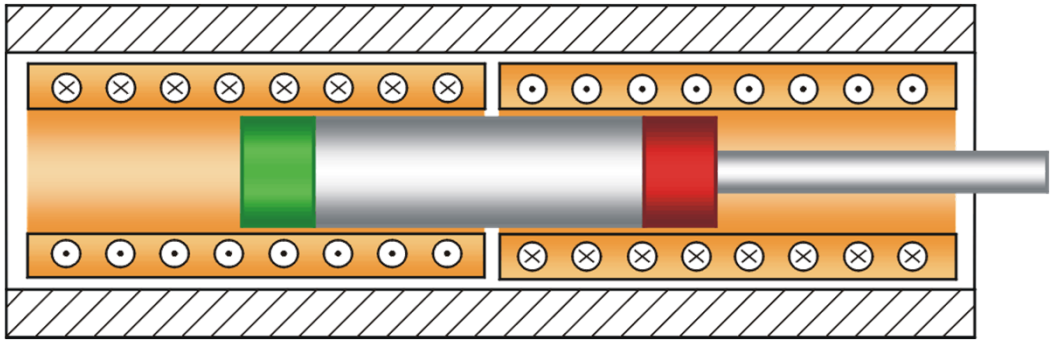
Magnettechnik

Auslegungen

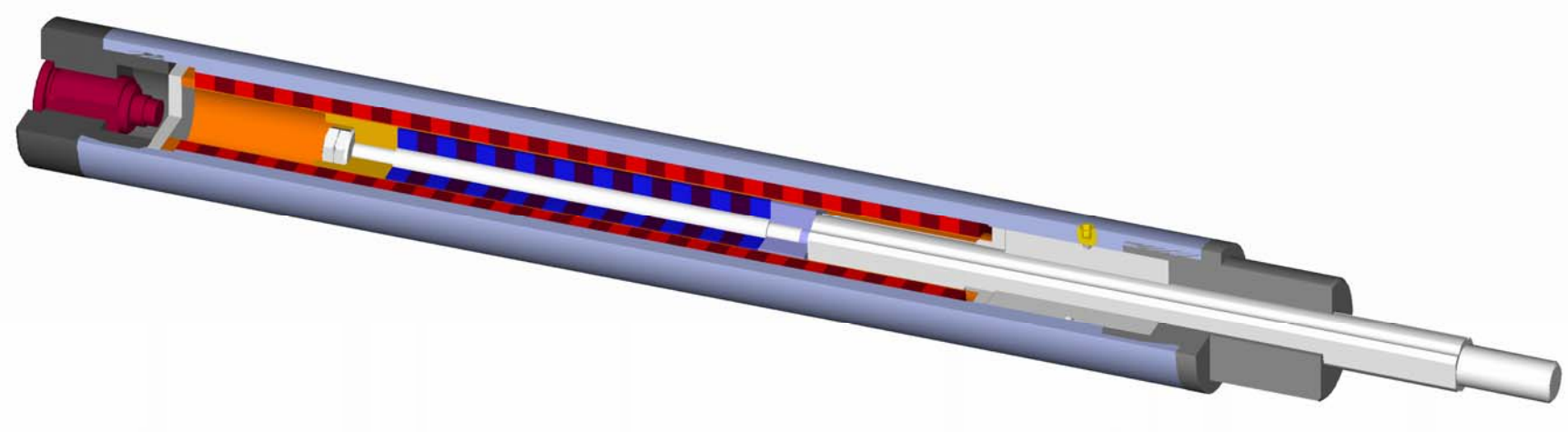


Dimensionierung,
Werkstoffe, Anwendungen

Dr.-Ing. B. Gundelsweiler

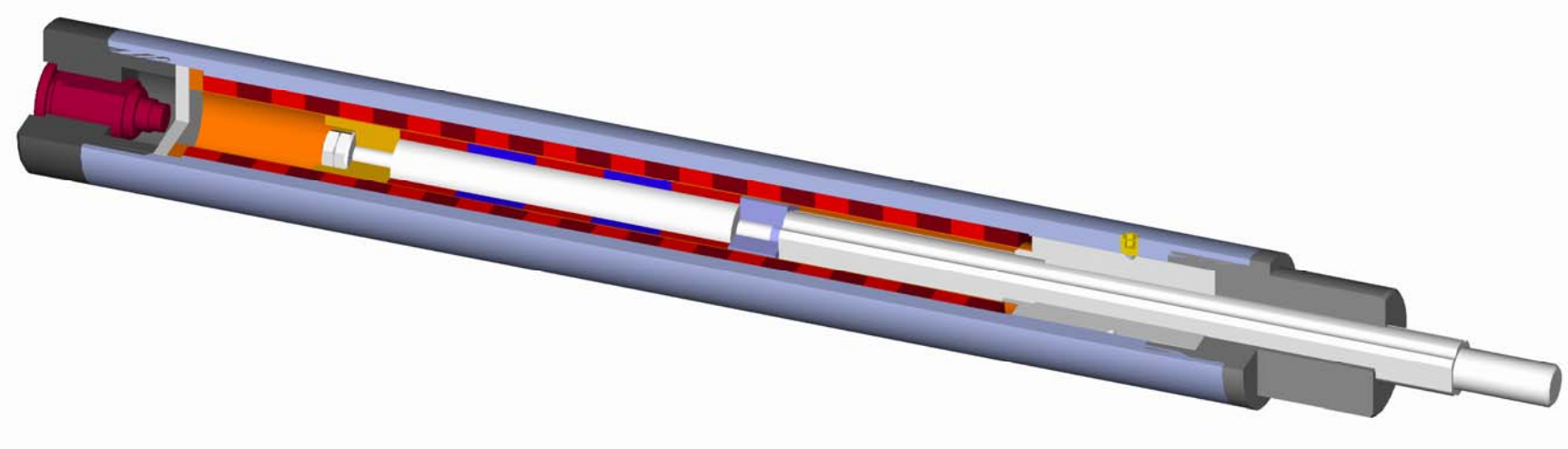
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Zweisträngiger Antrieb mit bewegtem heteropolaren Magnetsystem (Motortyp I, axiale Magnetisierung)



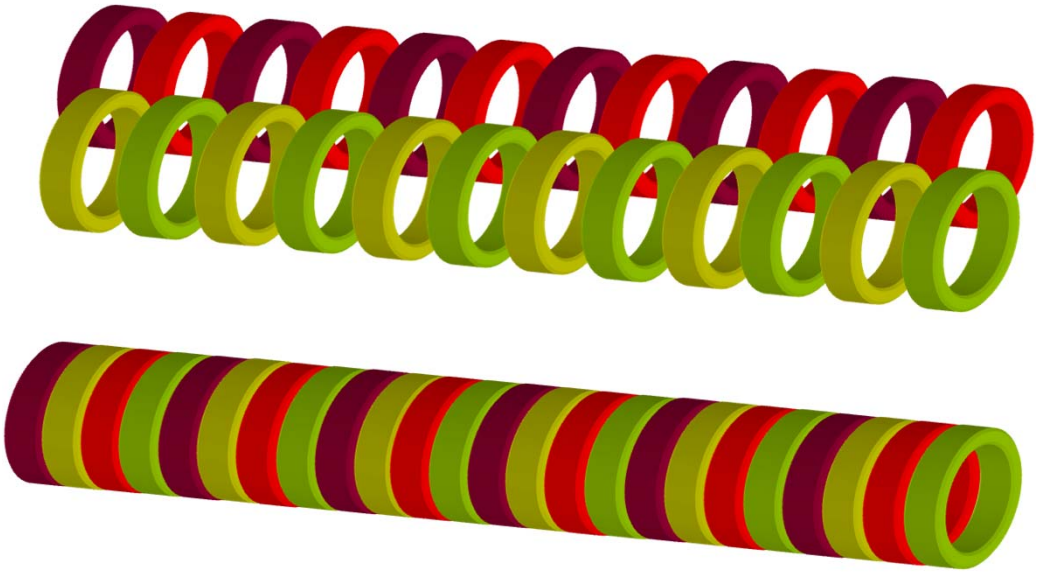
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

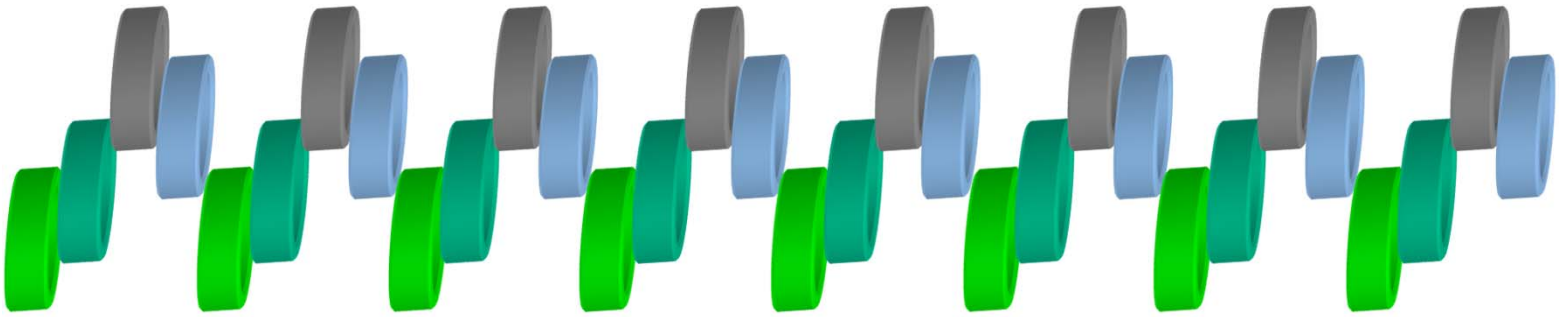
Zweisträngiger Antrieb mit bewegtem heteropolaren Magnetsystem (Motortyp II, diametrale Magnetisierung)



2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

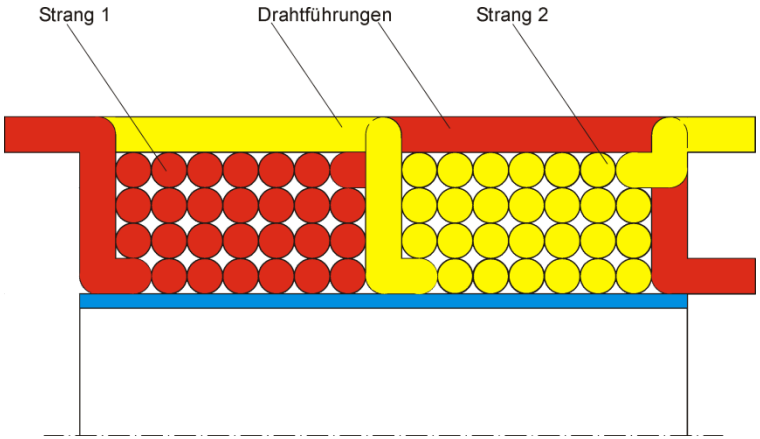
Positionierung der Einzelspulen (aufschieben)



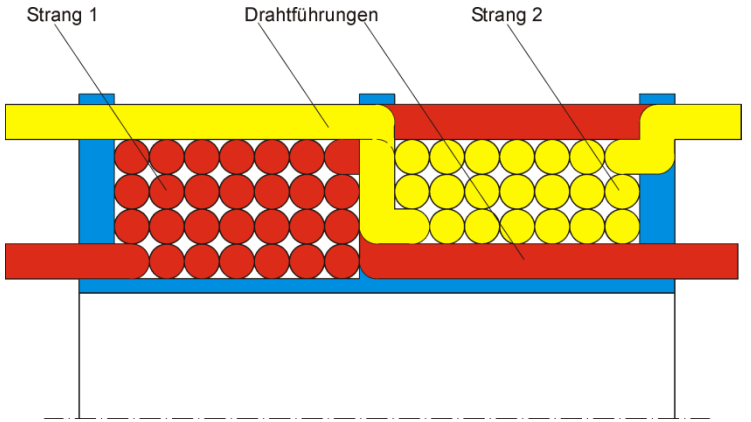


2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Wickeltechnik (Drahtüberleitung)



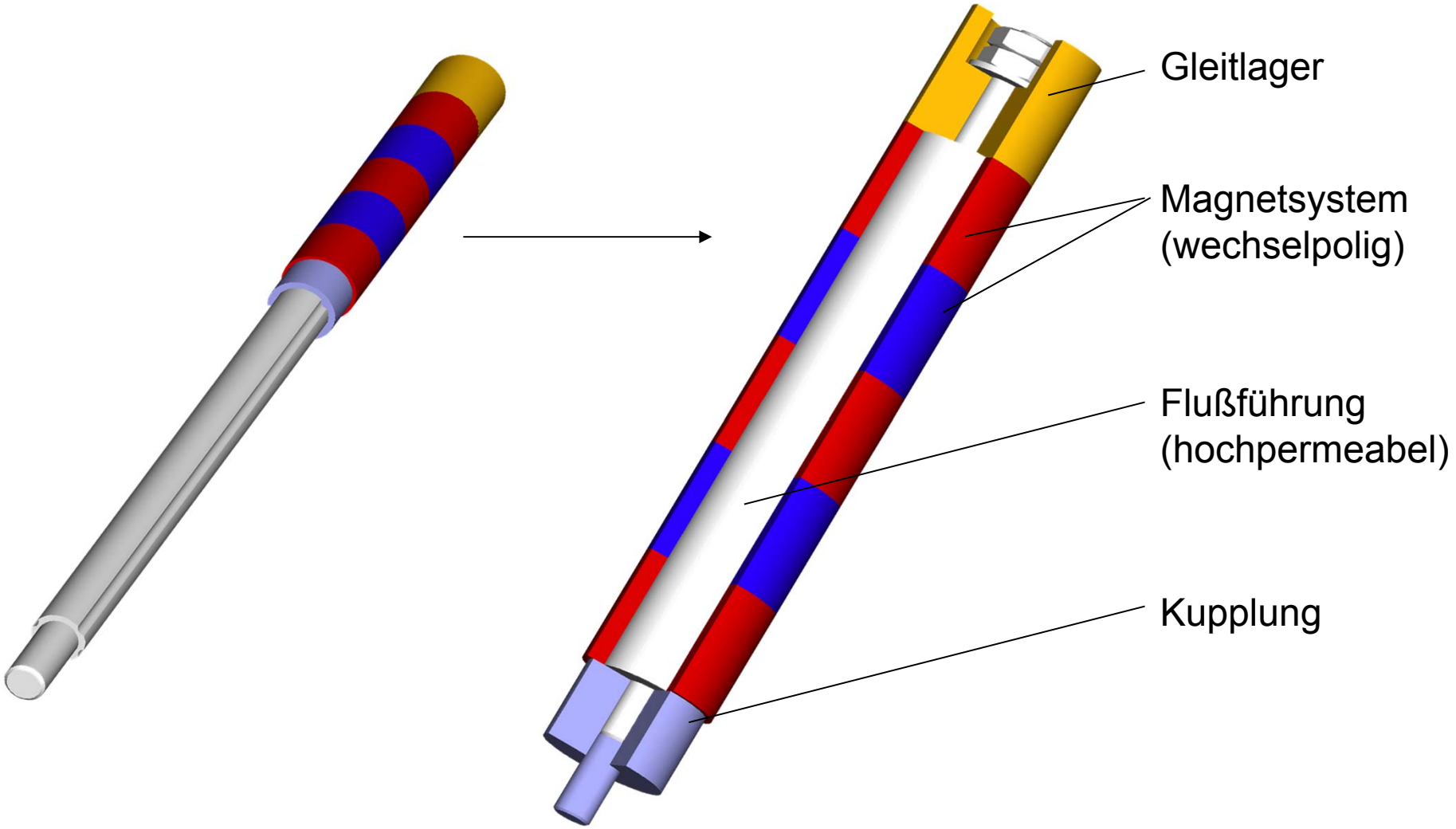
glatte Hülse



Hülse in Kammerbauform

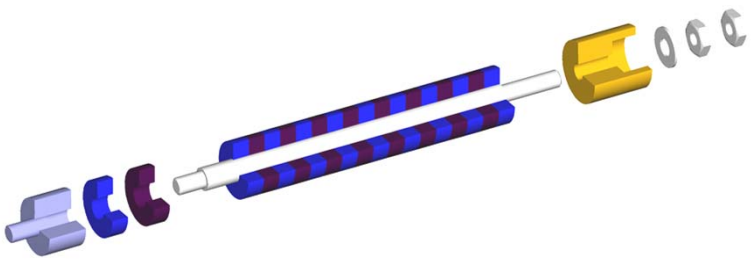
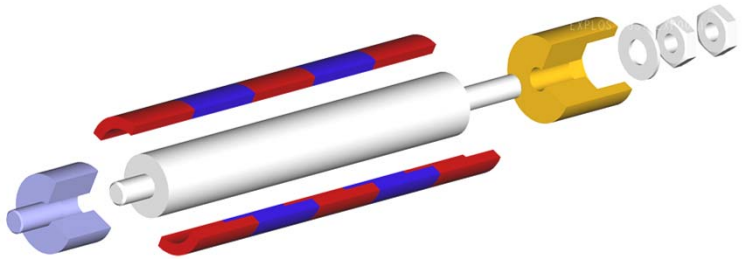
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Läuferaufbau – diametrale Magnetisierung



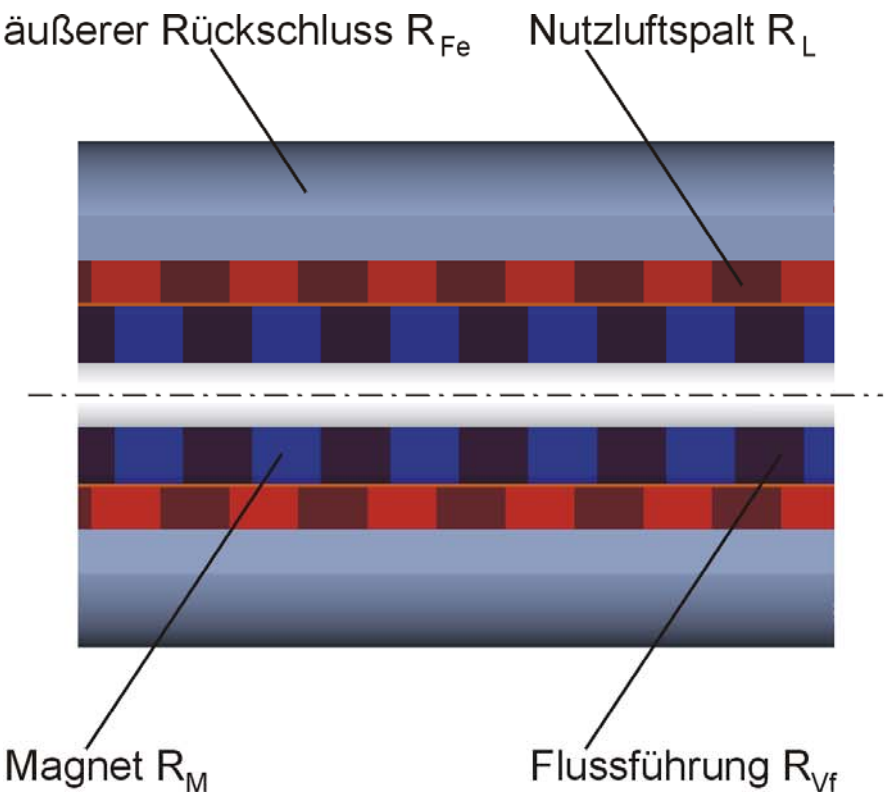
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

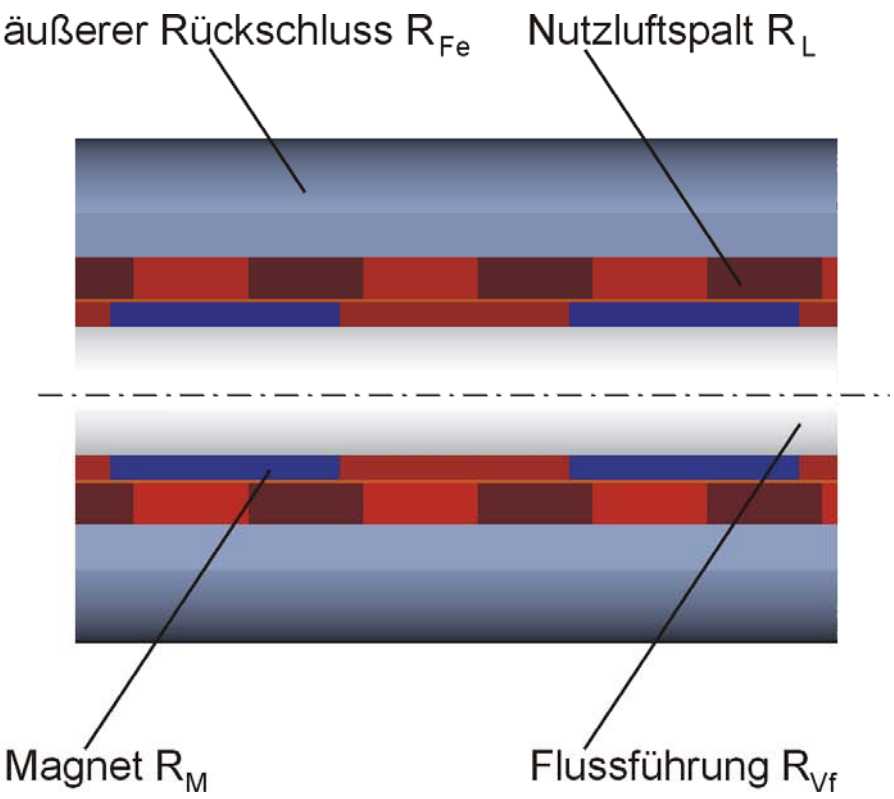
Neues Läuferkonzept

Motortyp I	Motortyp II
	

2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

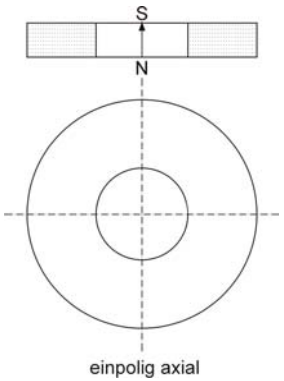
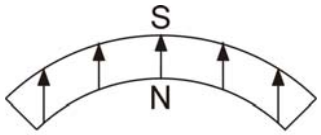
Grobdimensionierung (Netzwerkanalyse - Magnetkreis)





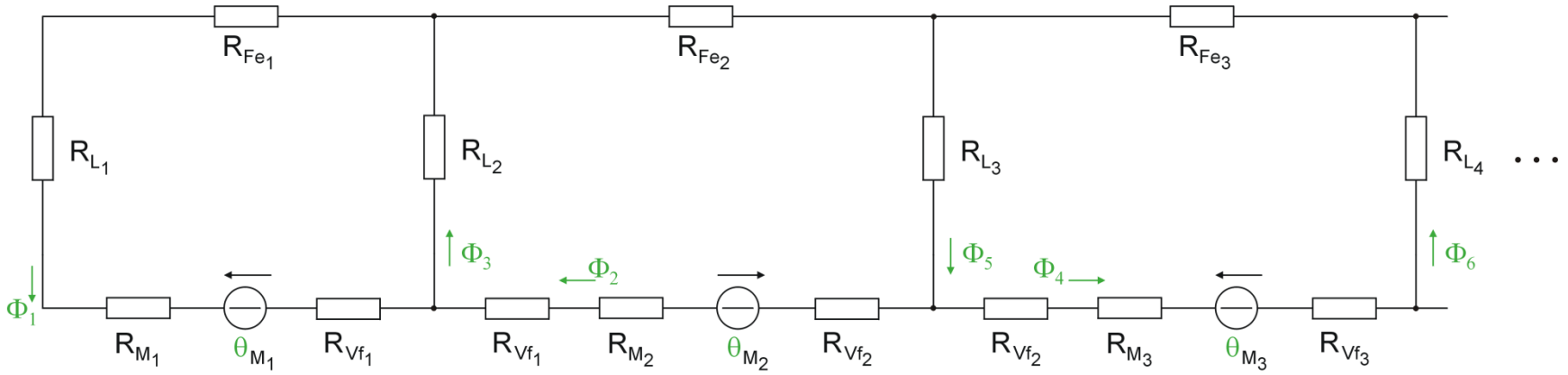
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Grobdimensionierung (Magnetische Kenndaten)

Motortyp I	Motortyp II
Magnetmaterial: NdFeB 225/125w Hersteller: Magnetfabrik Schramberg Kennwerte: Remanenz: Br_{mittel} = 1170 mT Koerzitivfeldstärke Hc_{mittel} = 870 kA/m Energieprodukt: $(BH)_{mittel}$ = 255 kJ/m^3 Geometrie: ∅ außen = 10 mm, ∅ Bohrung = 4 mm Länge: t = 3 mm Magnetisierung:  einpolig axial	Magnetmaterial: Vacodym 351 HR (NdFeB) Hersteller: Vakuumschmelze Hanau Kennwerte: Remanenz: Br_{mittel} = 1306 mT Koerzitivfeldstärke Hc_{mittel} = 967 kA/m Energieprodukt: $(BH)_{mittel}$ = 316 kJ/m^3 Geometrie: ∅ außen = 11 mm, ∅ innen = 8 mm Länge: t = 10 mm (Segment – Achtelschale) Magnetisierung:  diametral

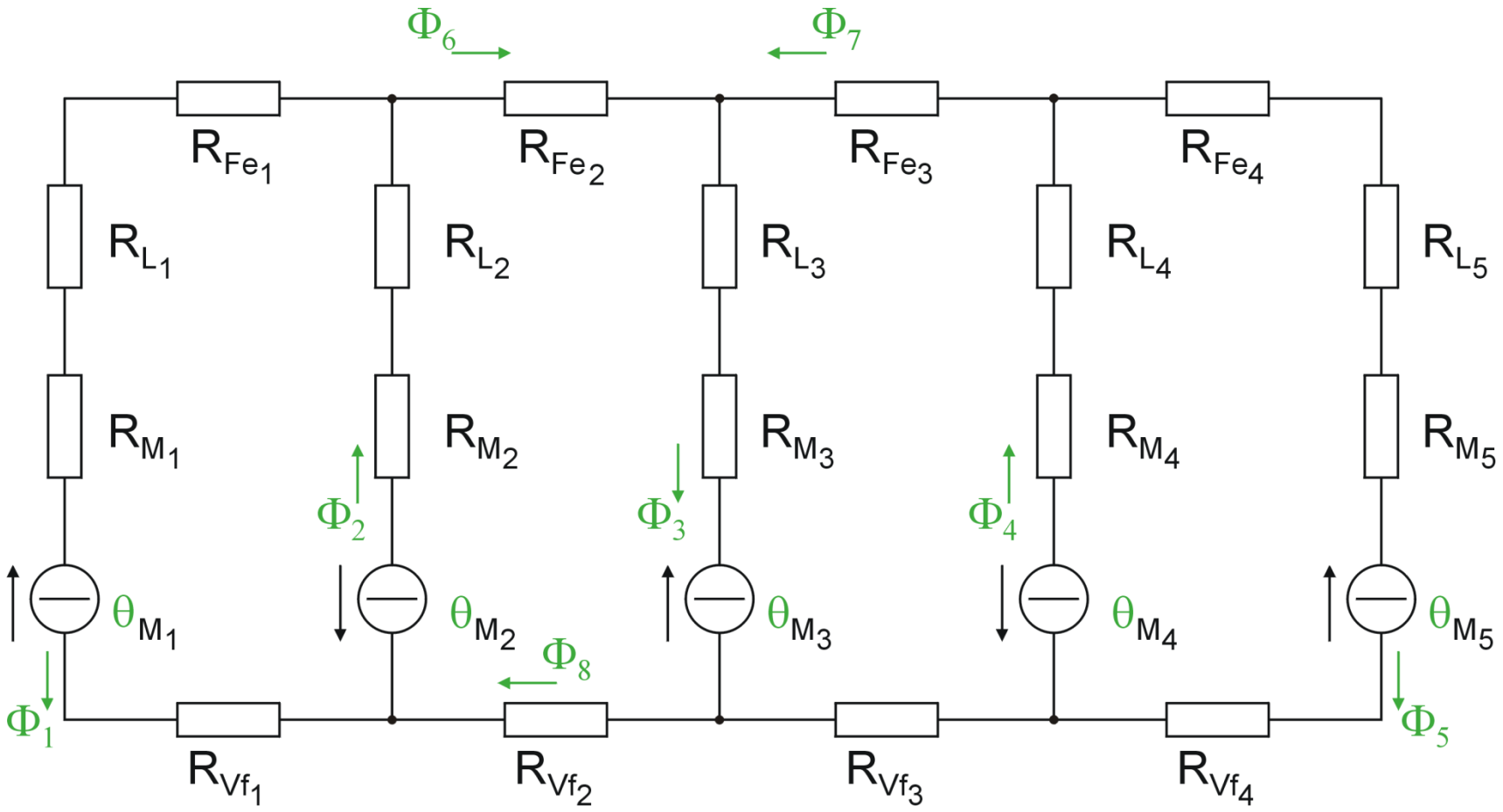
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Grobdimensionierung (Netzwerkanalyse – Motortyp I)



2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Grobdimensionierung (Netzwerkanalyse – Motortyp II)



2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Grobdimensionierung (Geometrieparameter)

	Motormodell I	Motormodell II
Flussführung (innen)	$d_{außen}$ = 10 mm d_{innen} = 4 mm t = 3 mm l_{Fe} = 3 mm R_{Vf} = 631,55 kA/Vs	$d_{außen}$ = 8 mm l_{Fe} = 10 mm R_{Vf} = 789,4 kA/Vs
Magnet	$d_{außen}$ = 10 mm d_{innen} = 4 mm t = 3 mm	$d_{außen}$ = 11 mm d_{innen} = 8 mm t = 10 mm (Achtelschalensegmente)
Nutzluftspalt	d_{innen} = 10 mm $d_{außen}$ = 16,5 mm d_{mittel} = 13,25 mm l_{Breite} = 3 mm R_L = 27382 kA/Vs	d_{innen} = 11 mm $d_{außen}$ = 16,5 mm d_{mittel} = 13,75 mm l_{Breite} = 10 mm R_L = 6307,9 kA/Vs
Rückschluss (außen)	d_{innen} = 16,5 mm $d_{außen}$ = 22 mm l_{Fe} = 4,5 mm R_{Fe} = 107,38 kA/Vs	d_{innen} = 16,5 mm $d_{außen}$ = 22 mm l_{Fe} = 10 mm R_{Fe} = 238,6 kA/Vs

2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Überschlägige Motorparameter

Magnetisches Teilsystem:

Im Nutzluftspalt ist eine Flussdichte von 0,27 bzw. 0,28 Tesla ermittelt worden. Beim Motortyp II ist aufgrund der hohen Flussdichten im inneren Rückschluss Sondermaterial erforderlich.

Thermisches Teilsystem:

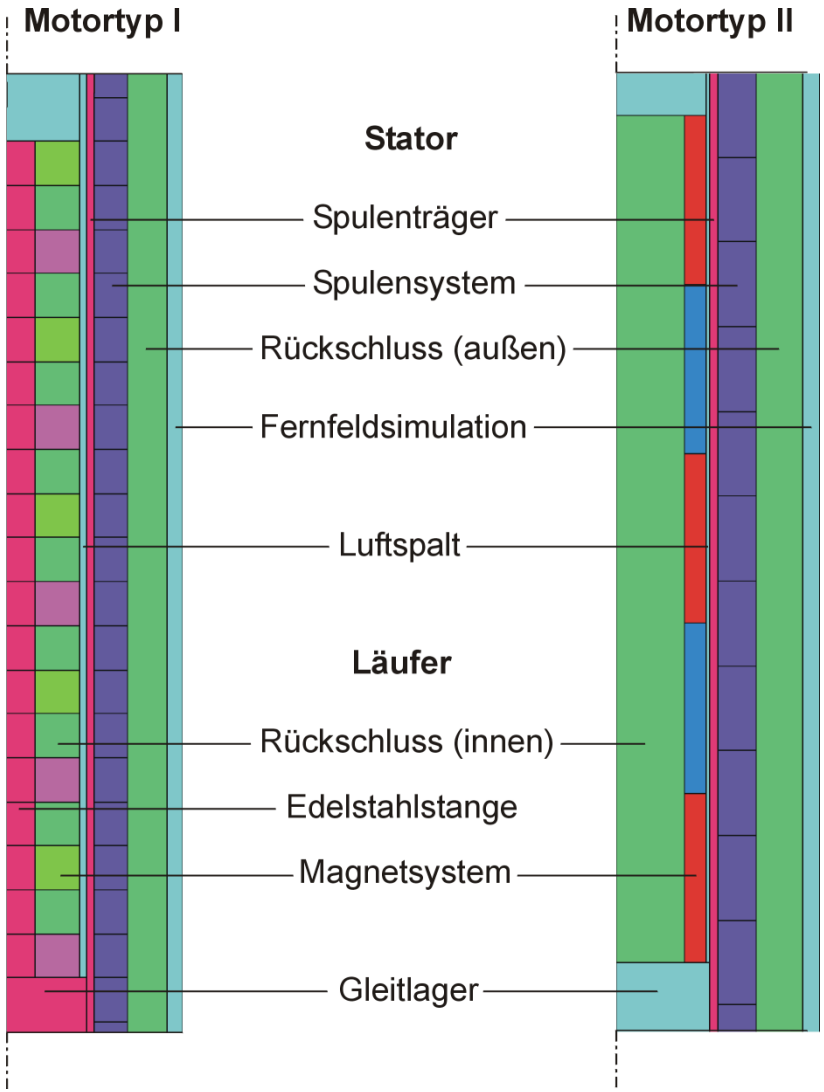
Die abführbare Wärmeverlustleistung der beiden Motorsysteme beträgt ca. 10 W und wird über Konvektion und Strahlung an die Umgebung abgegeben.

Elektrisches Teilsystem:

Die Dimensionierung des Spulensystems ergibt einen zulässigen Motorstrom von ca. 2 A und damit überschlägige Dauervorschubkräfte von ca. 3,4 N. Über eine Verkürzung der Einschaltdauer sind erhebliche Kraftsteigerungen möglich.

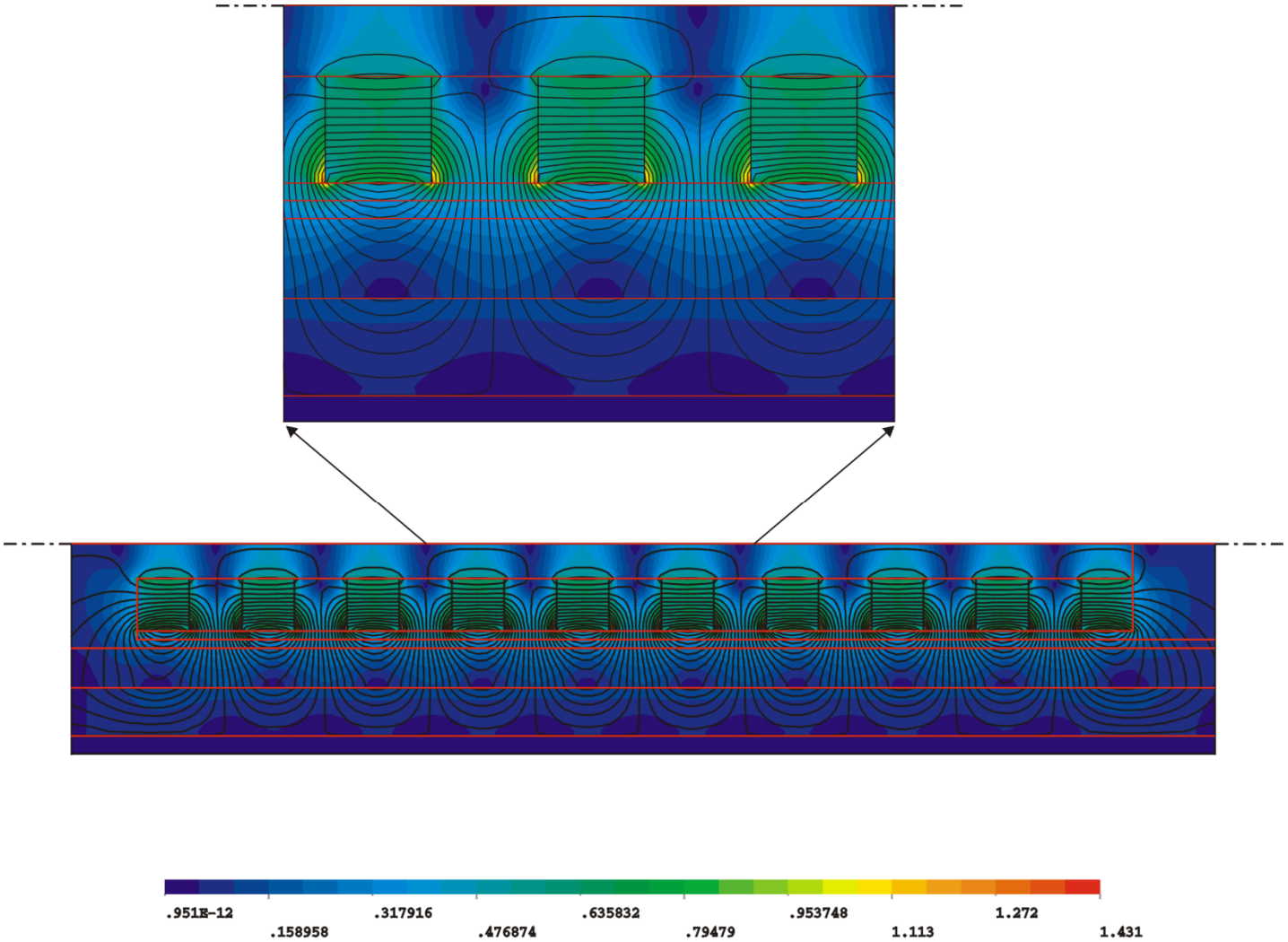
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Feindimensionierung (FEM-Modellaufbau (magnetisch))



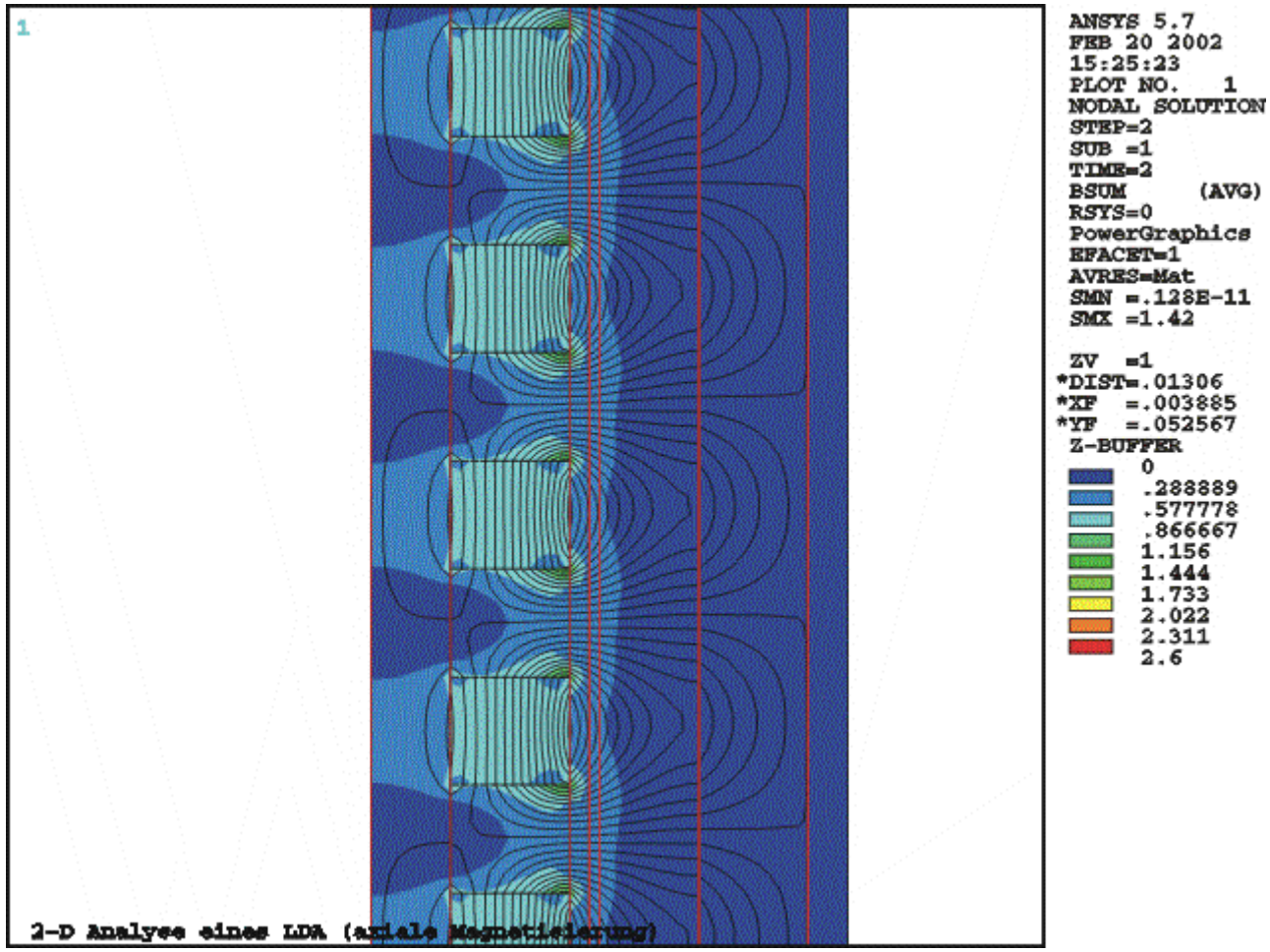
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Magnetische FEM-Analyse (Motortyp I, Stromdichte 16,4 A/mm²)



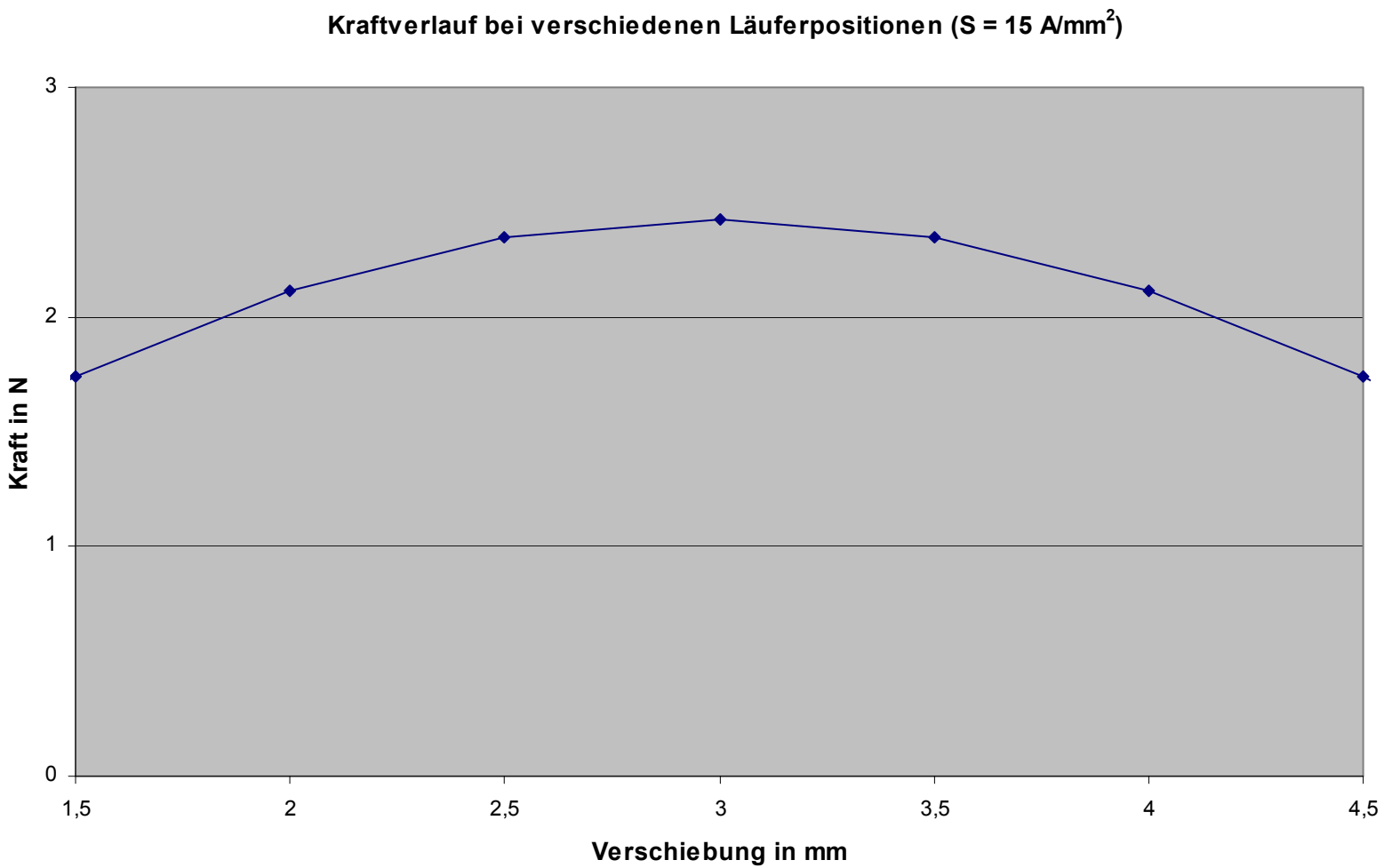
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

FEM-Magnetfeldverlauf (Motortyp I)



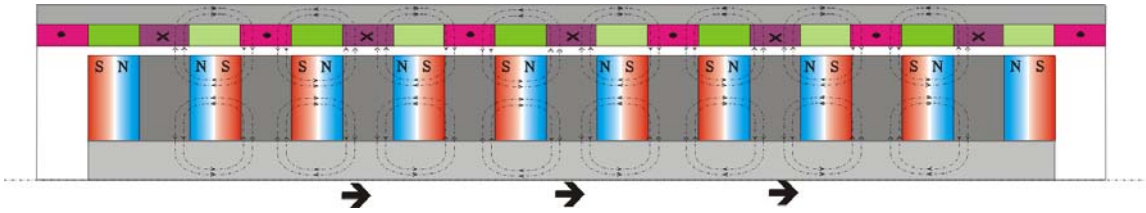
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Schubkraft und Läuferpositionen (Motortyp I) - FEM

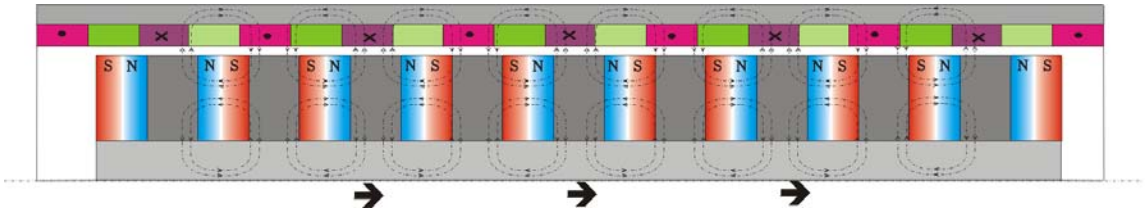


2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

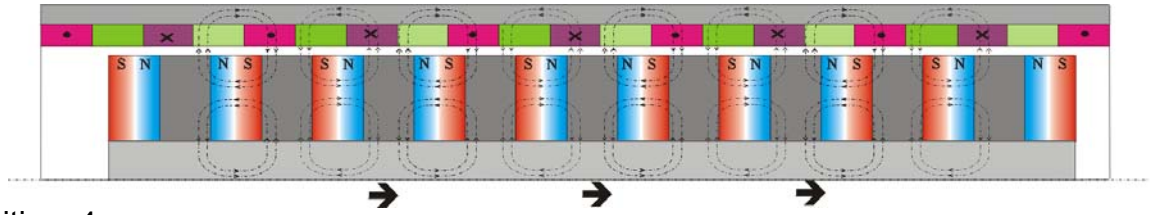
Schubkraft und Läuferpositionen (Motortyp I)



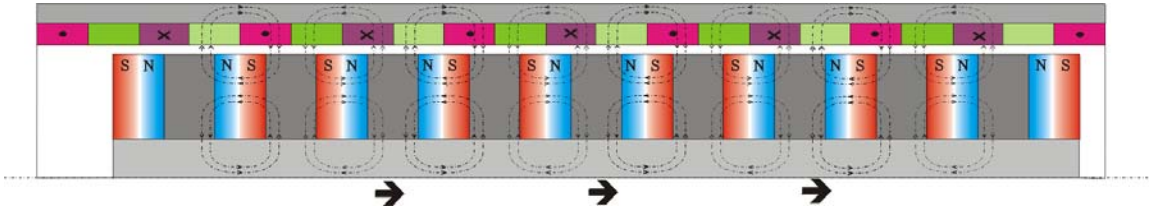
Position: 3 mm



Position: 3,5 mm



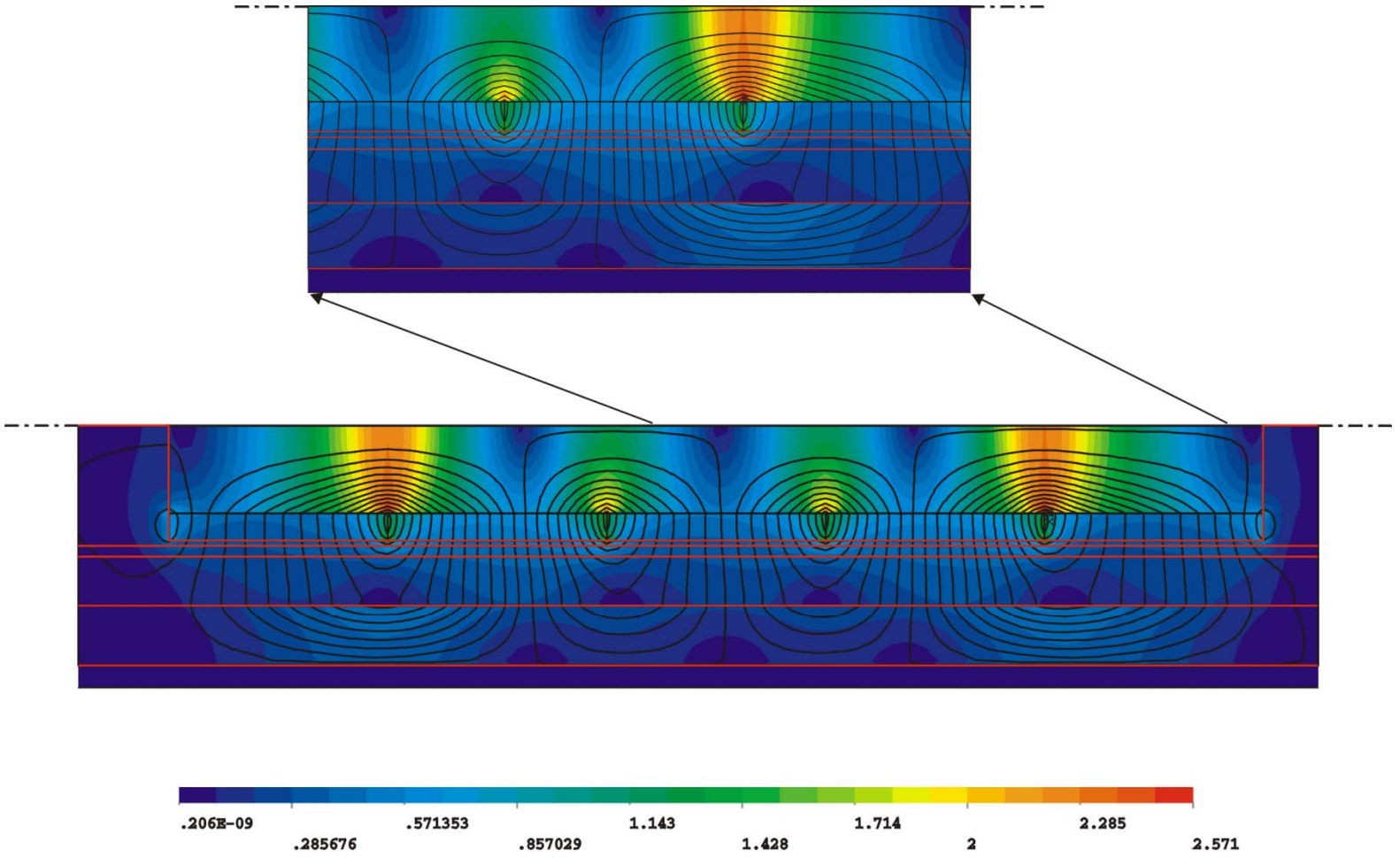
Position: 4 mm



Position: 4,5 mm

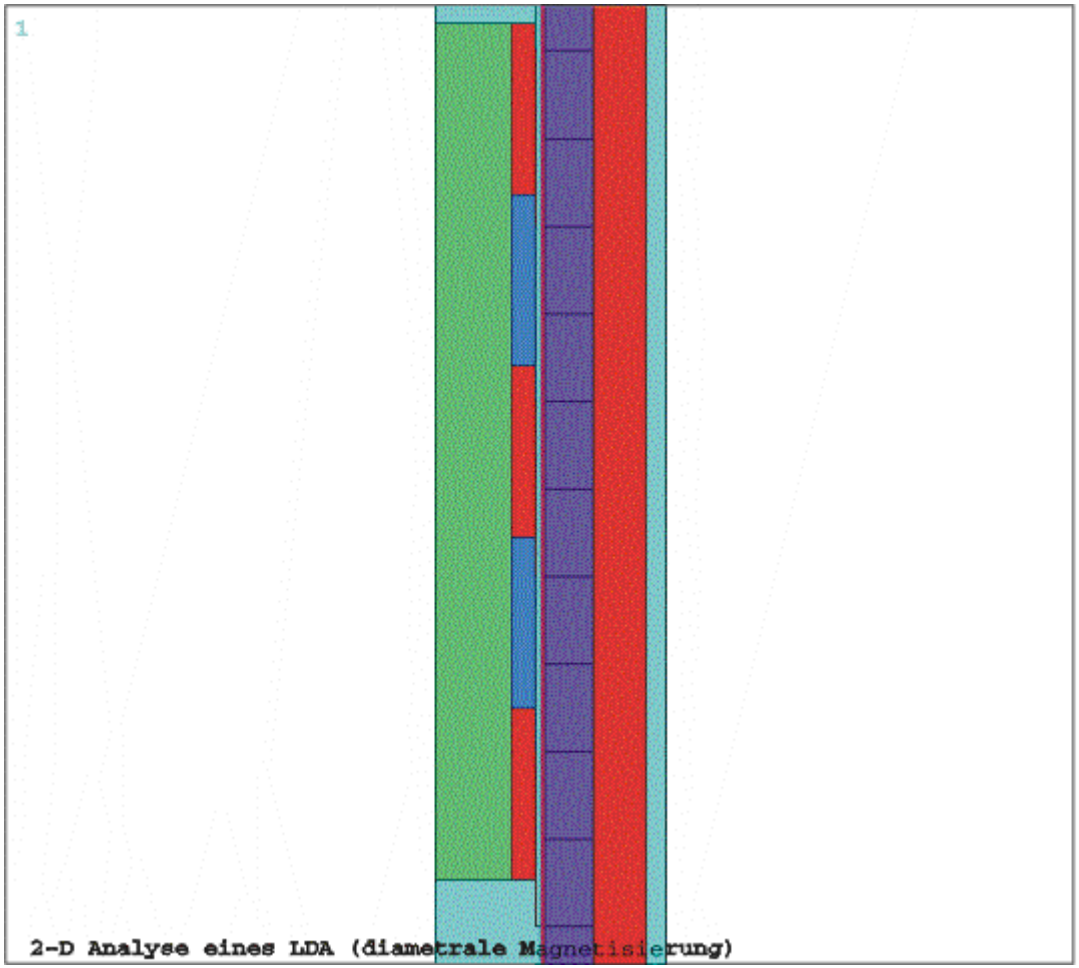
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Magnetische FEM-Analyse (Motortyp II, Stromdichte 15,5 A/mm^2)



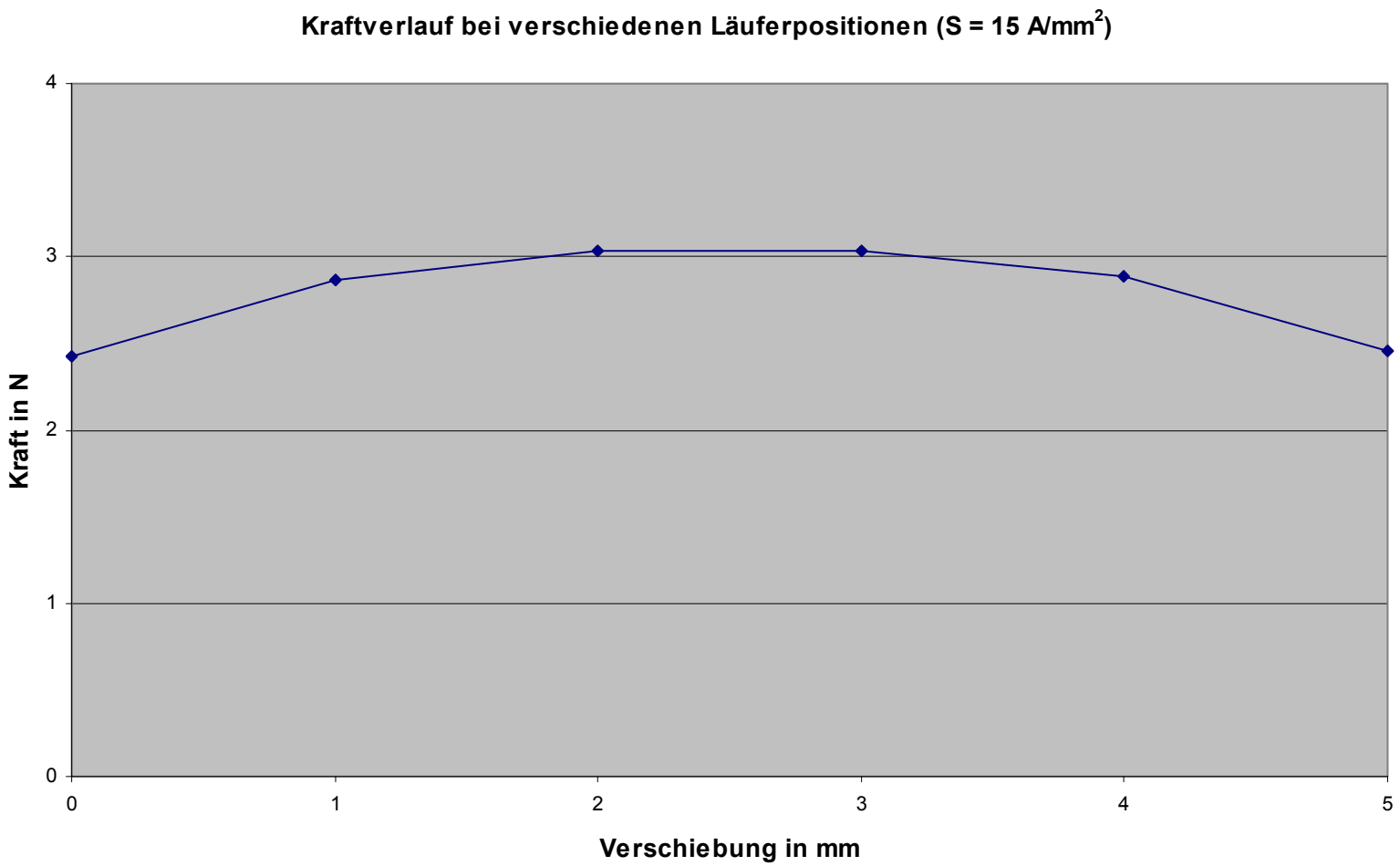
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

FEM-Magnetfeldverlauf (Motortyp II)



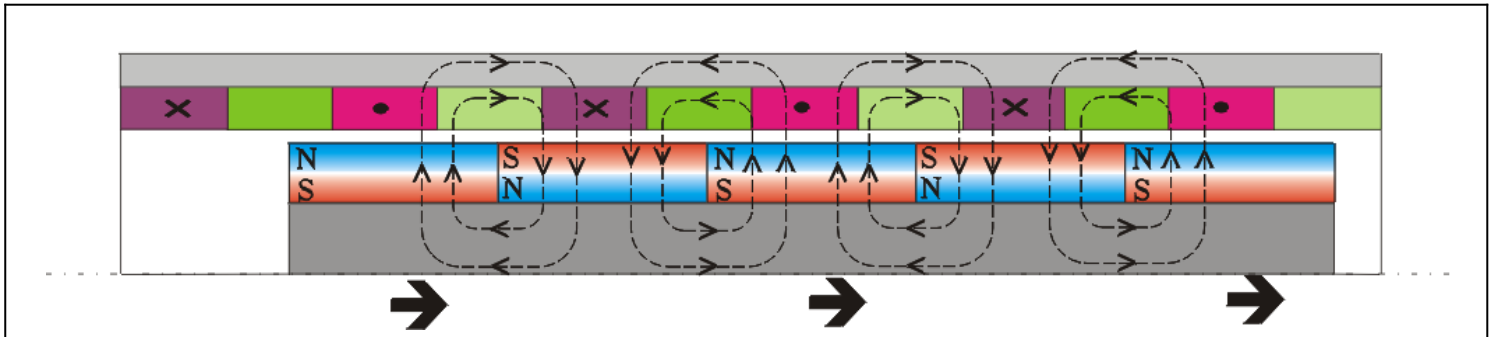
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Schubkraft und Läuferpositionen (Motortyp II) - FEM

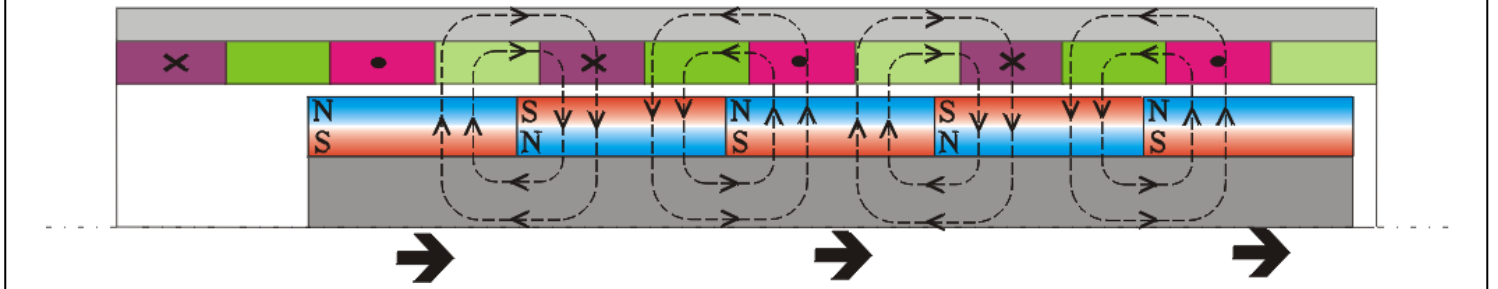


2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

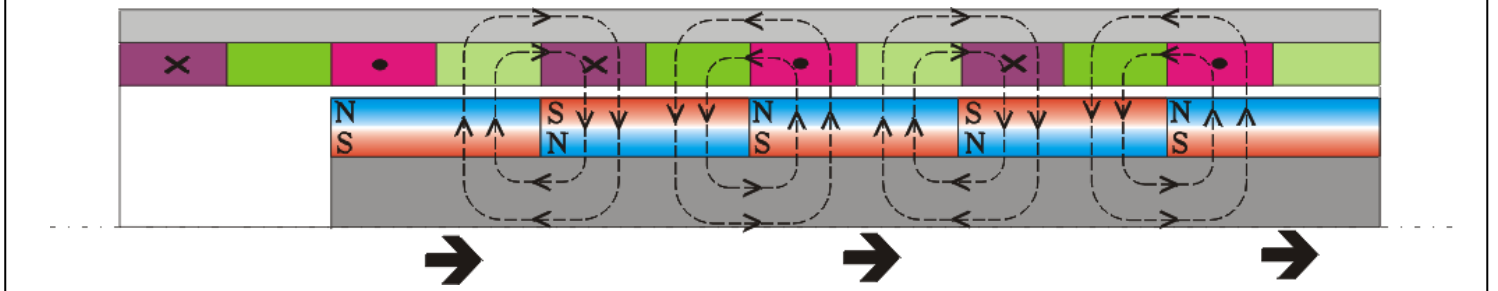
Schubkraft und Läuferpositionen (Motortyp II)



Position: 3 mm



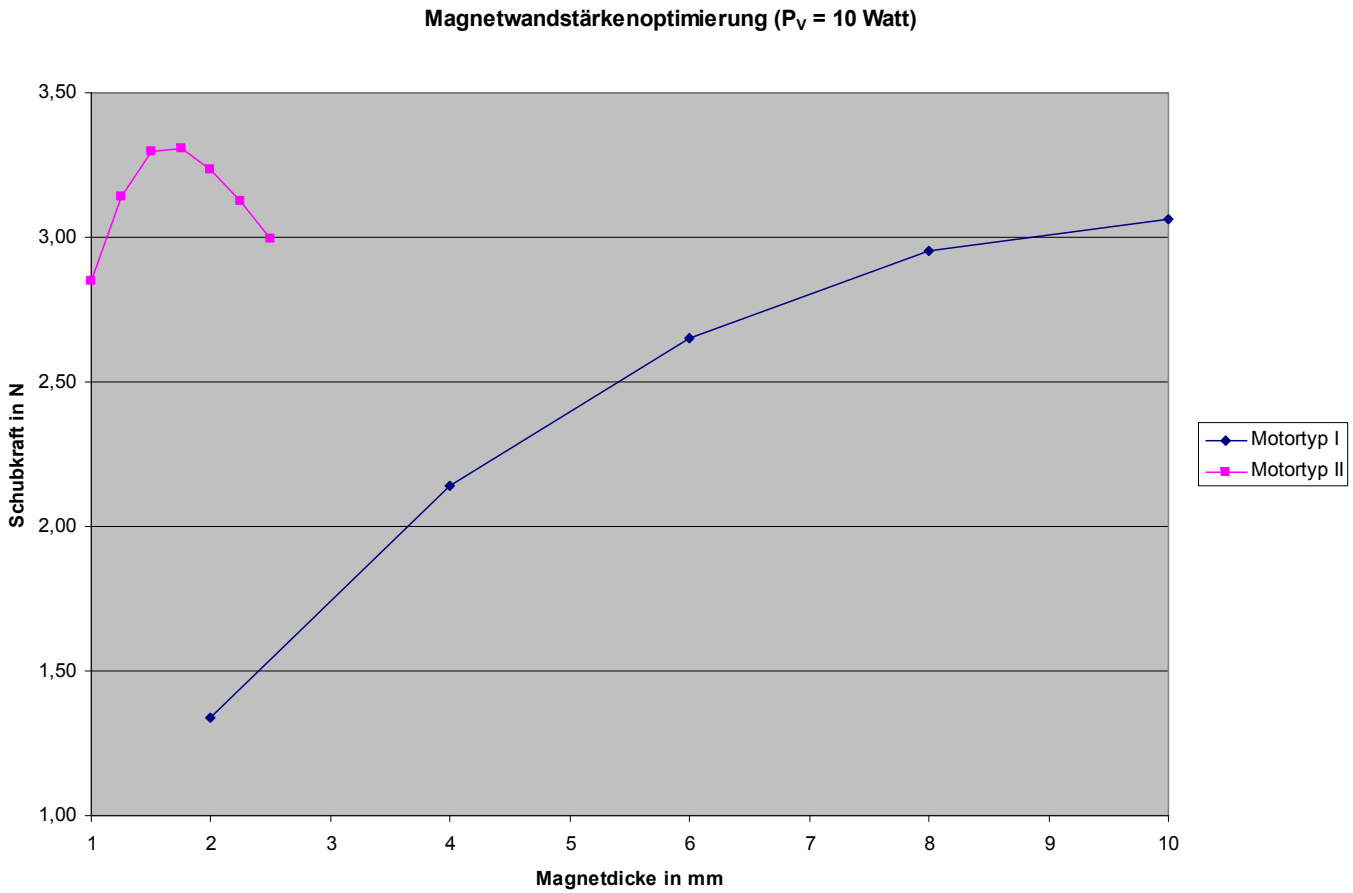
Position: 4 mm



Position: 5 mm

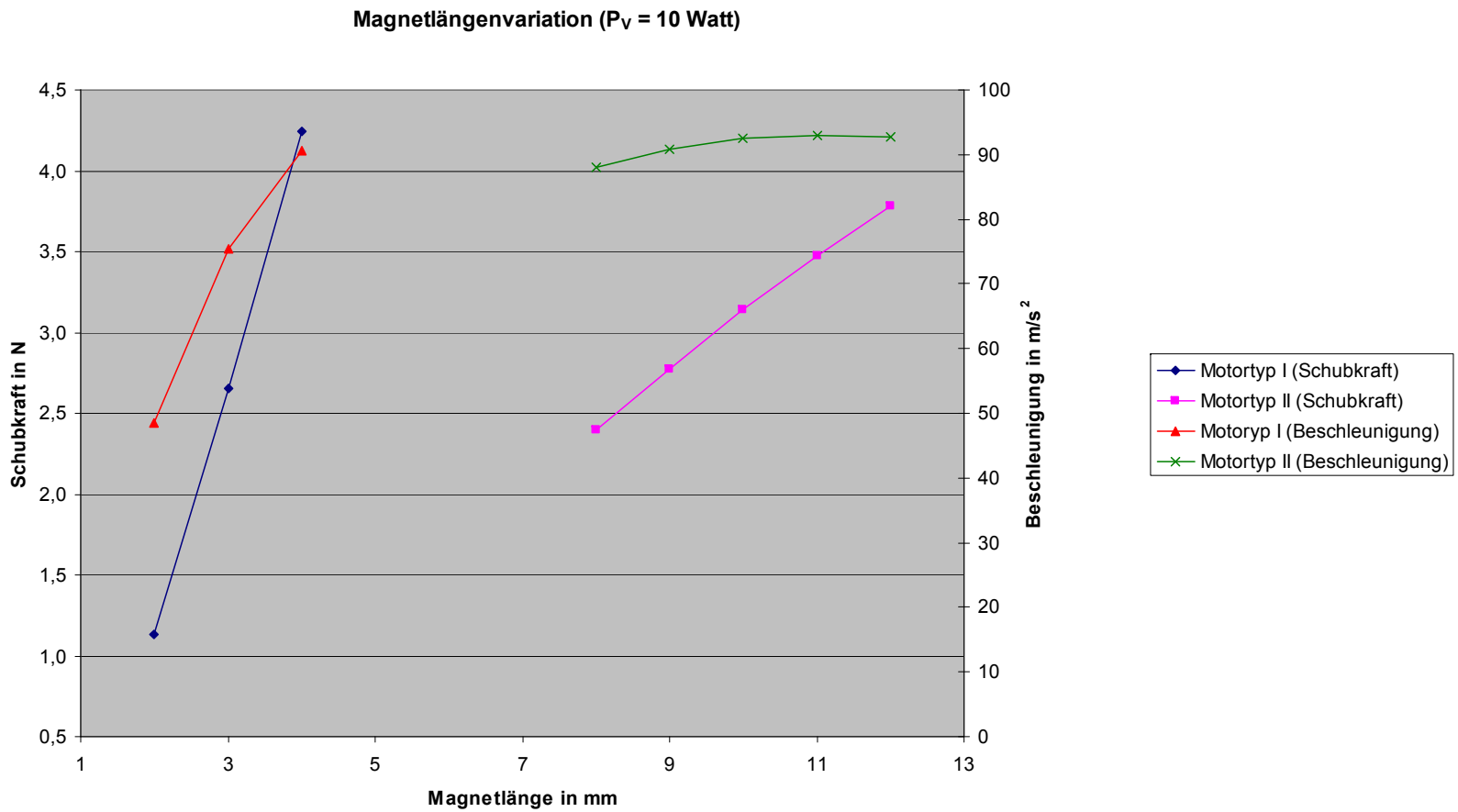
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

FEM-Optimierung (Motortyp I / II) - magnetisch



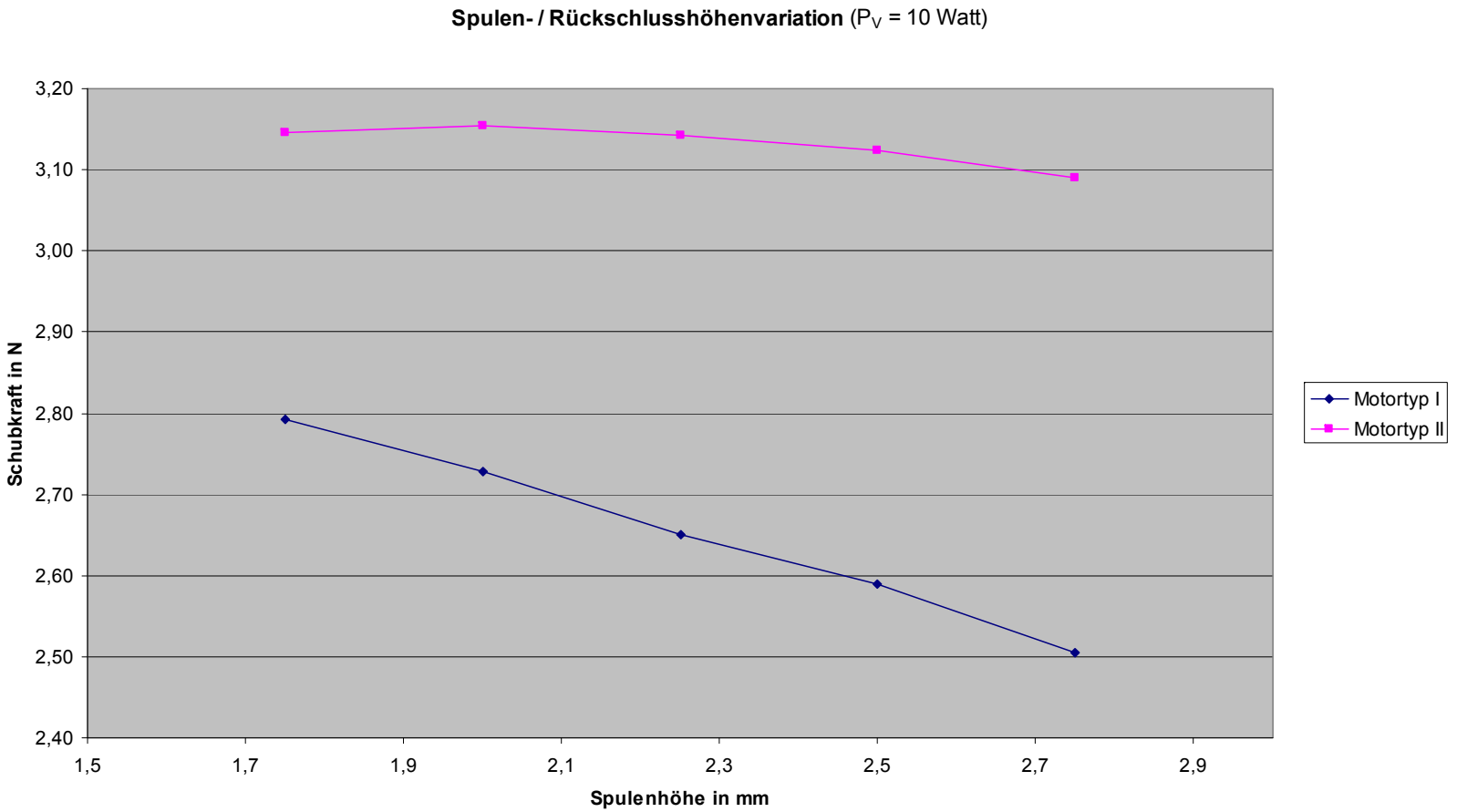
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

FEM-Optimierung (Motortyp I / II) - magnetisch



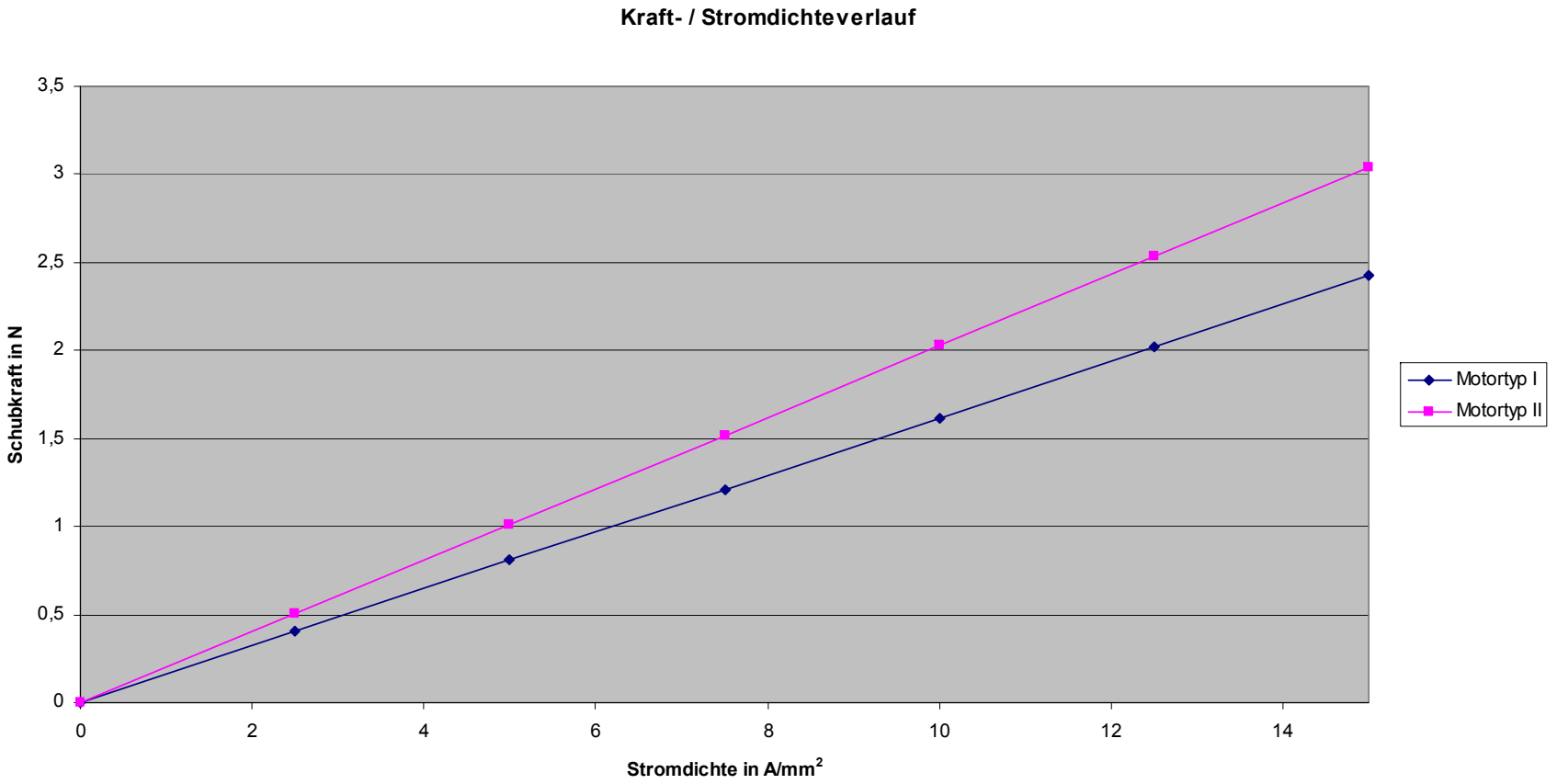
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

FEM-Optimierung (Motortyp I / II) - magnetisch



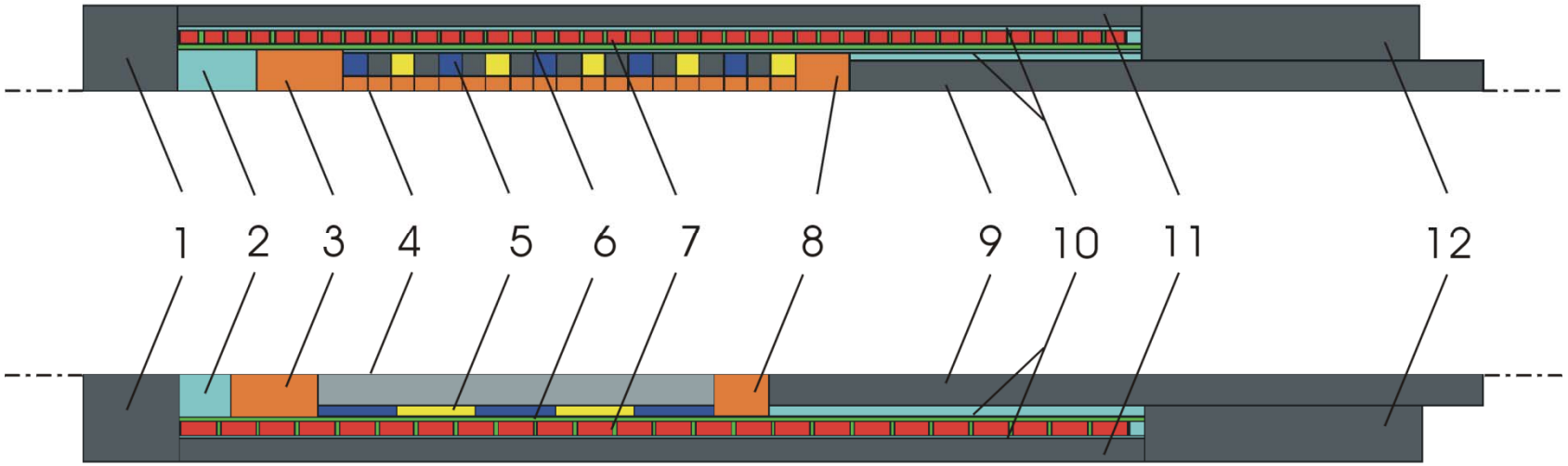
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

FEM-Optimierung (Motortyp I / II) - magnetisch



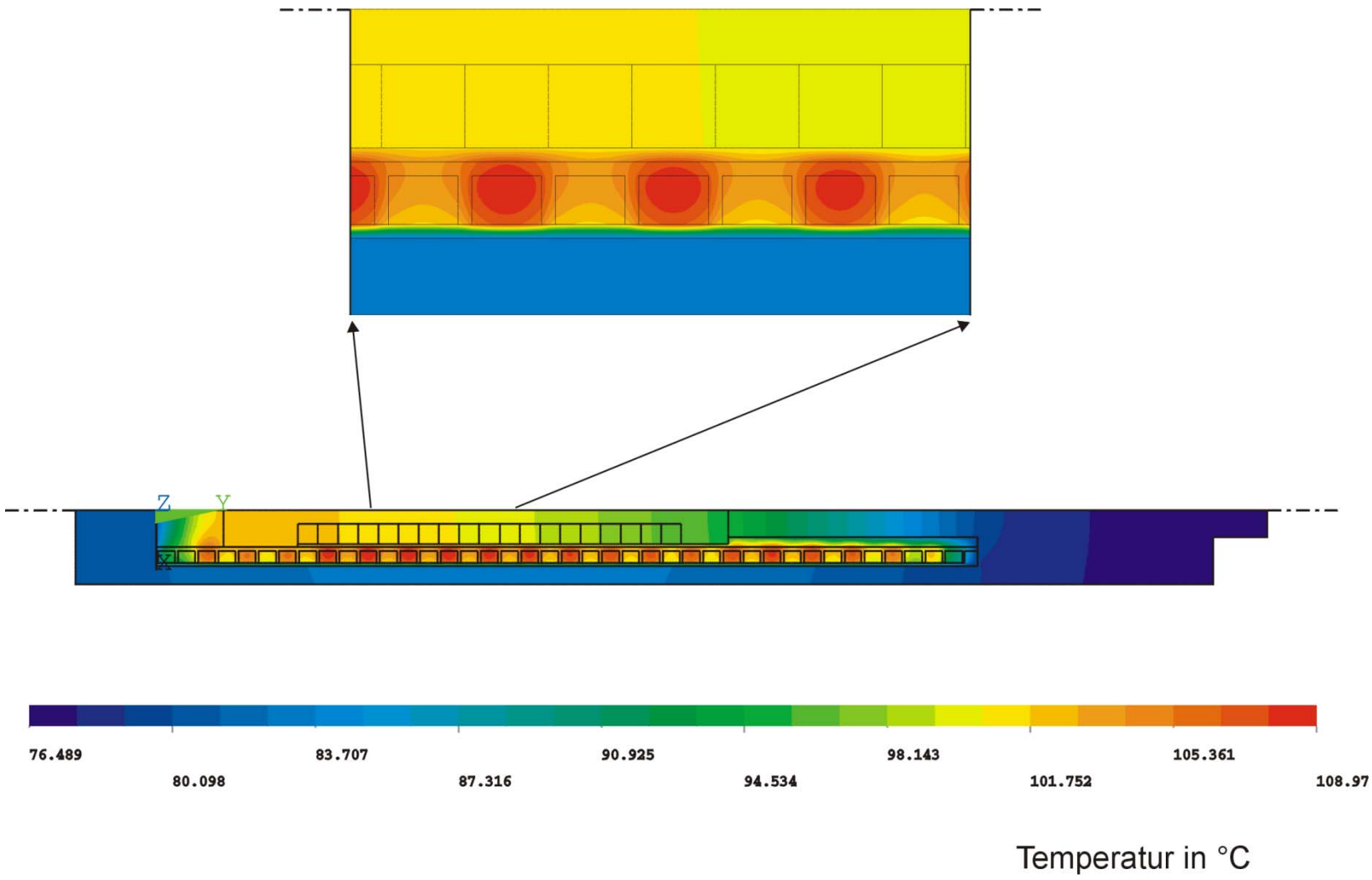
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

FEM-Modellaufbau (thermisch)



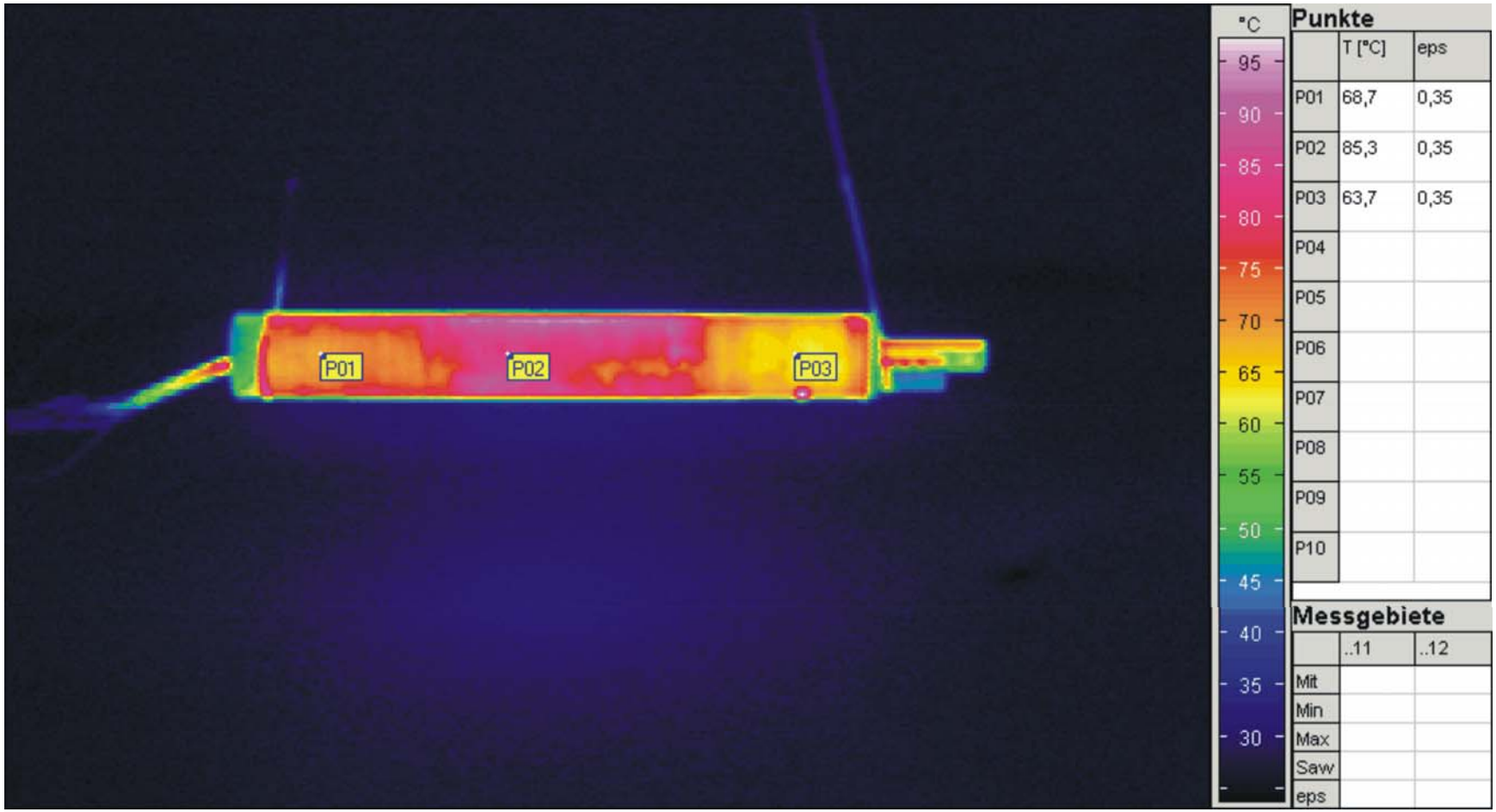
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Thermische FEM-Analyse (Motortyp I, Strom 2 A)



2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Thermische Analyse (Infrarot-Thermographie) – Bestromung 2 A



Punkte

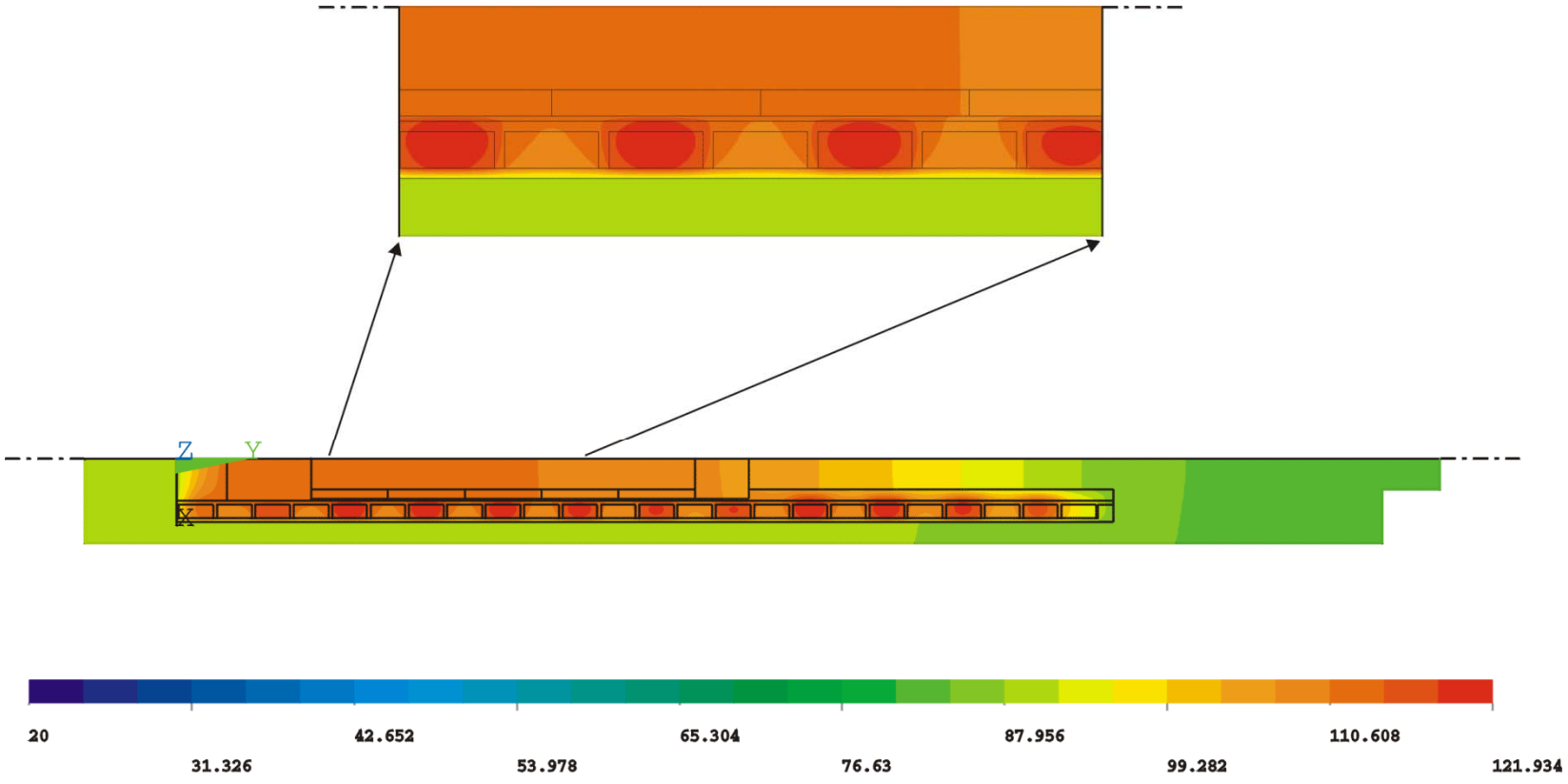
	T [°C]	eps
P01	68,7	0,35
P02	85,3	0,35
P03	63,7	0,35
P04		
P05		
P06		
P07		
P08		
P09		
P10		

Messgebiete

	..11	..12
Mit		
Min		
Max		
Saw		
eps		

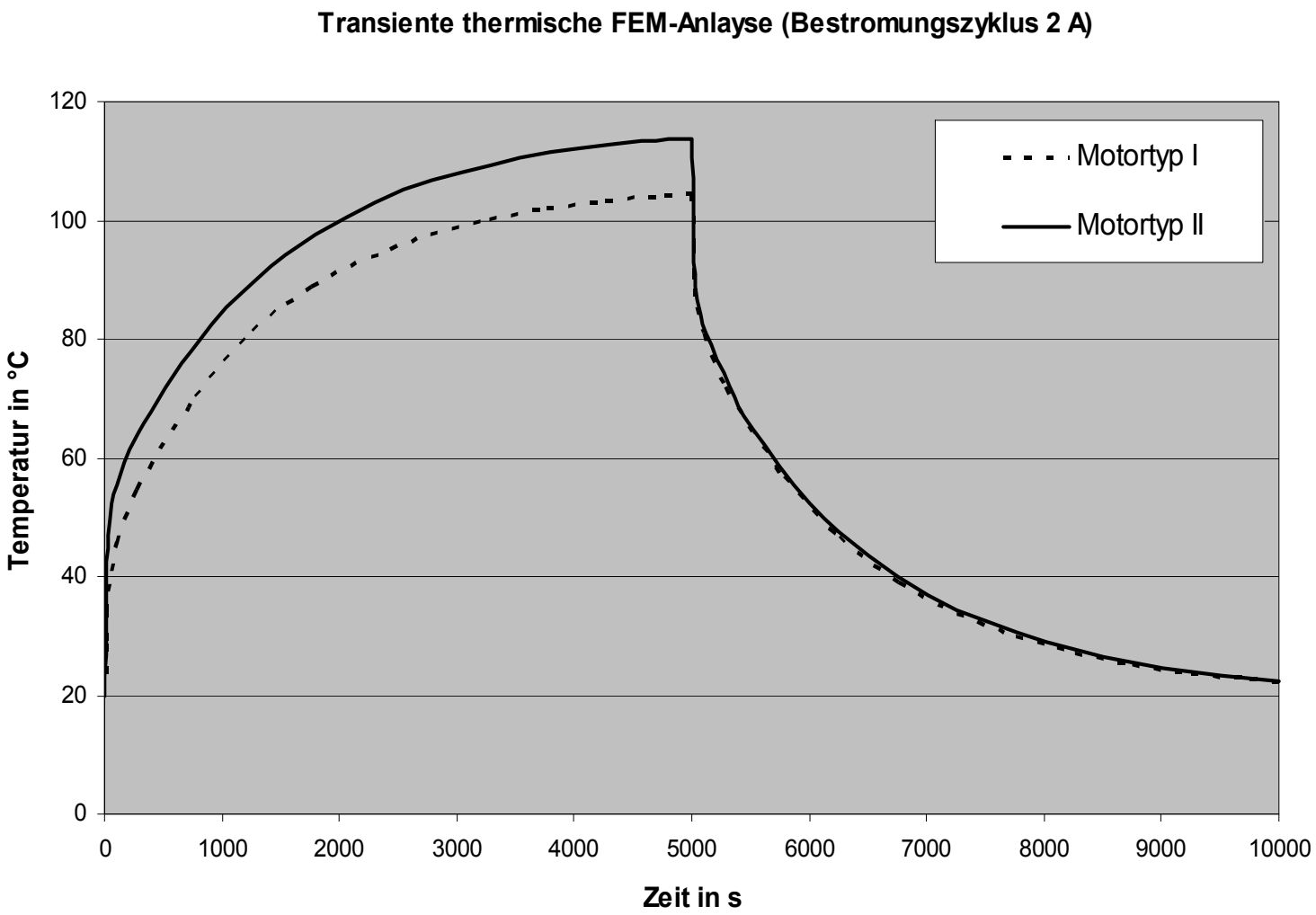
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Thermische FEM-Analyse (Motortyp II, Strom 2 A)



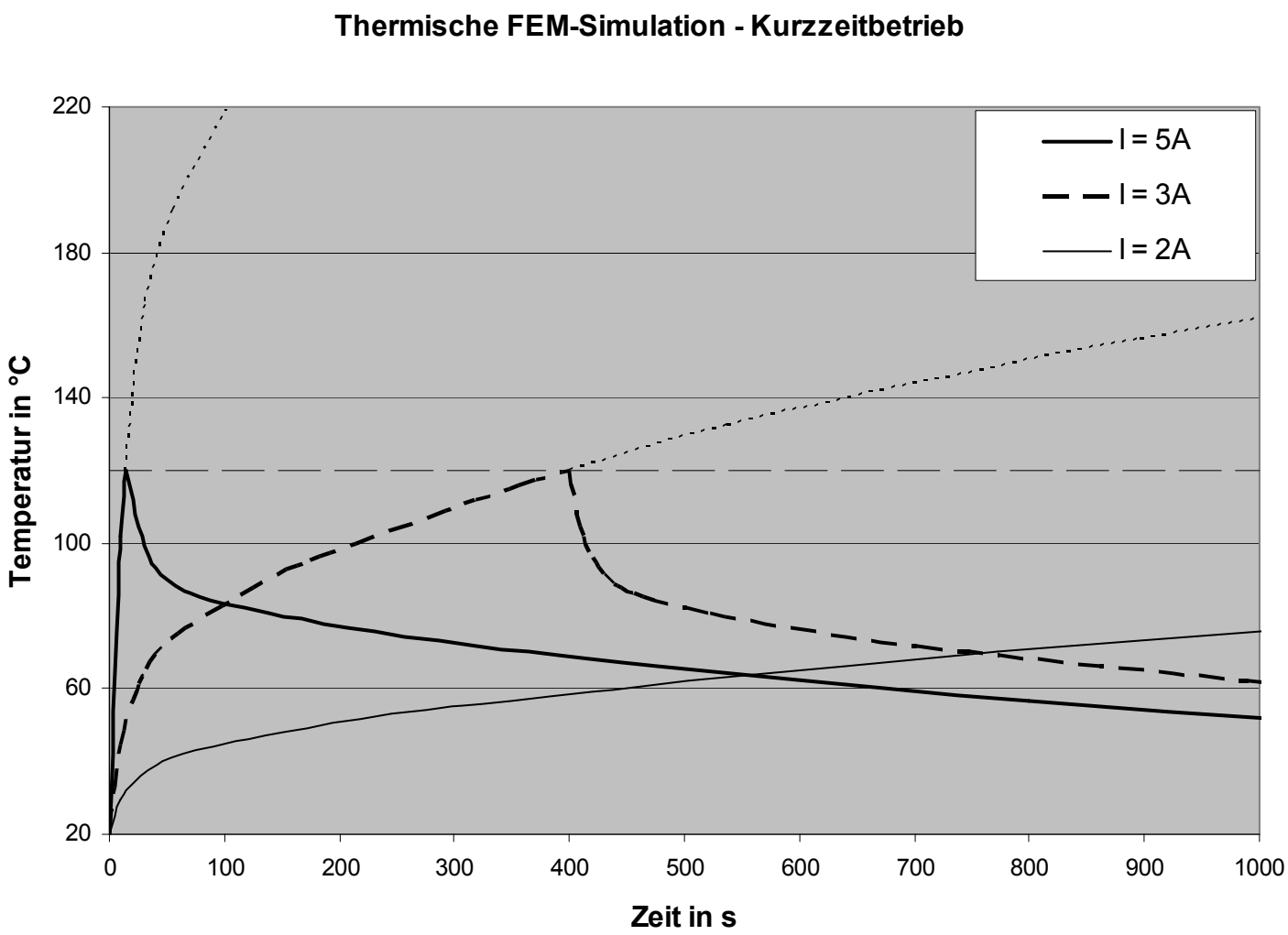
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Motordimensionierung (thermisches Zeitverhalten) - FEM



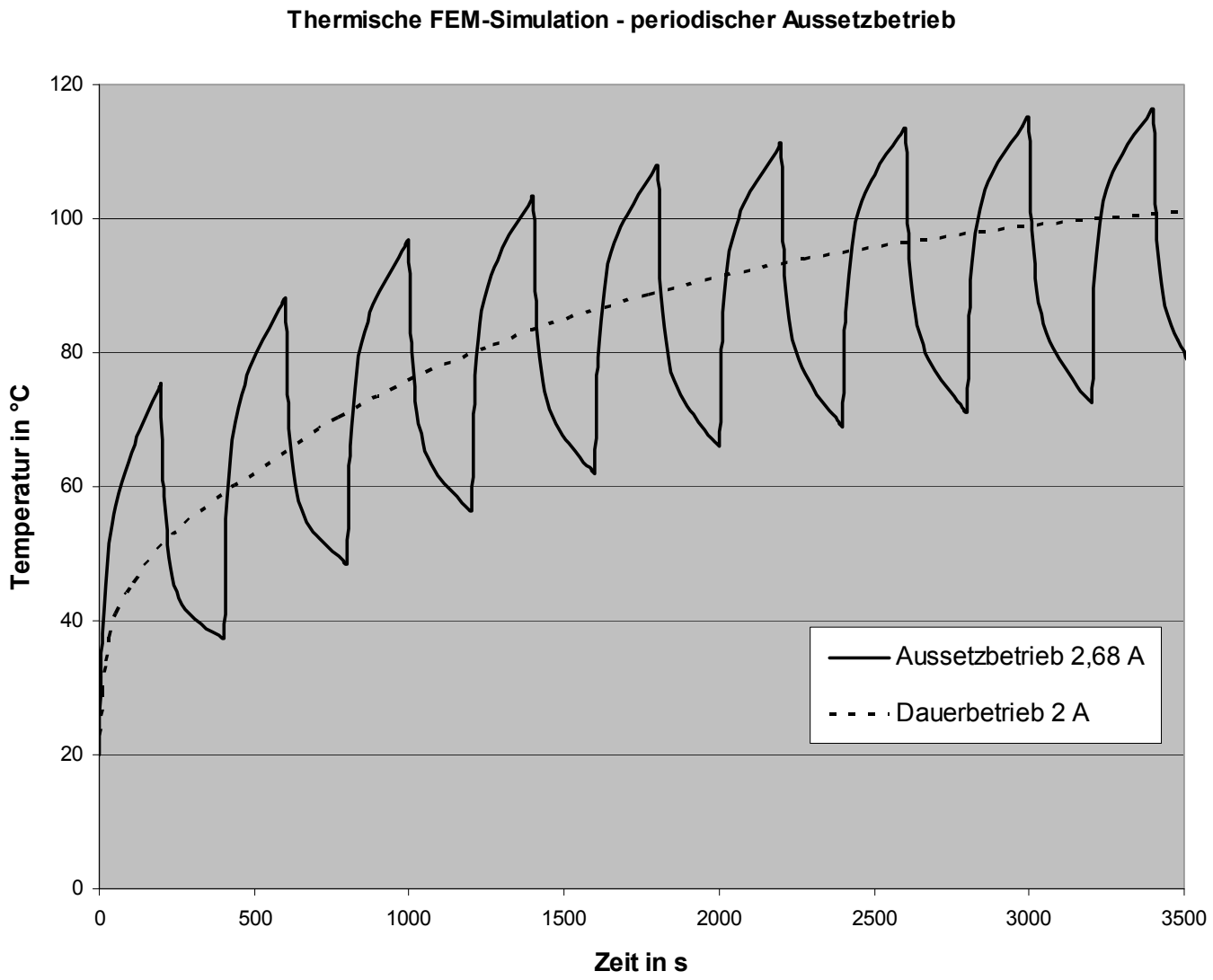
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Motordimensionierung (Leistungsüberhöhung) - FEM



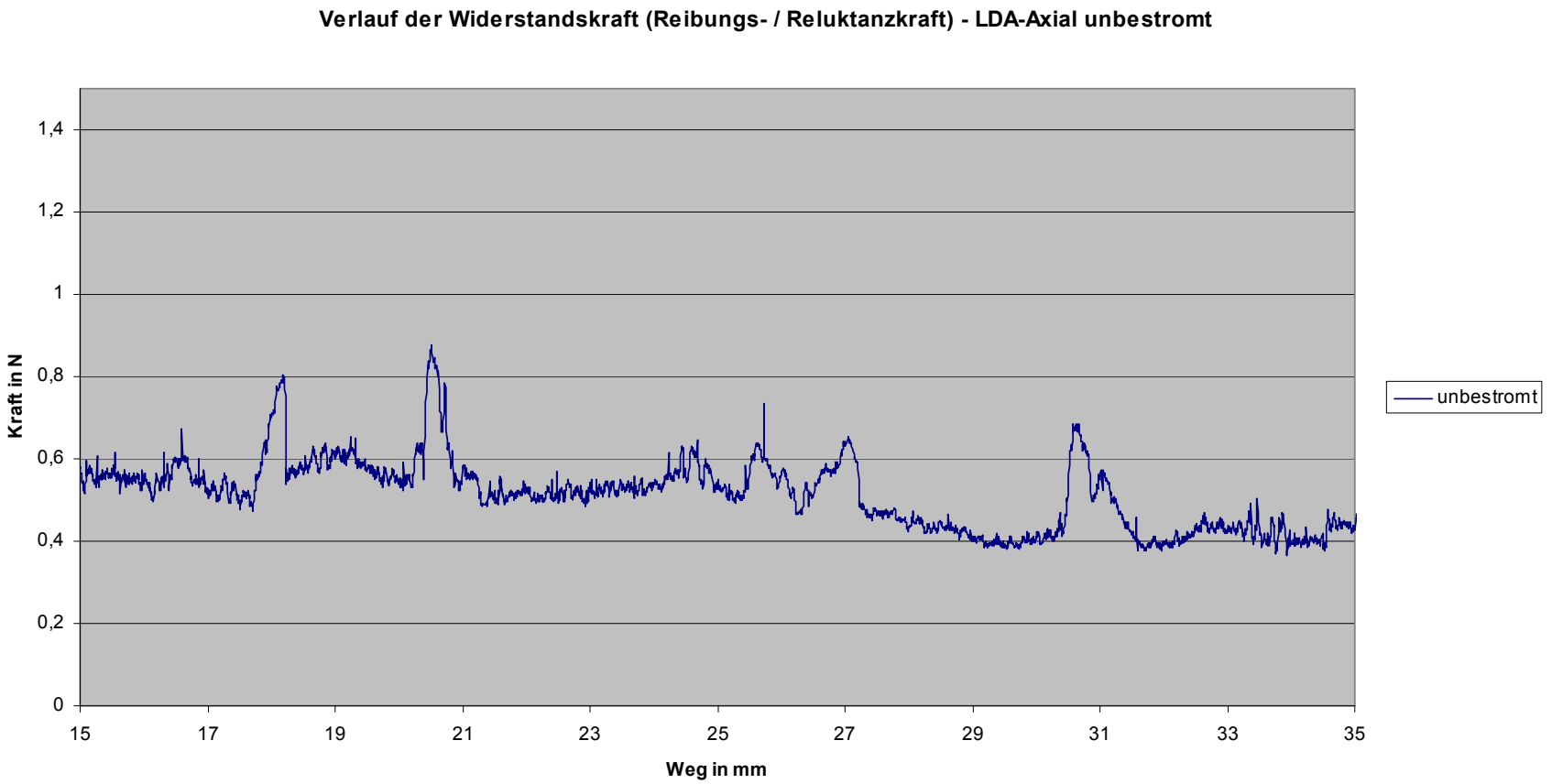
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Motordimensionierung (Leistungsüberhöhung) - FEM



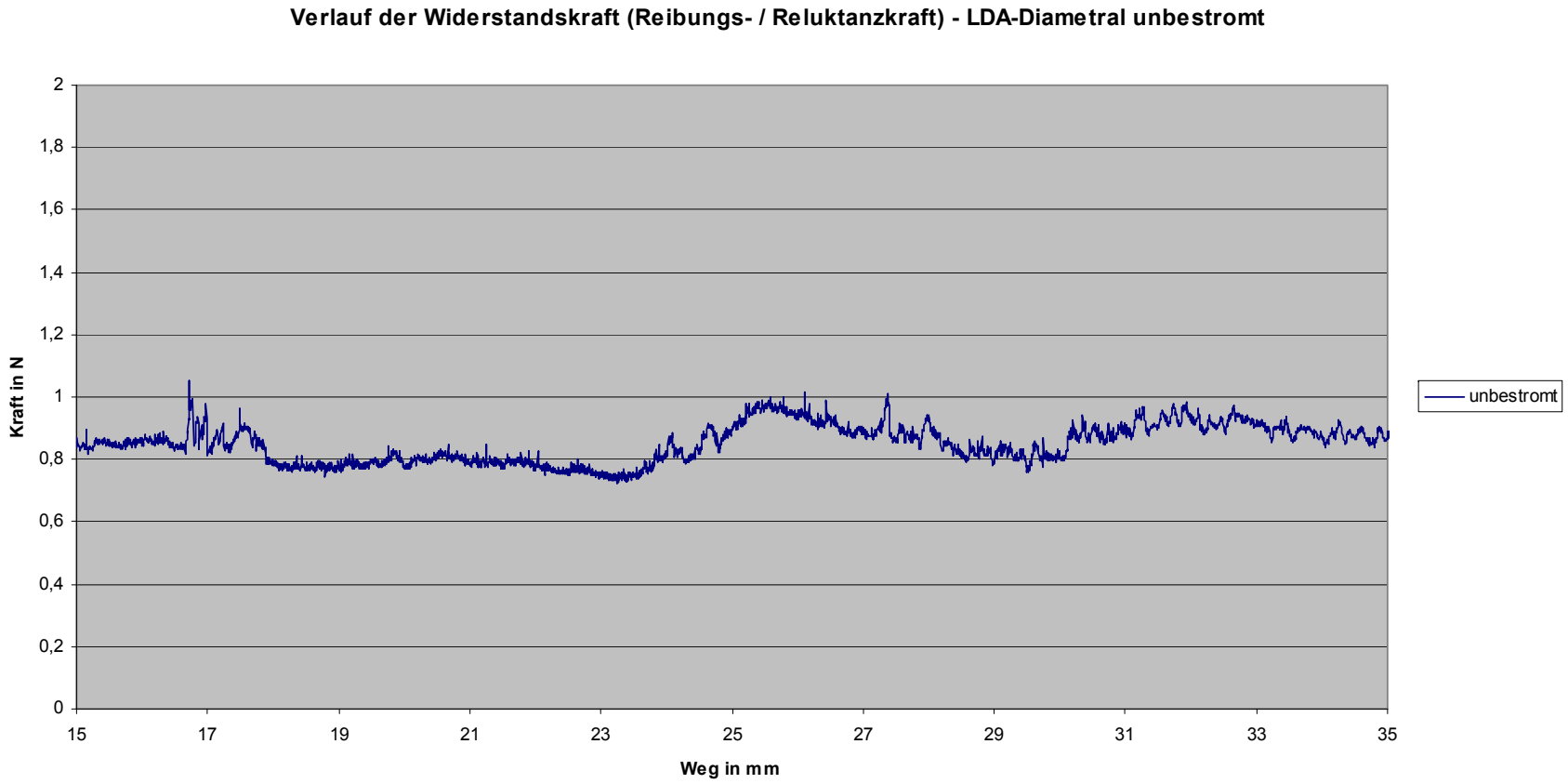
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Kraft- / Wegmessung (Motortyp I unbestromt)



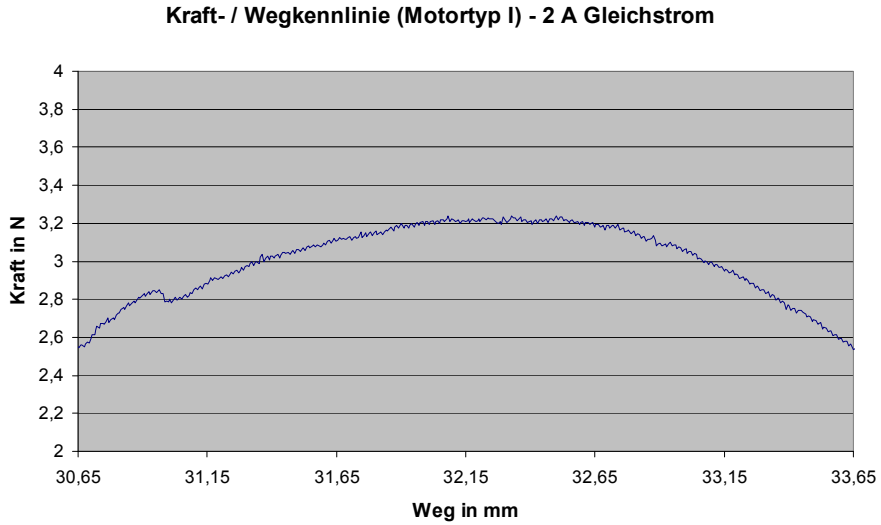
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

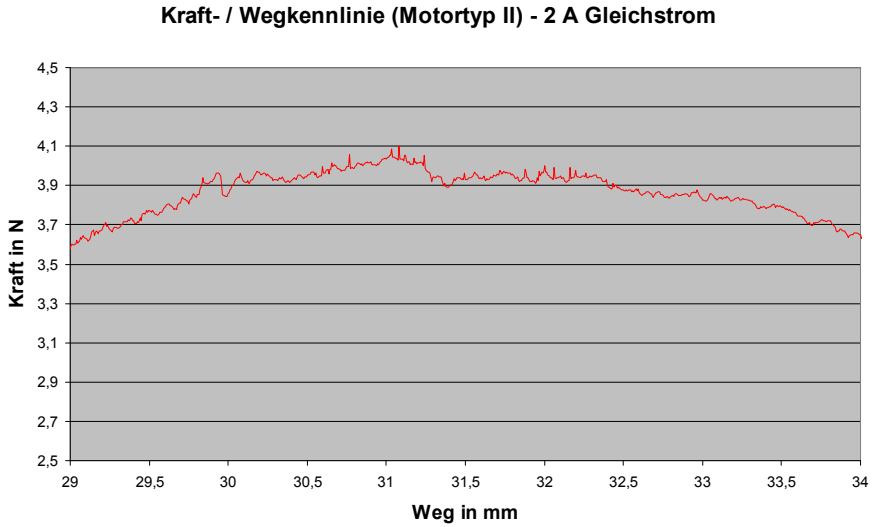
Kraft- / Wegmessung (Motortyp II unbestromt)



2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

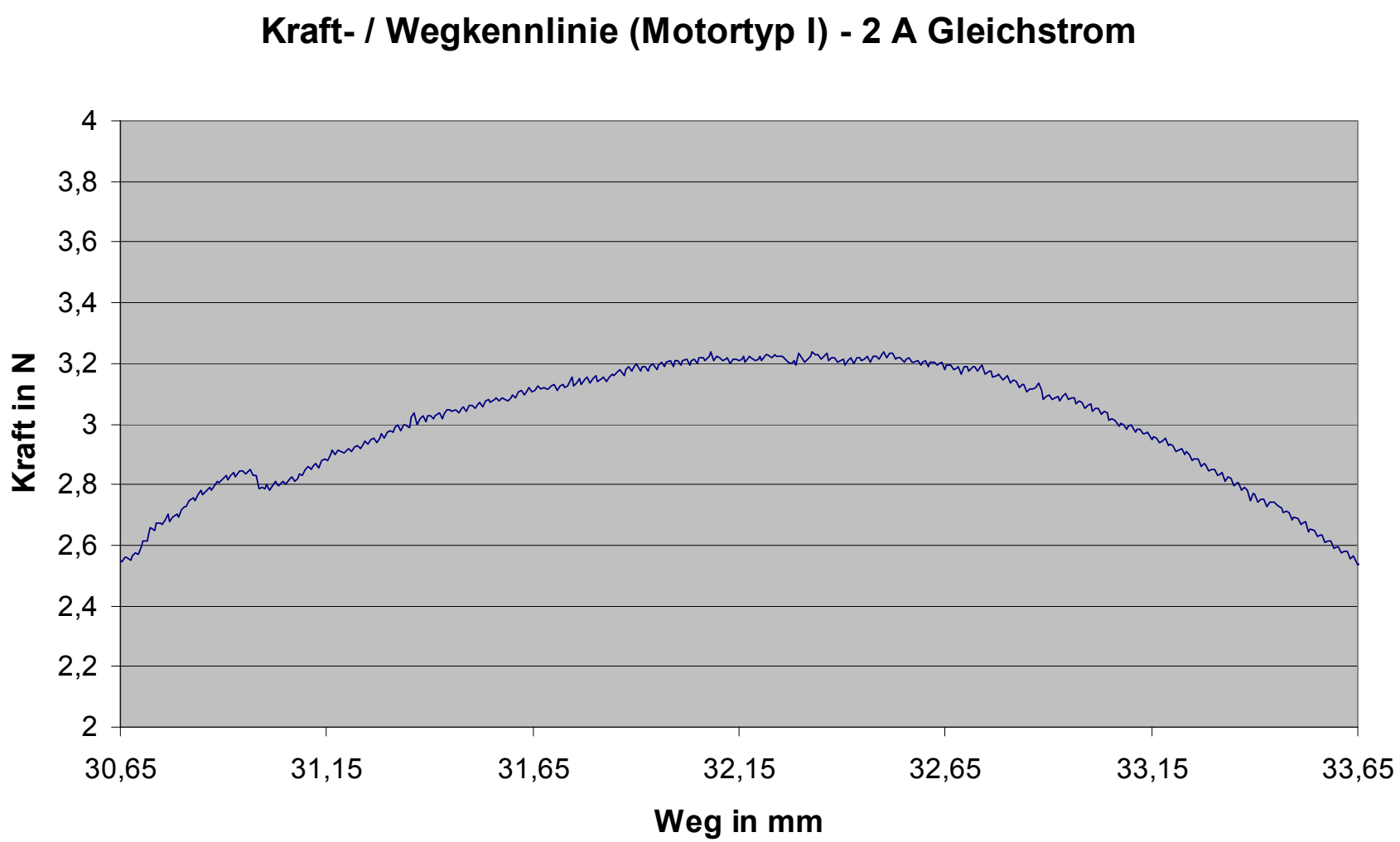
Kraft- / Wegmessung (Motortyp I und II, 2 A)





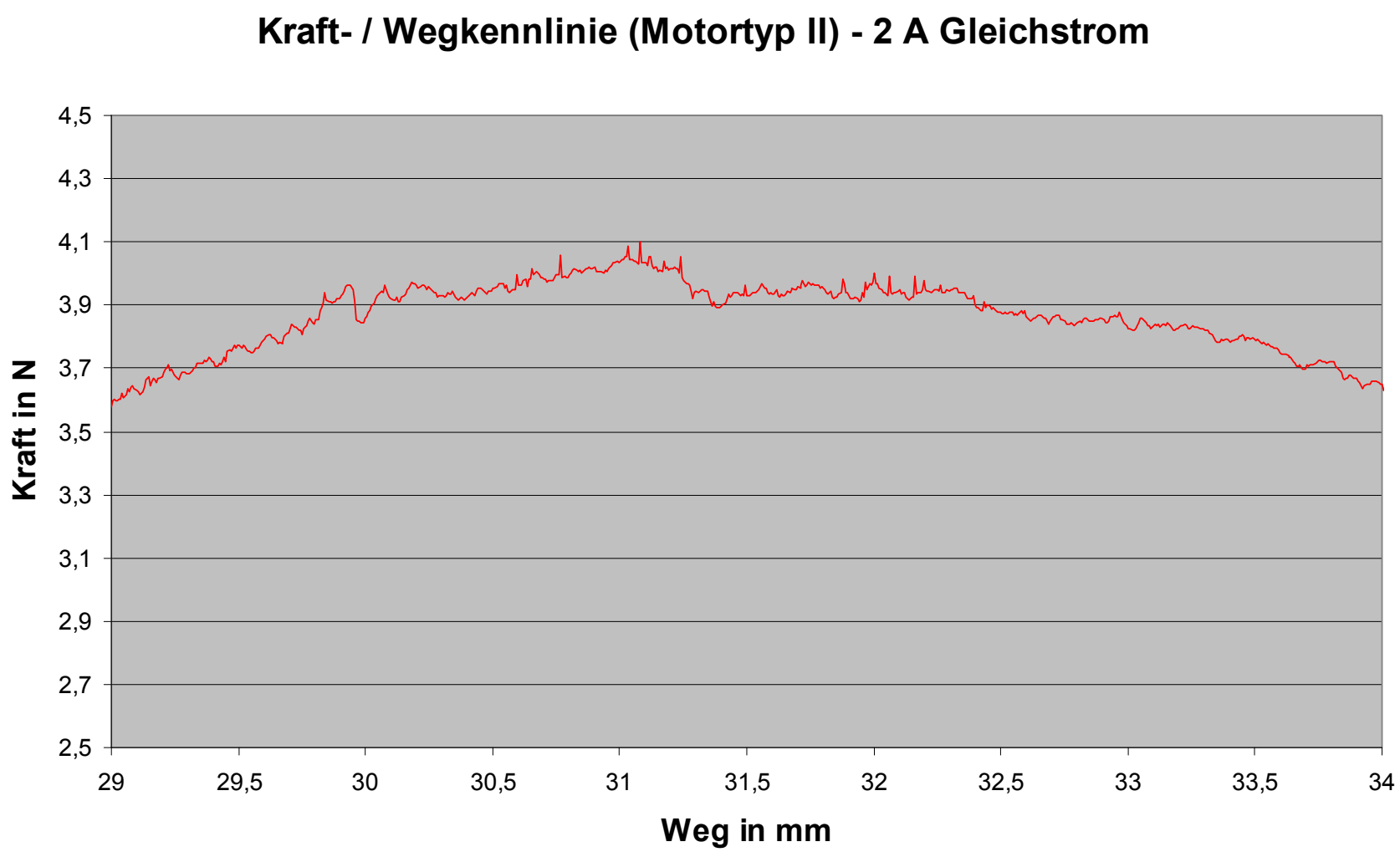
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Kraft- / Wegmessung (Motortyp I, 2 A)



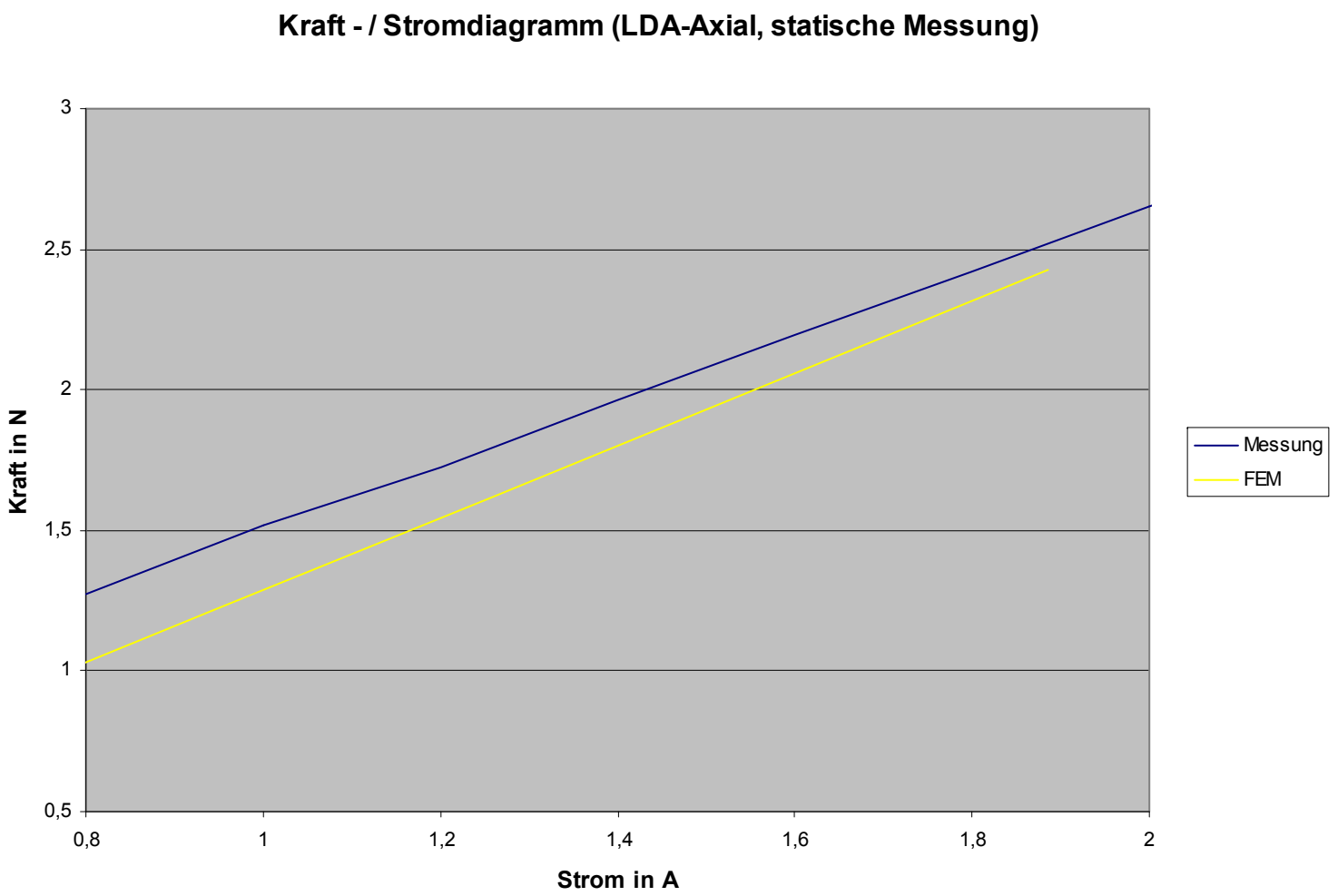
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Kraft- / Wegmessung (Motortyp II, 2 A)



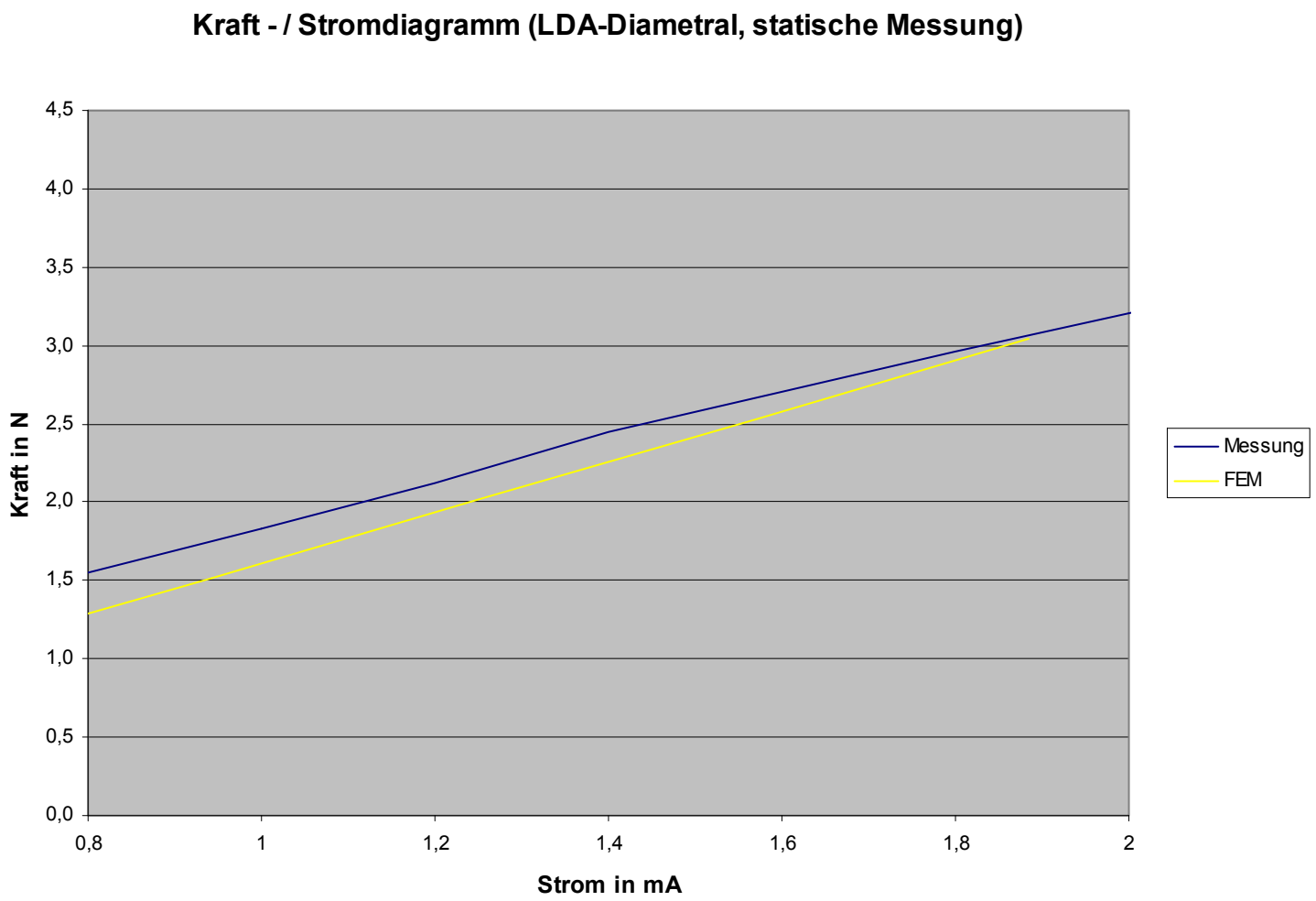
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Kraft- / Strommessung (Motortyp I)



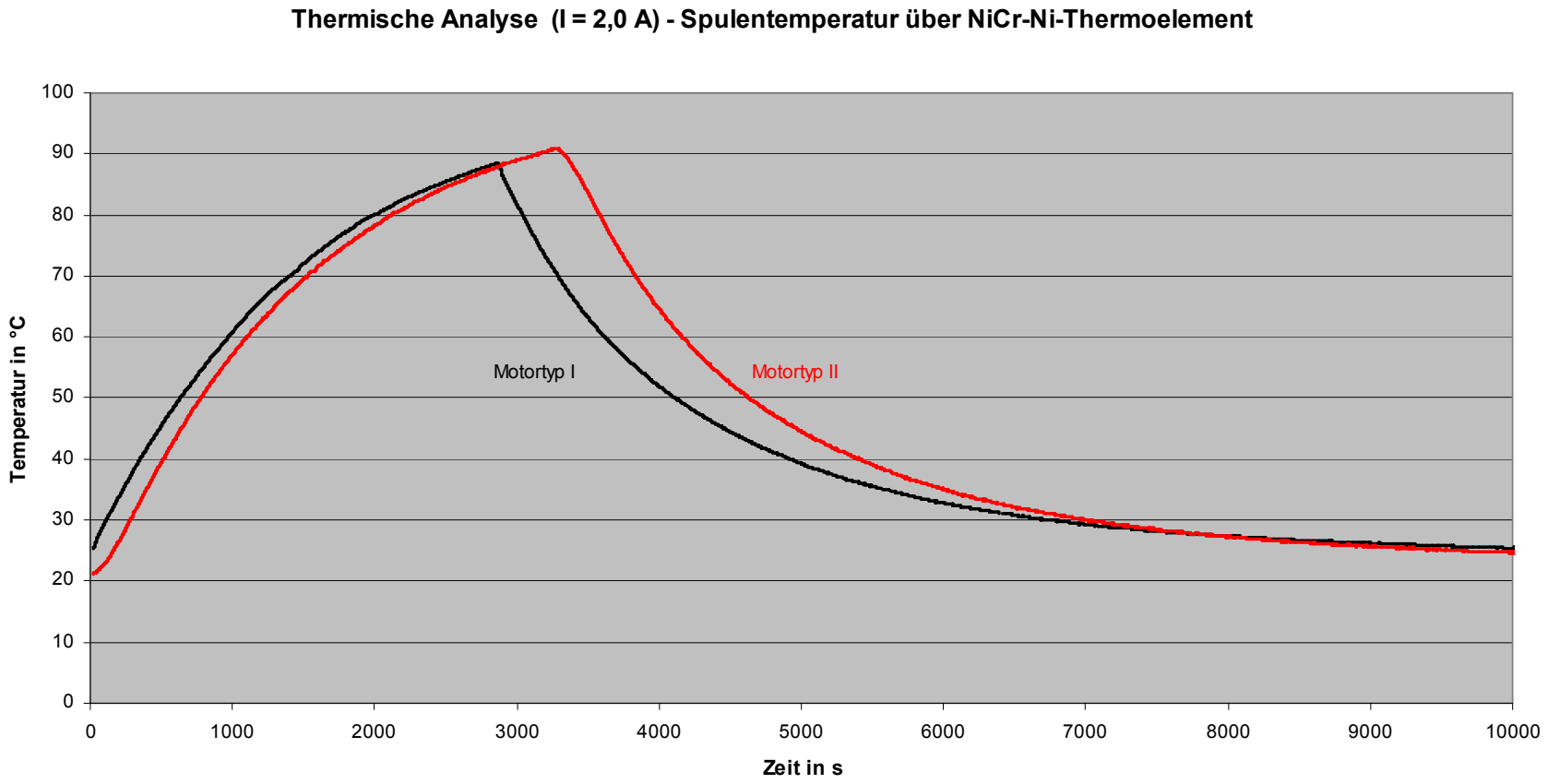
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Kraft- / Strommessung (Motortyp II)



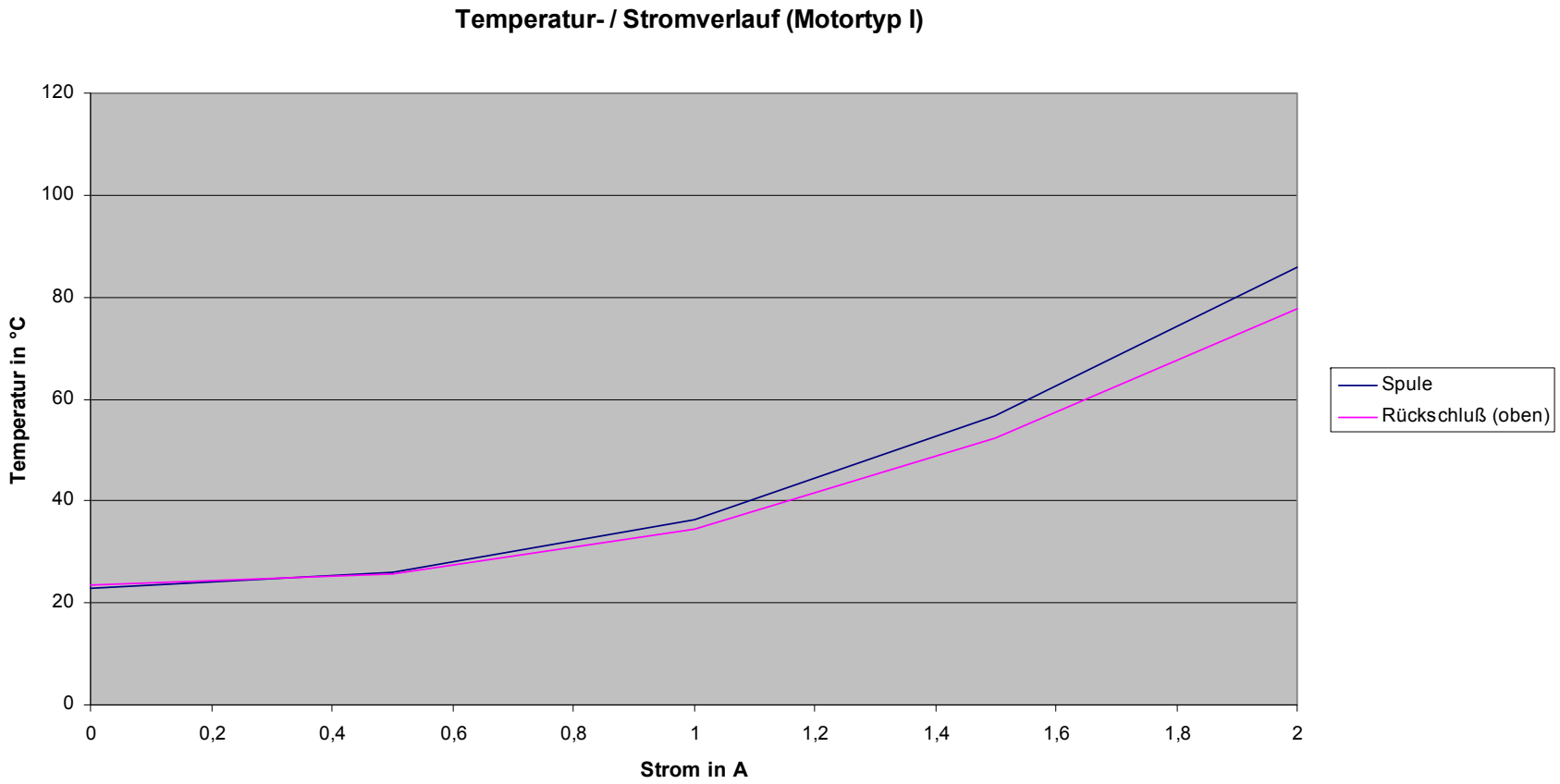
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Thermische Analyse (Zeitverhalten)



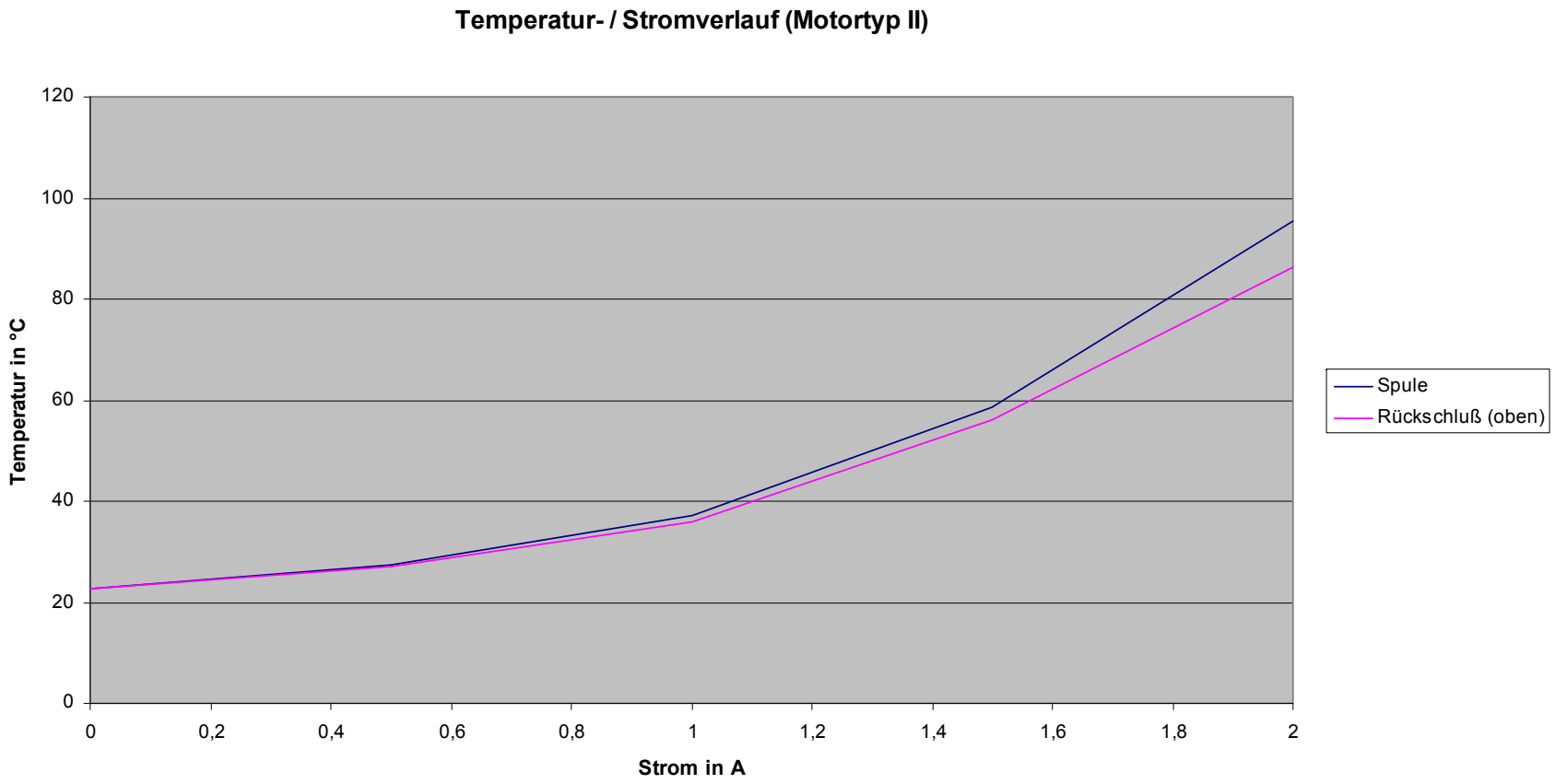
2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Thermische Analyse (axiale Magnetisierung)



2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Thermische Analyse (diametrale Magnetisierung)



2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Technische Motordaten

	Motortyp I	**Motortyp II**
Motordurchmesser	22 mm	22 mm
Motorlänge	190 mm	190 mm
Hub	50 mm	50 mm
Spulensystem	zweisträngig je 20 Teilspulen	zweisträngig je 12 Teilspulen
Zulässige Spulentemperatur	Isolierstoffklasse Y (bis 90 °C)	Isolierstoffklasse Y (bis 90 °C)
Magnetsystem	Wechselpolausführung 9 Flussführungsbereiche	Wechselpolausführung 5 Magnetbereiche
Läufermasse	83,90 g	85,70 g
Einsatztemperatur der Magnete	120 °C	120 °C
Dauerkraft	2,7 N	3,2 N
Kraftkonstante	1,35 N/A	1,6 N/A
Schubkraft ED 20 %	5,9 N	7 N
Schubkraft ED 5 %	11,7 N	14 N

2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Technische Motordaten

	Motortyp I	**Motortyp II**
Thermische Zeitkonstante τ_{th}	842 s	1000 s
Rückschlusstemperatur	… 80 °C	… 90 °C
Abführbare Leistung	10 W	10 W
Elektrische Zeitkonstante τ_{el}	42 µs	103,7 µs
Dauerstrom	2 A	2 A
Ohmscher Widerstand bei 20 °C	1,9 Ω	2,1 Ω
Induktivität	79,6 µH	218,3 µH
max. Beschleunigung im Dauerbetrieb	32,18 m/s²	37,34 m/s²
Geschwindigkeit im Dauerbetrieb	1,27 m/s	1,37 m/s

2014, Dr. Bernd Gundelsweiler

Zusammenfassung

- Anwendungen mit technischen Daten

2014, Dr. Bernd Gundelsweiler