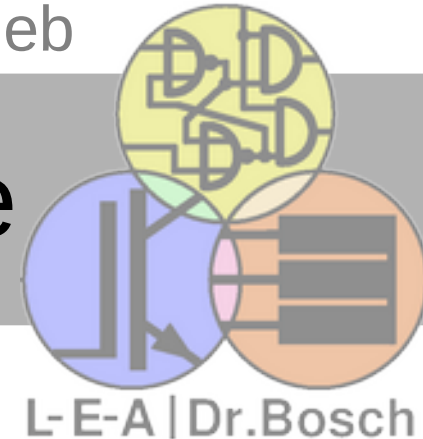


Dienstleistungen rund um den elektrischen Antrieb

Leistungs-Elektronik & Antriebe

Entwicklung – Schulung – Beratung



Ein kostenoptimierter Rotor für eine EC- bzw. BLDC-Maschine



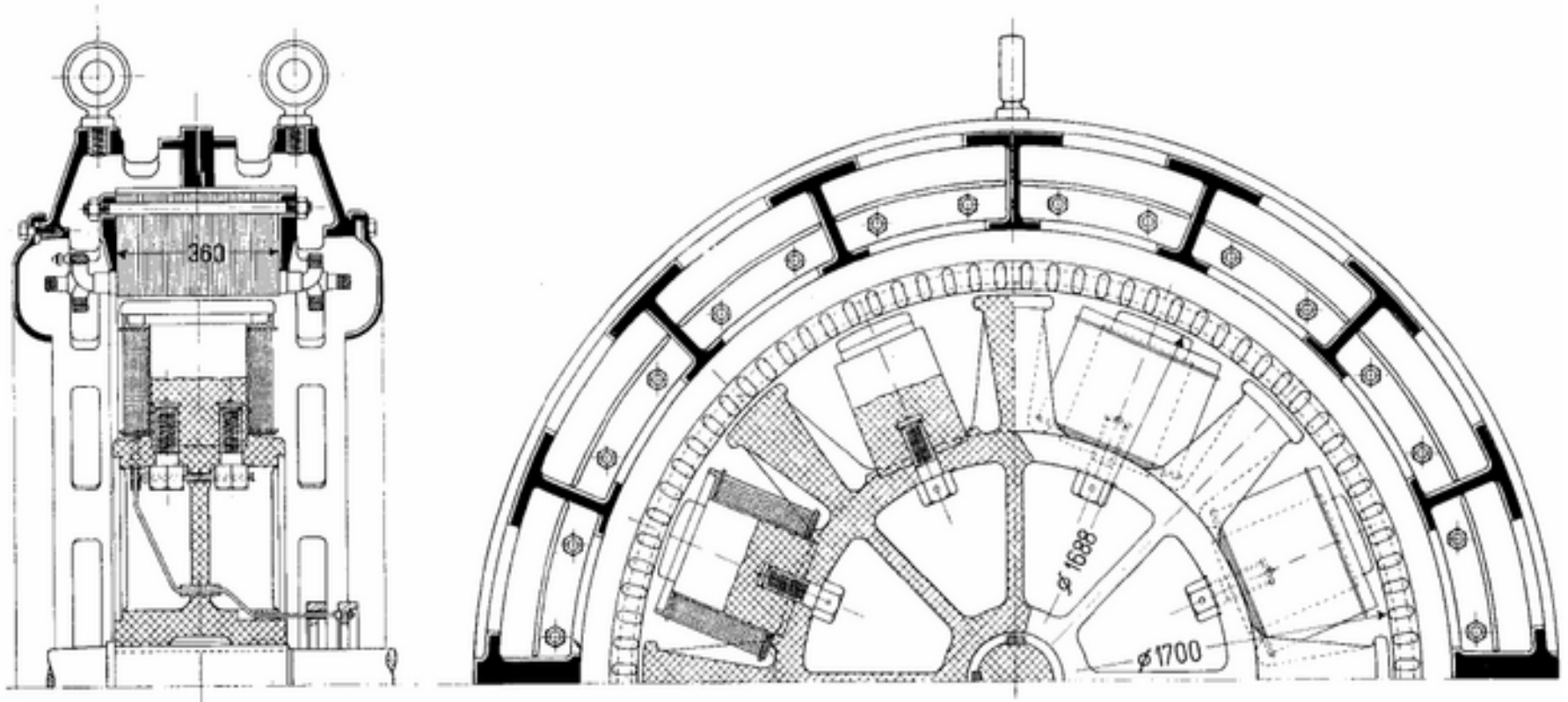
Kostenoptimierter Rotor für EC- bzw. BLDC-Maschine

Inhalt

- Einleitung und historischer Rückblick
- Mechanischer Aufbau eines vierpoligen Rotors
- Kombinierbarkeit mit Ständerwicklungen
- Luftspaltinduktion
- Vergleich mit einem symmetrischen vierpoligen Rotor
- Beispiele für ausgeführte Rotoren
- Zusammenfassung

Aufbau und historischer Rückblick

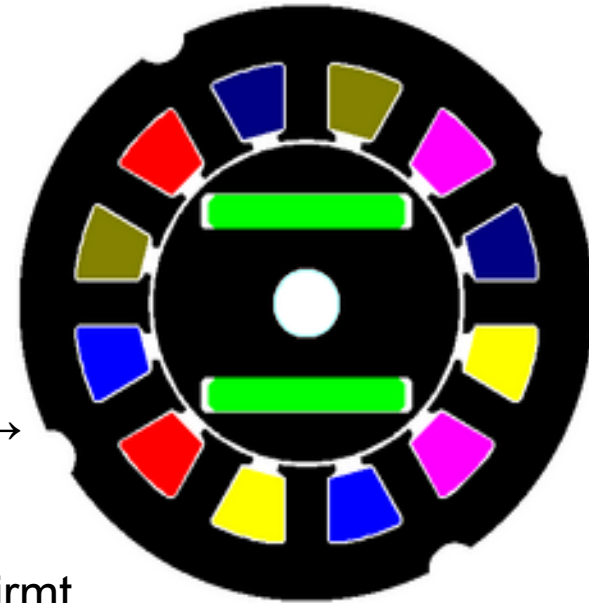
- Nur jeder zweite Pol wird direkt durch einen Magnet gebildet.
- Die restlichen Pole (Folgepole) bilden sich über den zugeh. Rückschluss.



Hier eine entsprechend erregte Synchronmaschine (E. Arnold: *Wechselstromtechnik*, Band IV: *Die synchronen Wechselstrommaschinen*. Verlag Julius Springer, Berlin, 1904).

Aufbau und historischer Rückblick

Mechanischer Aufbau eines vierpoligen, permanentmagnet-erregten Rotors für einen EC-Antrieb:



- Breitere Magnete als bei symmetrischer Anordnung → **höhere Grundwellenamplitude von B_δ** .
- Magnete vom entmagnetisierenden Querfeld abgeschirmt → **reduzierte Magnethöhe**.
- $L_d \neq L_q$ → **zusätzliches Reluktanzmoment**.
- Fliehkräfte werden durch das Rotorblech aufgenommen → **hohe Drehzahl**.
- Magnete nicht der Nutpulsation ausgesetzt → **hohe Drehzahl**.
- Einfache Magnetgeometrie.

Kombinierbarkeit mit Ständerwicklungen

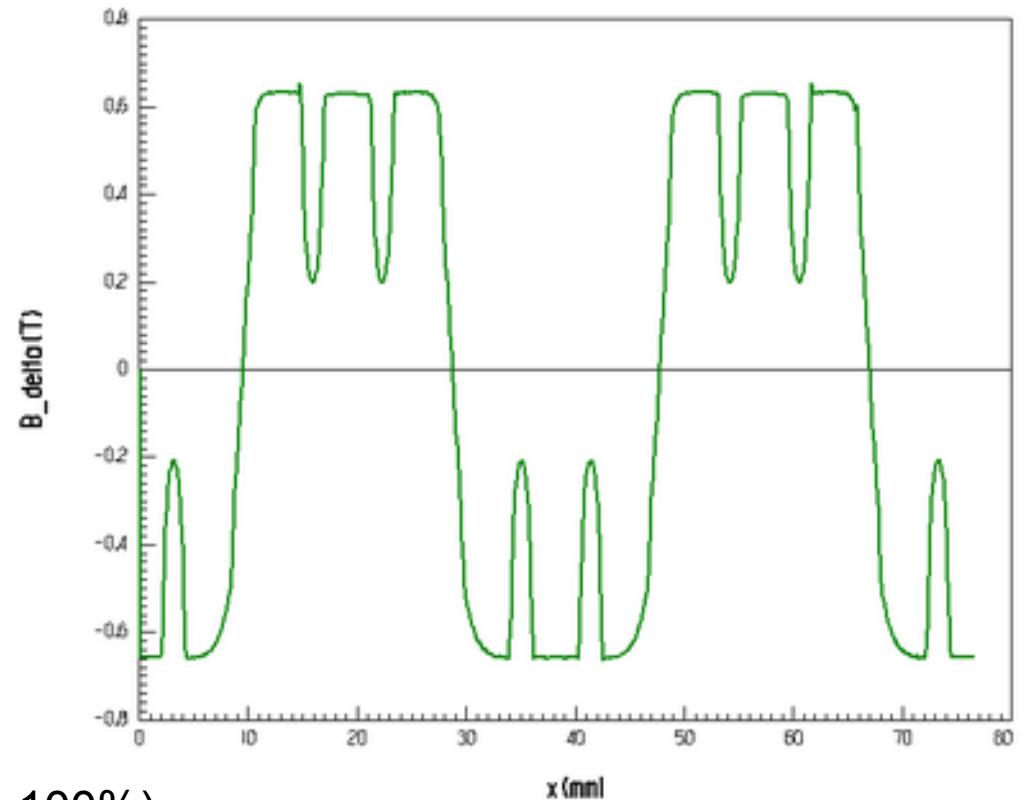
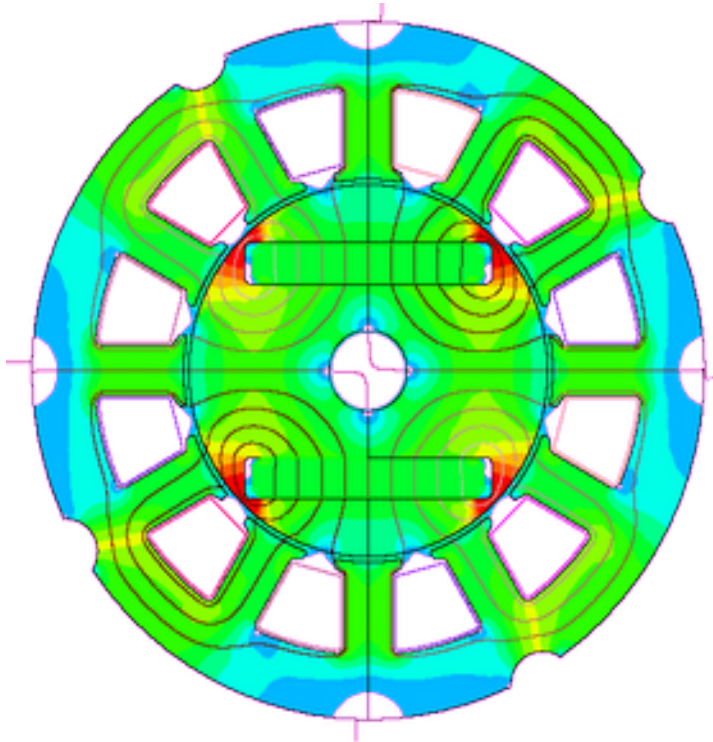
Geeignet sind sämtliche Wicklungen, die keine Subharmonischen der Ordnung $1/2$ aufweisen, d.h. der entsprechende Wicklungsfaktor muss Null sein.

Begründung: Eine Druchflutungswelle der Ordnung $1/2$ erzeugt aufgrund des hohen magnetischen Leitwerts zwischen den beiden Folgepolen ein Reluktanzmoment, das mit der halben Umlaufgeschwindigkeit der Grundwelle umläuft.

Geeignete Wicklungsausführungen:

- ✓ Durchmesserspulen.
- ✓ $2/3$ -Wicklungen (klassische Einzelzahnwicklung).

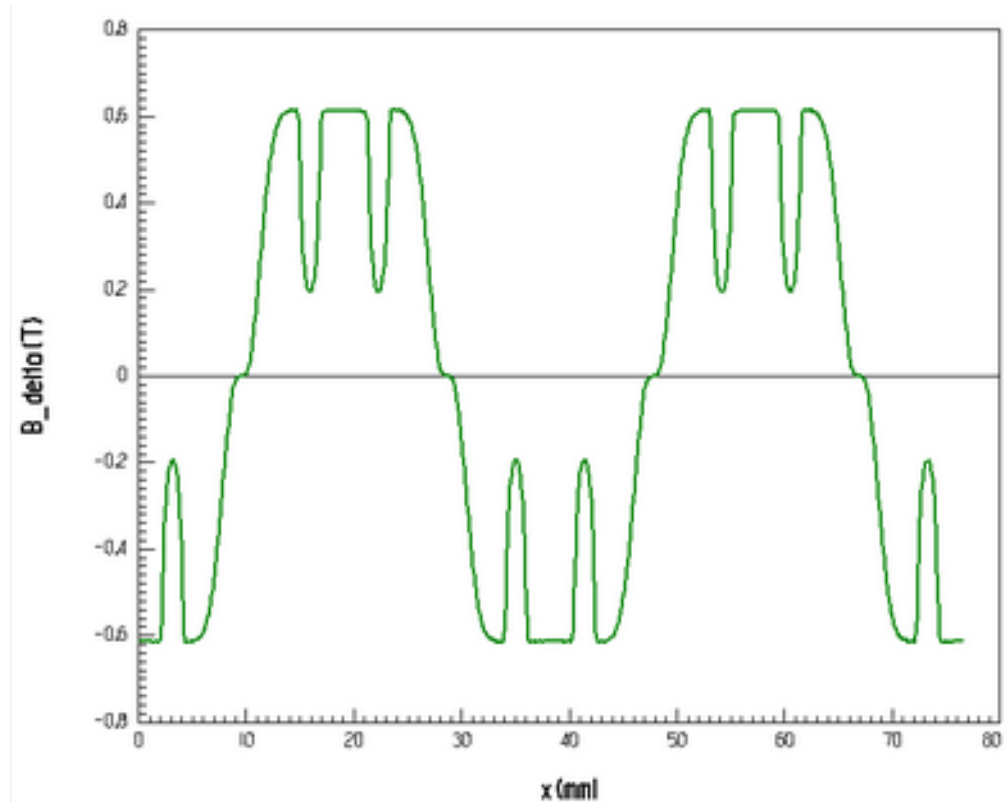
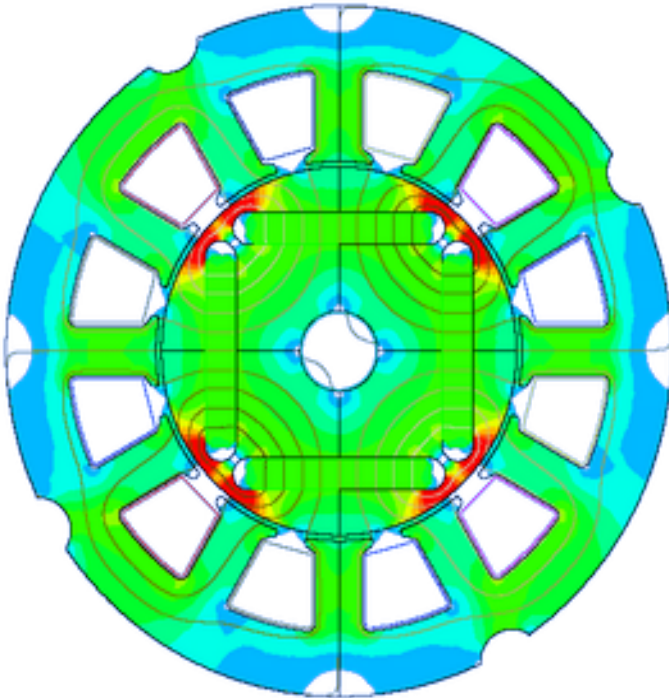
Luftspaltinduktion (bei unbestromtem Stator)



Grundwellenamplitude: 0,684T (= 100%)

Harmonische:	3.	5.	7.	9.	11.	13.
bezogen auf Grundw.:	35,4%	34,0%	6,3%	4,7%	14,0%	8,9%

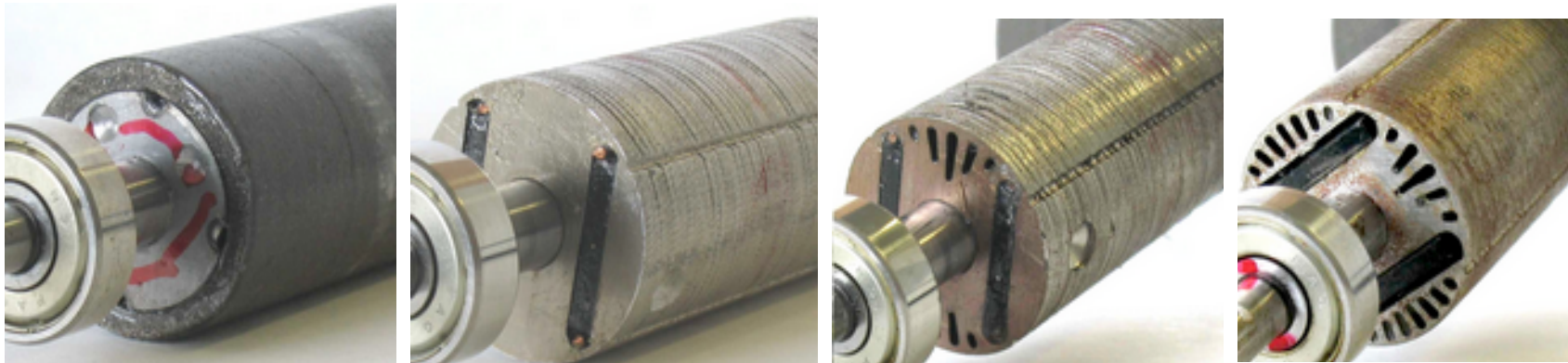
Vergleich mit einem (punkt-)symmetrischen Rotor



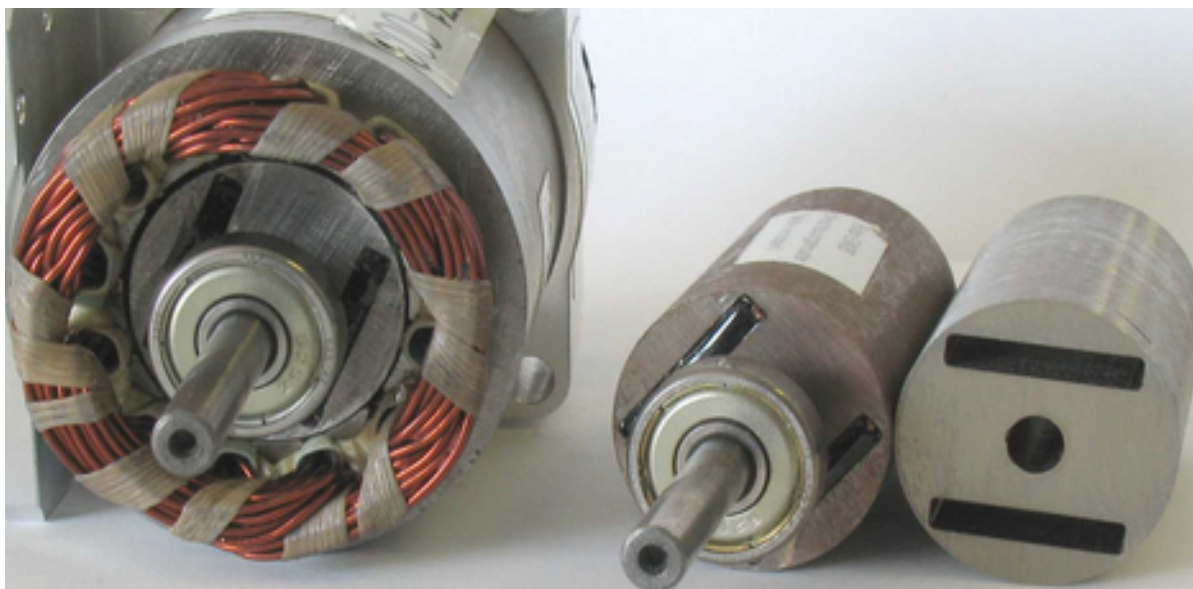
Grundwellenamplitude: 0,616T (=90% des Folgepolrotors)

Harmonische:	3.	5.	7.	9.	11.	13.
bezogen auf Grundw.:	22,4%	17,3%	23,1%	6,5%	8,6%	11,9%

Ausgeführte Rotoren



↑ Ersatz von Oberflächenmagneten durch vergrabene Magnete in Folgepolanordnung.



←
Kompakter EC-
bzw. BLDC-Motor

Kostenoptimierter Rotor für EC-Motor

Vorteile:

- + Stoffkostenoptimiert: Magnet-Materialmenge und -Geometrie.
- + Größere Polbreite → höhere Grundwellenamplitude der Luftspaltinduktion.

Nachteile:

- Magnetische Unsymmetrie.
- Axialer Streufluss → kein magnetisch leitfähiges Lagerschild zulässig.
- Nicht mit jeder Statorwicklung kombinierbar.

Weitere Vorteile für den implementierten BLDC- bzw. EC-Motor:

- Ausgeprägte 3. Harmonische in B_δ (hier für Lageerfassung wichtig).
- Geringe Luftspalthöhe → gute Feldschwächbarkeit.
- $L_d \neq L_q$ → zusätzliches Reluktanzmoment (bei niedrigen Drehzahlen).