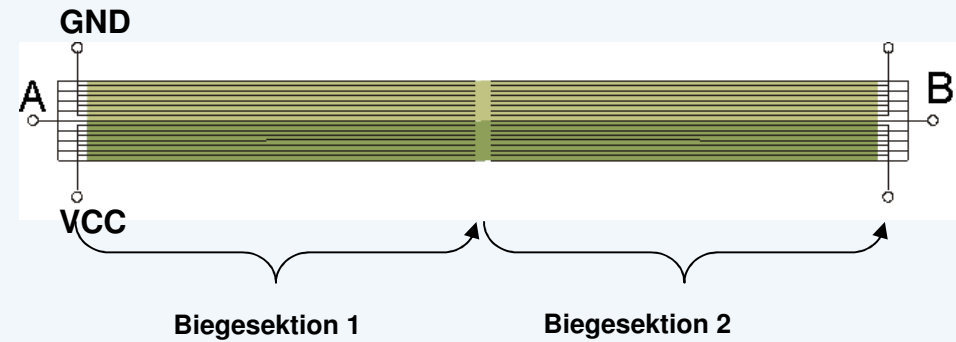
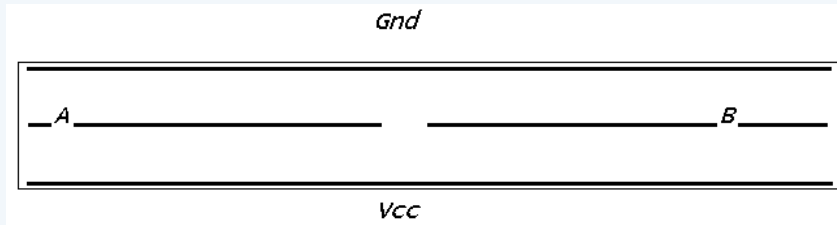


Educational Version, For Instructional Use Only

Funktionsprinzip



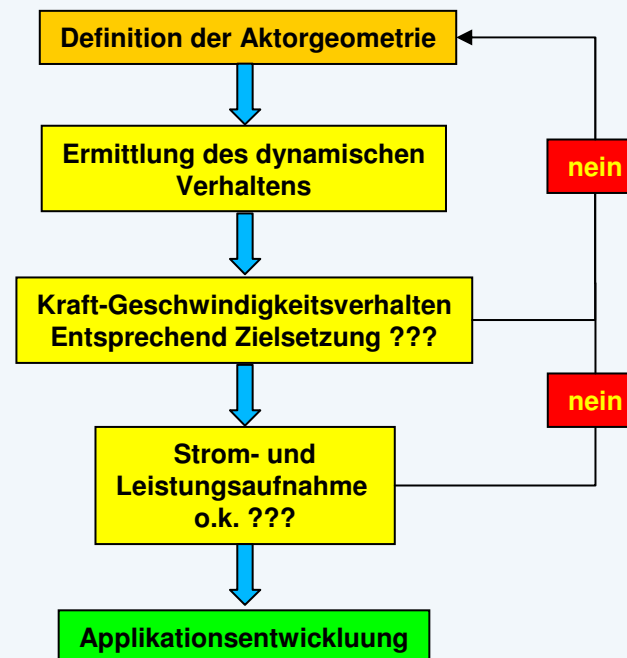
Funktionsprinzip - Piezoelement





Simulationen im Designprozess

1. Ermittlung der Eigenmoden des Aktors.
 - a) Analytische Berechnung
 - b) FEM-Simulation
2. Ermittlung der Impedanz bzw. Admittanz und Ableitung von Güte und elektrischen Ersatzparametern.
3. Frequenzabhängige Analyse zur Ermittlung der Aktorauslenkung und resultierenden Motorgeschwindigkeit.
4. Simulationen zur Ermittlung der Stromaufnahme im Frequenz- und Zeitbereich.
5. Auslegung des Federdesigns und resultierender Federkraft für die optimale Vorspannung des Aktors.



Piezoelektrische Simulationen in ANSYS werden entsprechend folgenden Zustandsgleichungen durchgeführt:

$$\{T\} = [c^E] \{S\} - [e] \{E\}$$

$$\{D\} = [e]^T \{S\} + [\epsilon^S] \{E\}$$

Für eine Finite Elemente Analyse in ANSYS ist es notwendig die Materialdaten in tensorieller Form einzugeben. Folgende Materialdaten sind dabei erforderlich:

Elastizitäts- bzw. Nachgiebigkeits-Koeffizienten

$$[s^E] = [c^E]^{-1} = \begin{bmatrix} s_{11}^E & s_{12}^E & s_{13}^E & 0 & 0 & 0 \\ & s_{11}^E & s_{13}^E & 0 & 0 & 0 \\ & & s_{33}^E & 0 & 0 & 0 \\ & & & s_{66}^E & 0 & 0 \\ & & & & s_{44}^E & 0 \\ & & & & & s_{44}^E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E_x & -\nu_{xy}/E_y & -\nu_{xz}/E_z & 0 & 0 & 0 \\ & 1/E_y & -\nu_{yz}/E_z & 0 & 0 & 0 \\ & & 1/E_z & 0 & 0 & 0 \\ & & & 1/G_{xy} & 0 & 0 \\ & & & & 1/G_{yz} & 0 \\ & & & & & 1/G_{xz} \end{bmatrix}$$

Ladungs- bzw. Spannungskonstanten

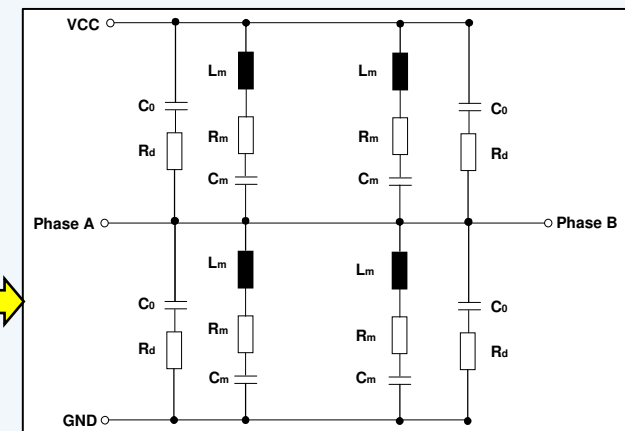
$$[d] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & d_{31} \\ 0 & 0 & d_{31} \\ 0 & 0 & d_{33} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & d_{15} & 0 \\ d_{15} & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad [e] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & e_{31} \\ 0 & 0 & e_{31} \\ 0 & 0 & e_{33} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & e_{15} & 0 \\ e_{15} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Permittivitäten

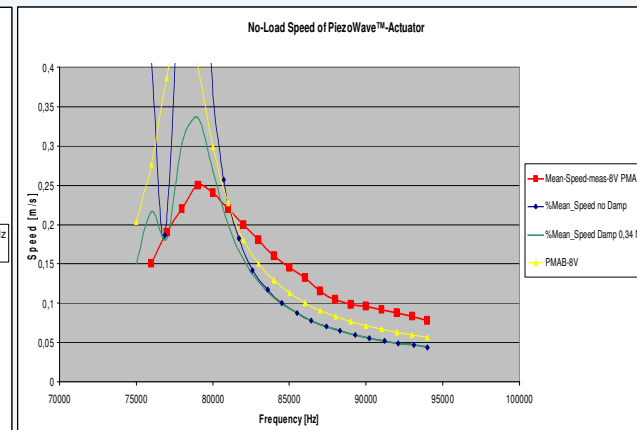
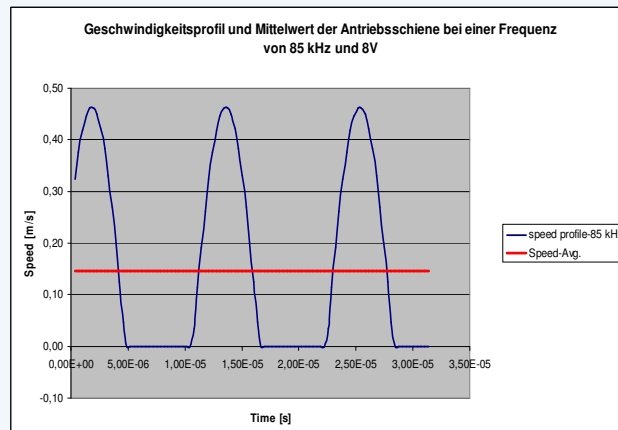
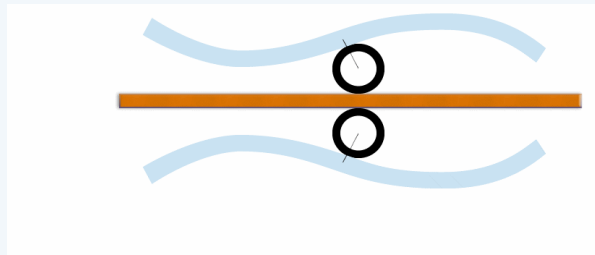
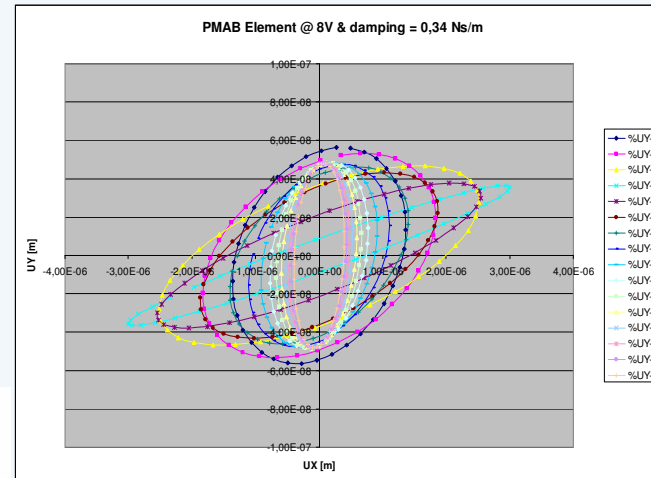
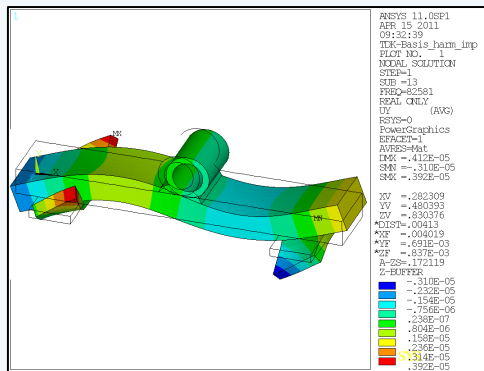
$$[\epsilon^S] = \begin{bmatrix} \epsilon_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{33} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{11} \end{bmatrix}$$

optional: Dielektrischer Verlustwinkel

$$\tan \delta$$



Berechnung der elliptischen Trajektorien und Ableitung der Geschwindigkeit



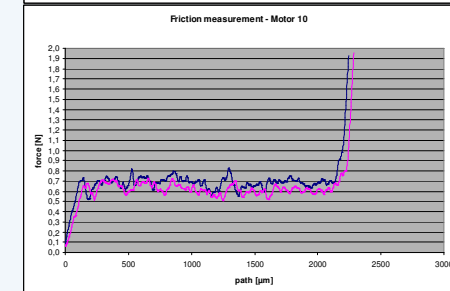
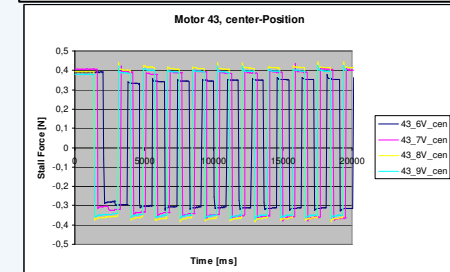
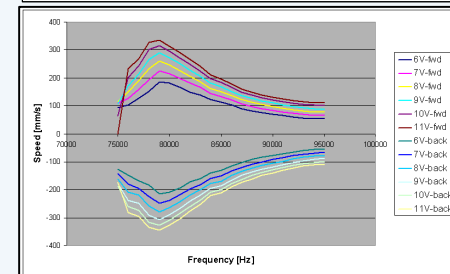
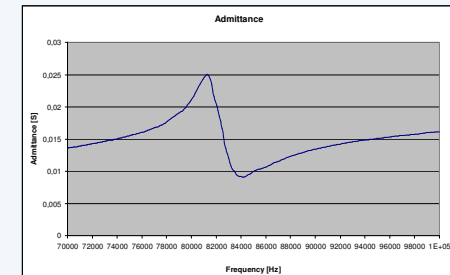
- **Impedanzmessung** → Messung der benötigten Schwingungsmoden

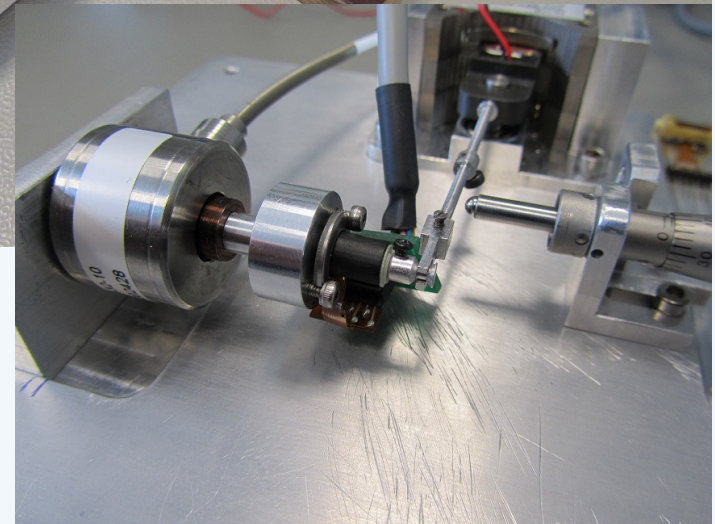
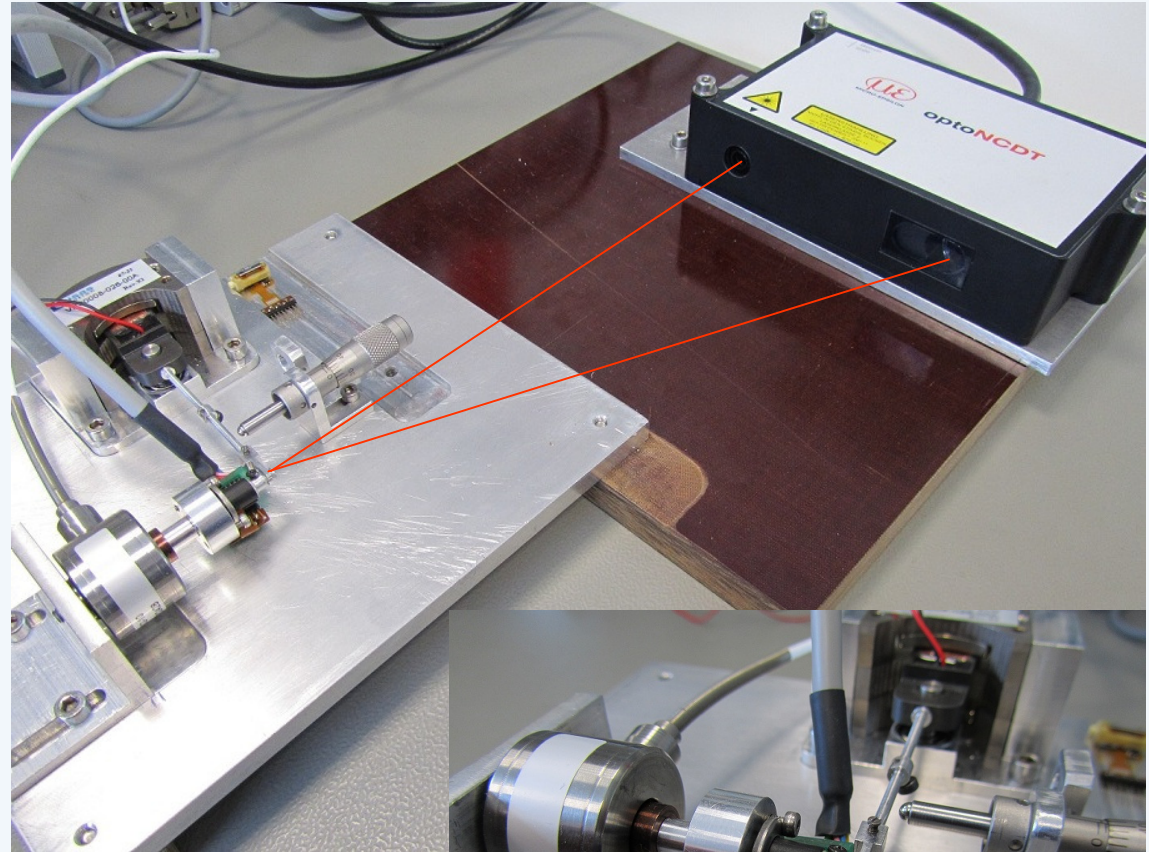
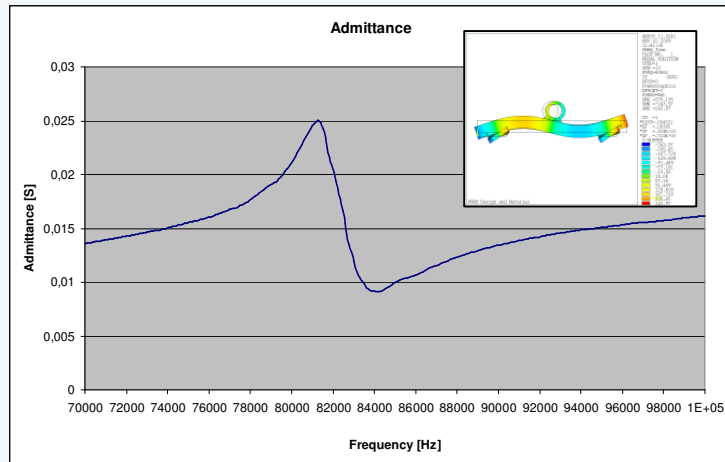
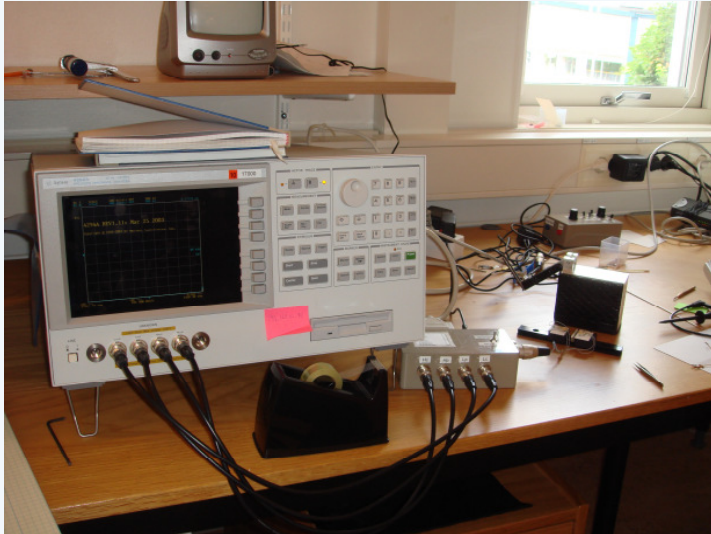
- **Weg & Geschwindigkeit** → Messung von effektiver Motorgeschwindigkeit und Weg in Abhängigkeit der angelegten Spannung, Frequenz, Zyklenzahl und Last.

- **Strom- bzw. Leistungsaufnahme**

- **Stellkraft** → Messung der maximalen Stellkraft bei mechanischem Kurzschluss

- **Haltekraft** → Messung der Haltekraft (Reibungskraft) im stromlosen Zustand.





Piezomotor – Performance

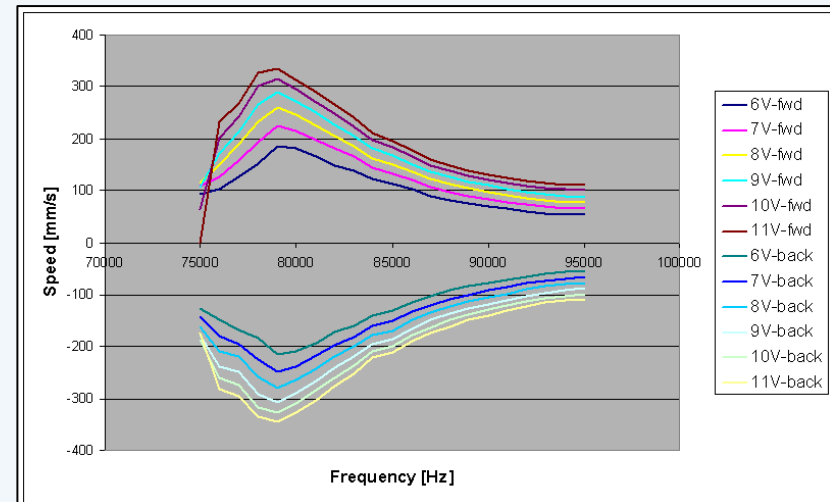
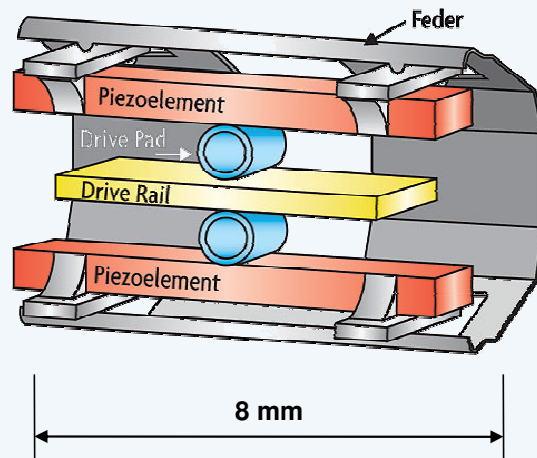


Features

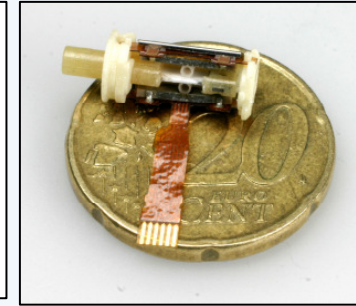
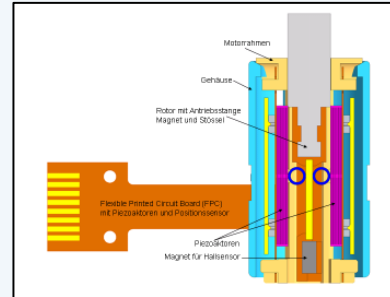
- Battery operation possible
- Very low power consumption
- No iron - no magnet - no brushes
- No EMI - noise
- High reliability
- Long lifetime
- Position sensor integrated
- Analog output signal +/- 80 mV

Product code 120988800055

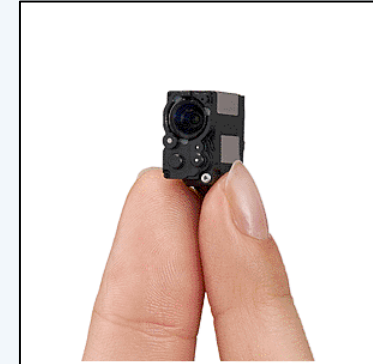
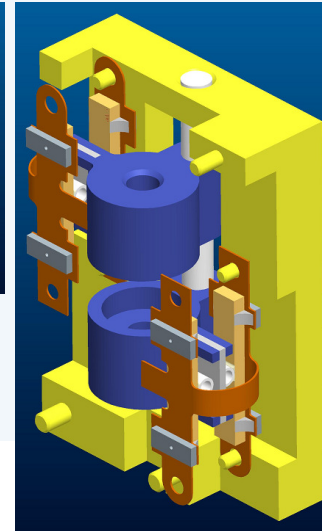
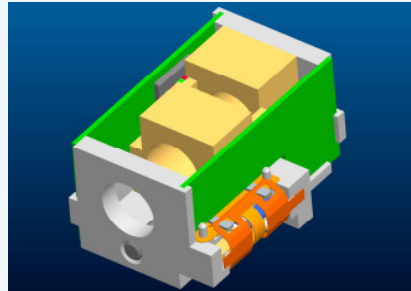
typ. Spannung	6	10	V
Geschwindigkeit (ohne Last)	>100	>150	mm/s
Strom	80	150	mA
Geschwindigkeit (5g Last)	>75	>125	mm/s
Stellkraft	0,25		N
Haltekraft (unbestromt)	0,35		N
Weg	2,3		mm
Masse	0,7		g
Temperaturbereich (indoor)	0°C - 45°C		
Ausgangssignal Positionssensor	+/- 80		mV



Linearaktoren für Schließsysteme



Linienverstellungen für Mobiltelefone, DSC-Cameras, Scannersysteme...

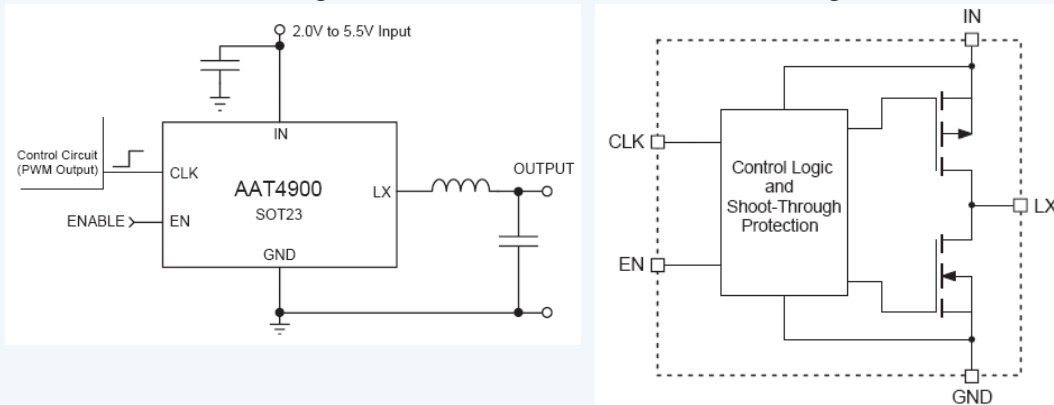


Antriebe für Mikropumpen



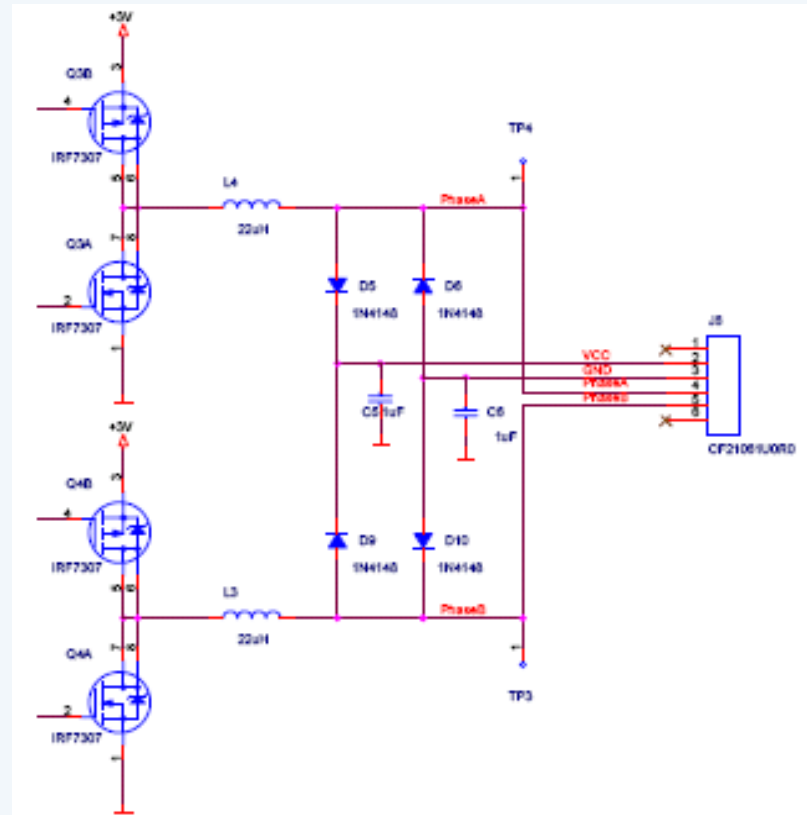
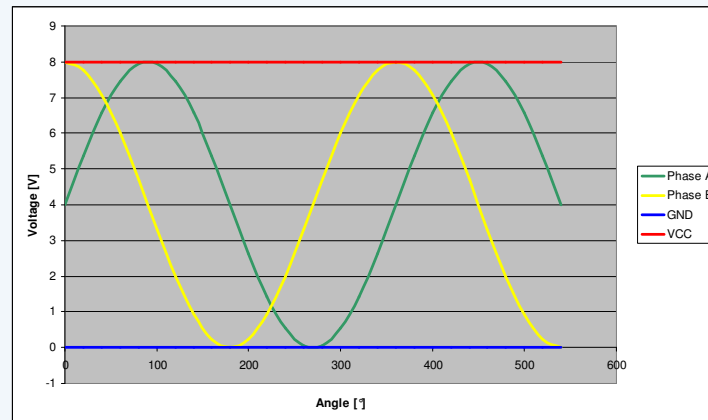
Blenden- bzw. Shutter für optische Systeme

Block Diagramm des AAT 4900 "Buffered half bridge"

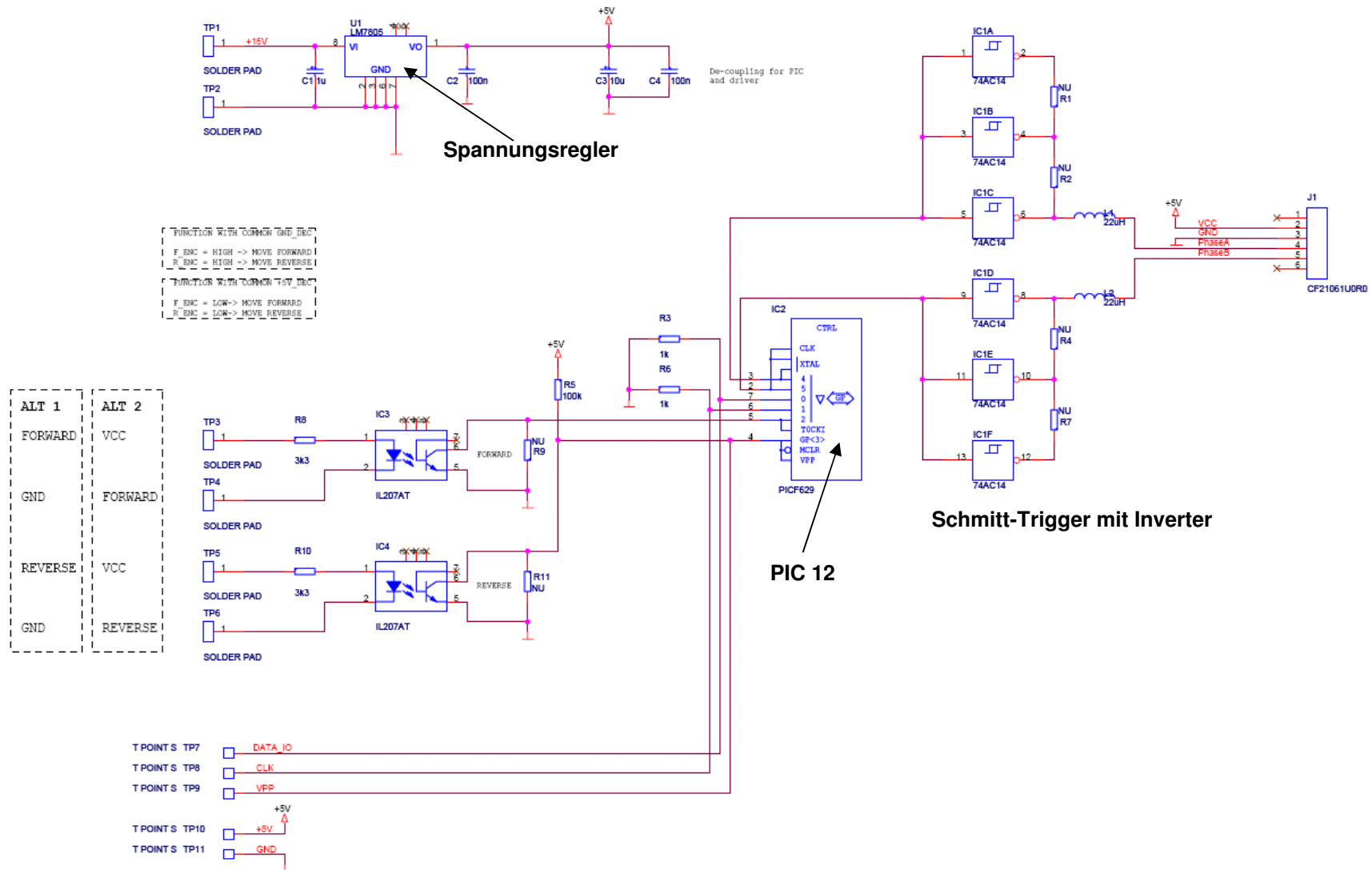


Für eine Motorschaltung werden folgende Bauteile benötigt:

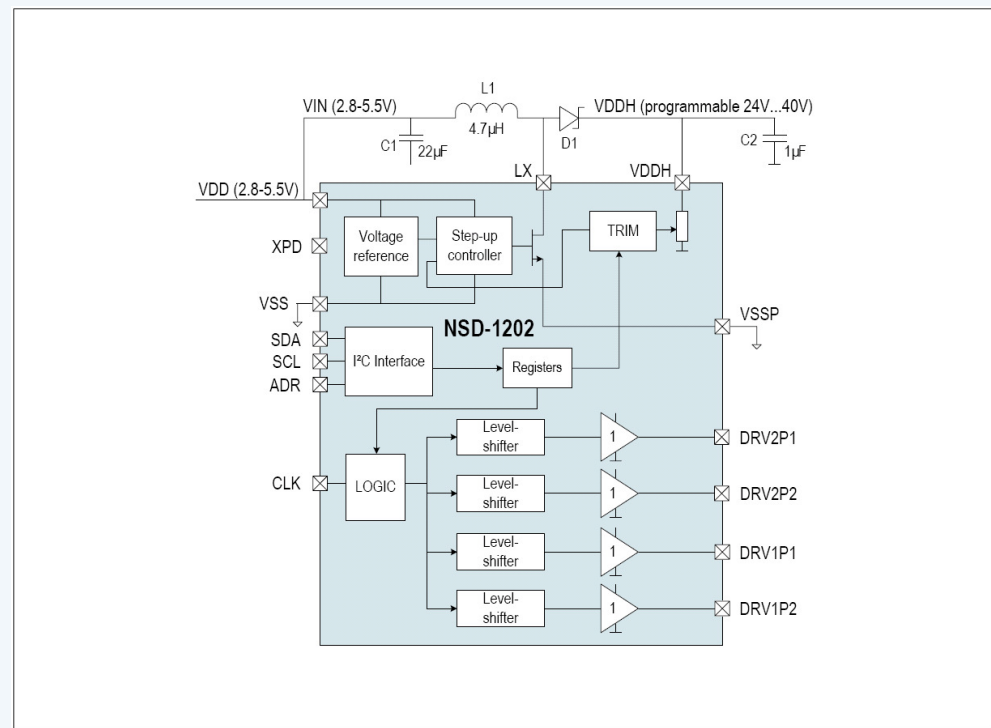
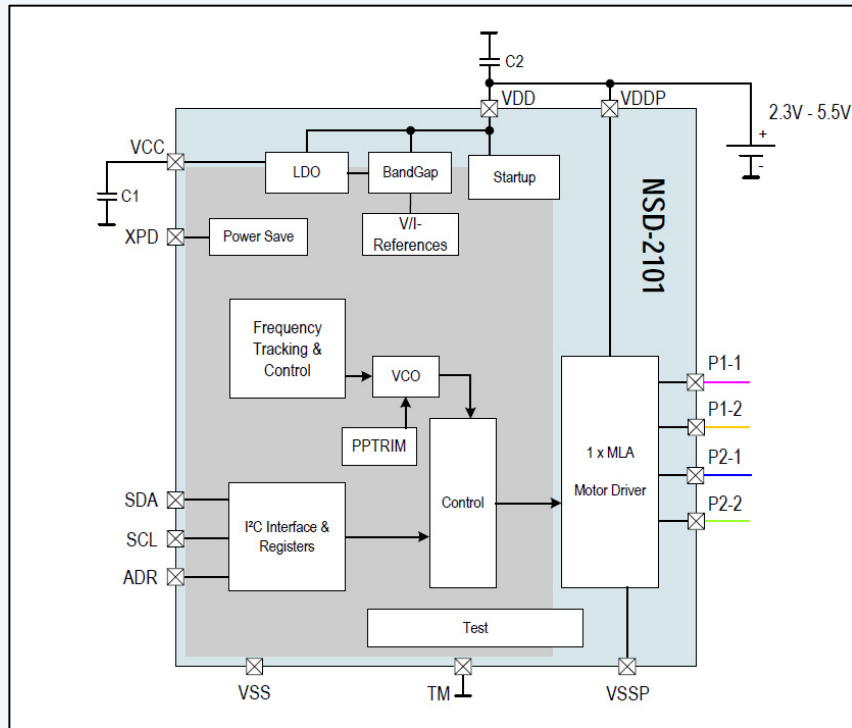
- 2 x AAT 4900 (SOT23- or IJS-package)
2 x Induktivität = 22 – 33μH
4 x Diode 1N4148
2 x Kondensator = 1μF



Elektron. Ansteuerung (Schaltung mit PIC12 µC)



Elektron. Ansteuerung (single driver NSD-2101 and dual driver NSD-1202)





Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

