

Aktuelle Entwicklungen in der elektrischen Berechnung und Kühlung von Wasserkraftgeneratoren

Georg Traxler-Samek
6. Juni 2008

POWER SYSTEMS |

ALSTOM

ALSTOM Hydro



Generator – Technologiezentrum Standorte Generatoren



Generator – Technologiezentrum Mitarbeiter



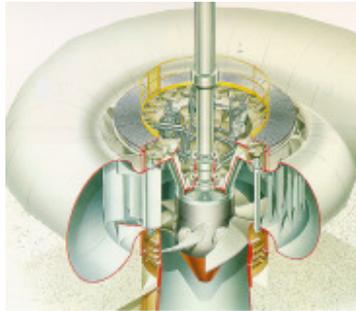
Generator – Technologiezentrum Kompetenzen Standardmaschinen

Rohrturbine



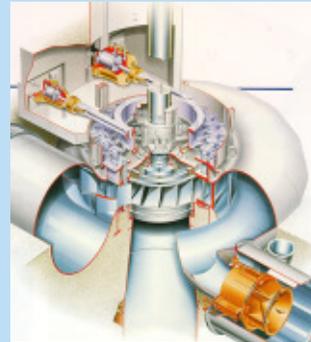
Bildquelle: Kvaerner

Kaplanturbine



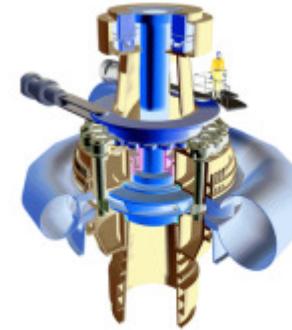
Bildquelle: Kvaerner

Francisturbine

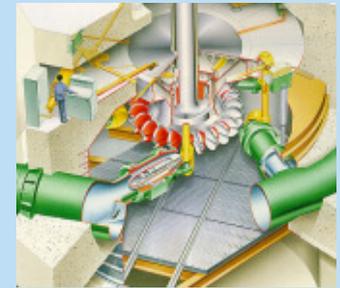


Bildquelle: Kvaerner

Pumpturbine

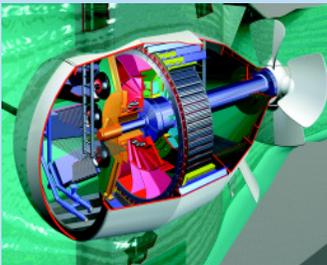


Peltonurbine



Bildquelle: Kvaerner

Langsamläufer



Langsamläufer



**Mittelschnell-
Läufer**



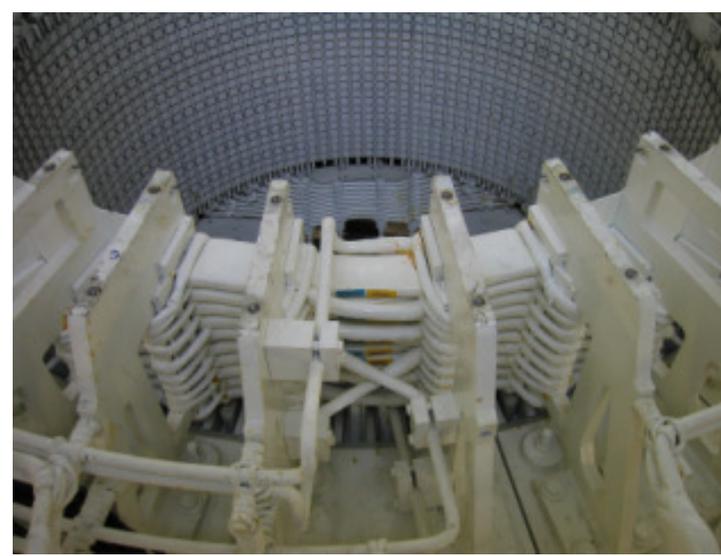
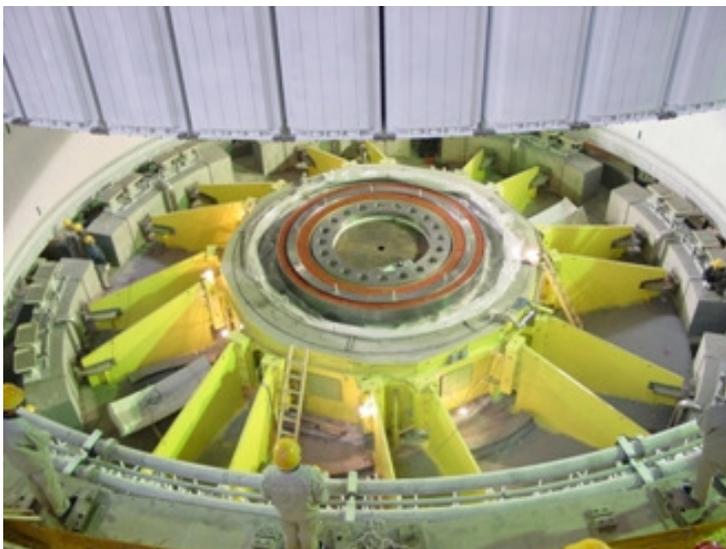
Motorgenerator



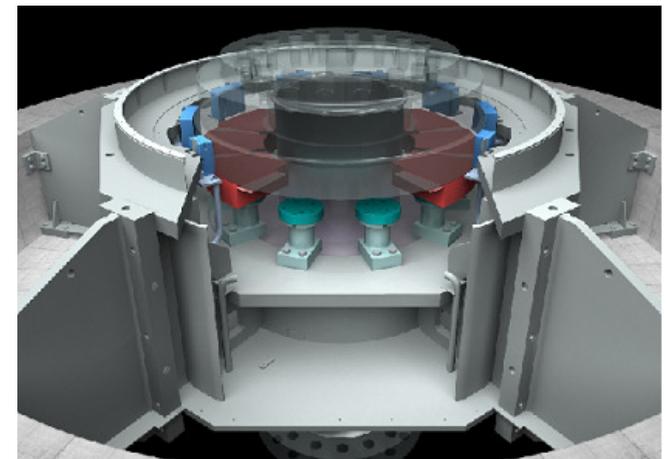
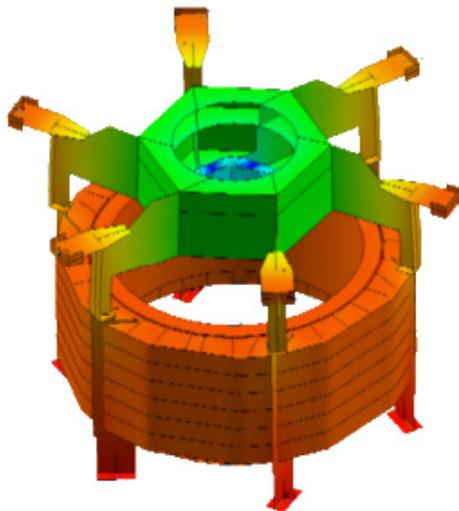
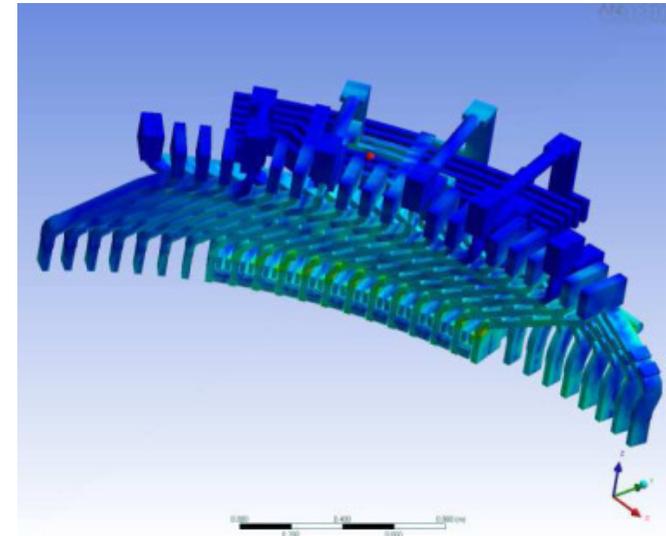
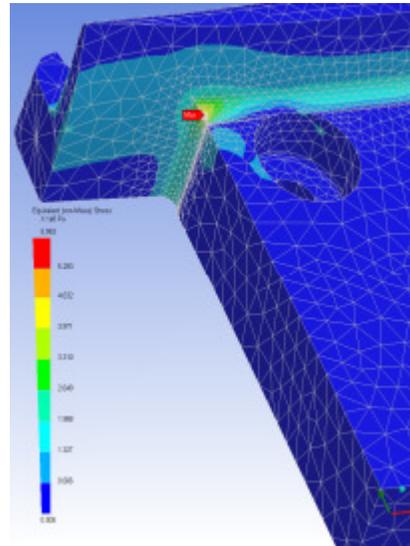
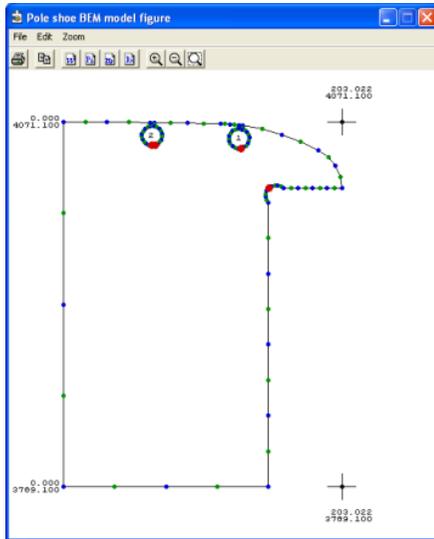
Schnellläufer



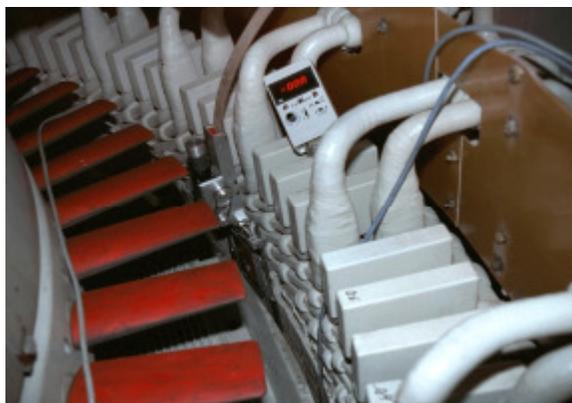
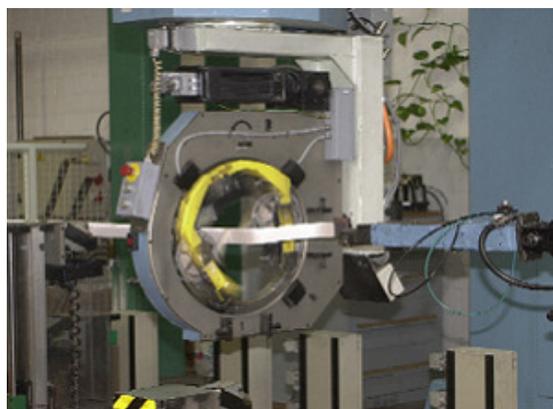
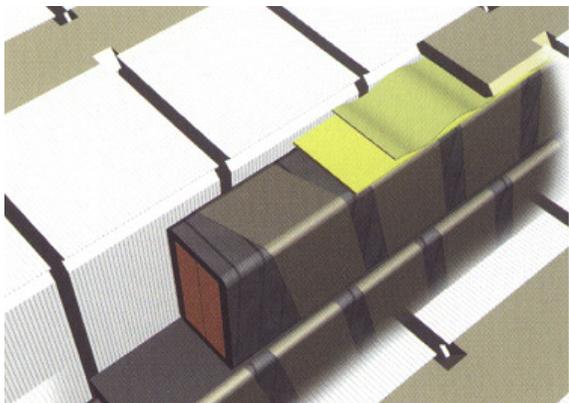
Generator – Technologiezentrum Kompetenzen Sondermaschinen



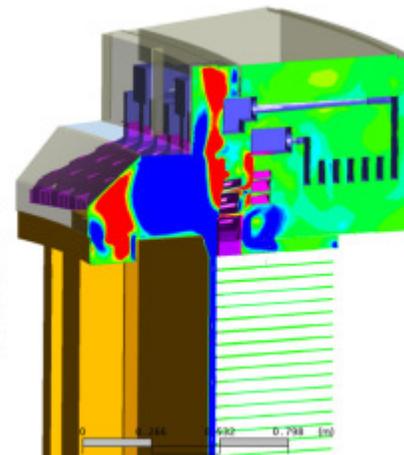
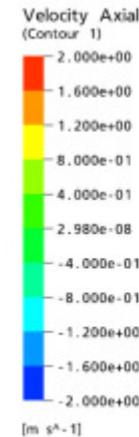
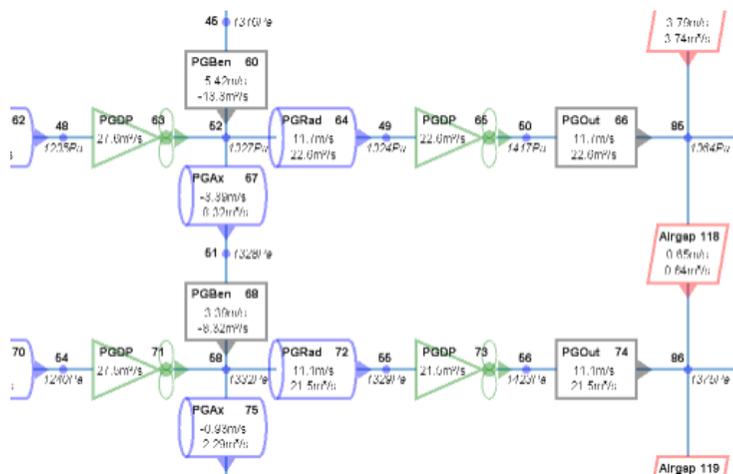
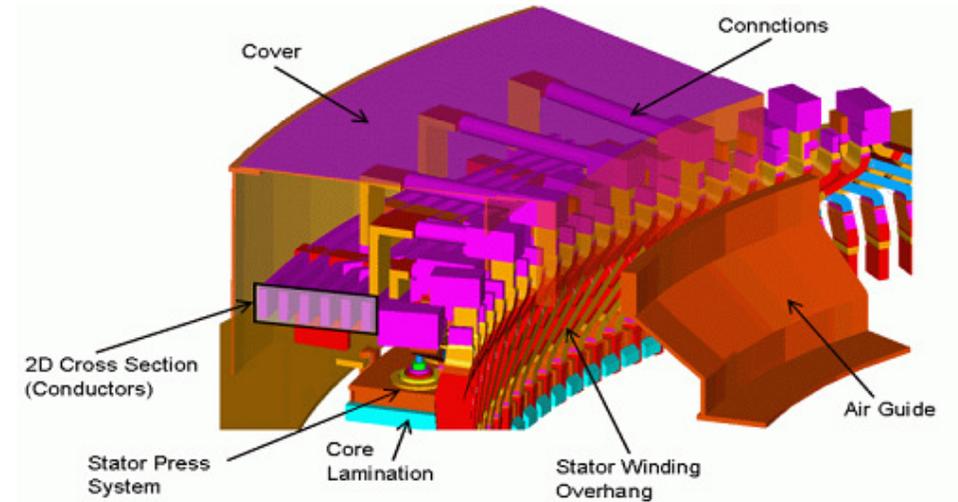
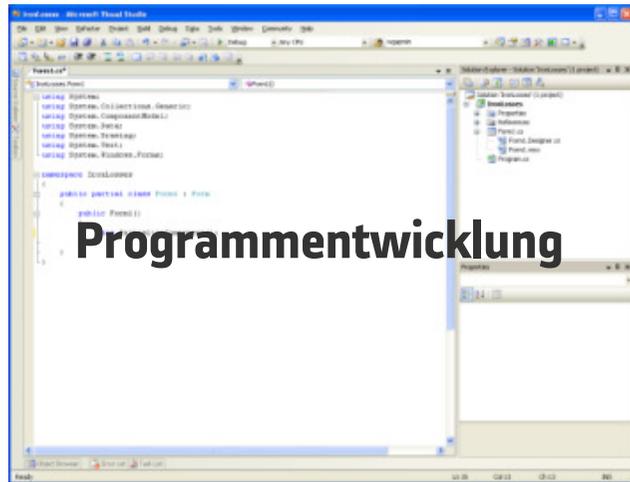
Generator – Technologiezentrum Mechanische Berechnung



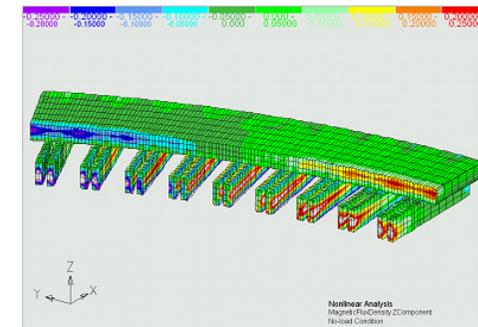
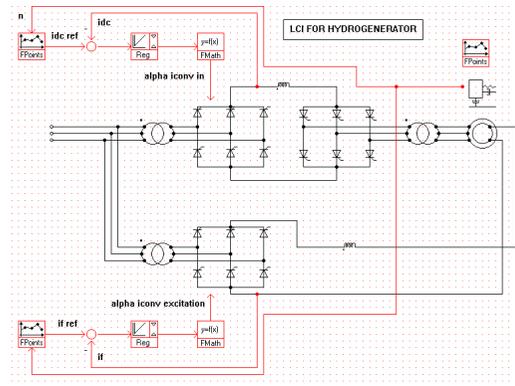
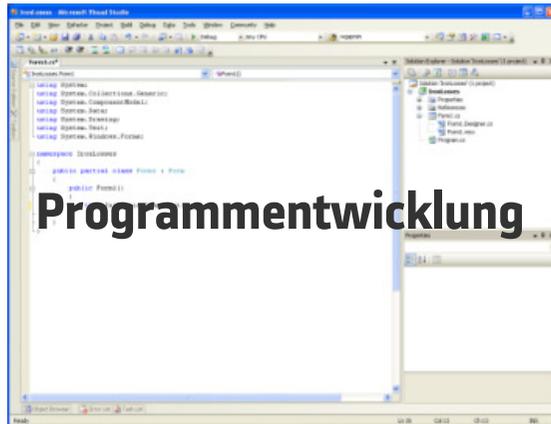
Generator – Technologiezentrum Isolationstechnologie



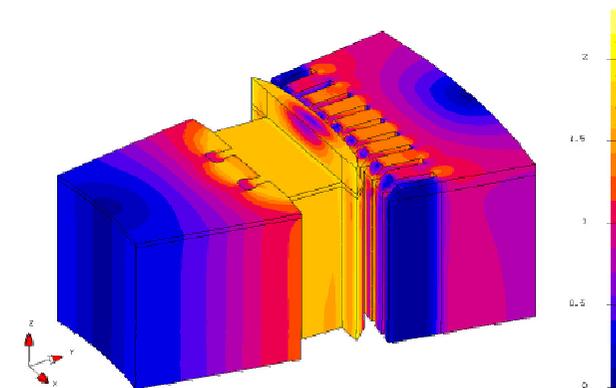
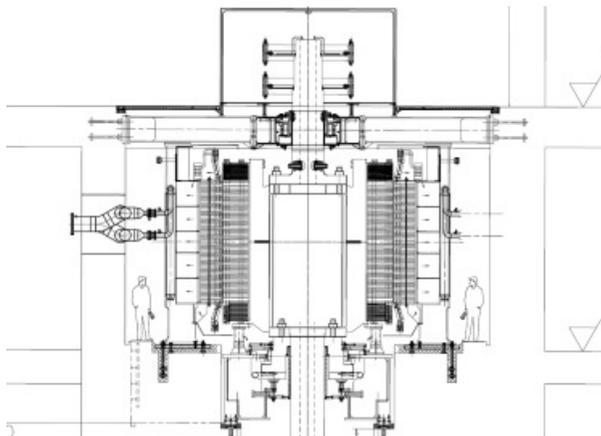
Generator – Technologiezentrum Kühlungsberechnung



Generator – Technologiezentrum Elektrische Berechnung



$$\begin{aligned}\nabla \times \mathbf{E} &= -\partial_t \mathbf{B}, \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0, \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \partial_t \mathbf{D}, \\ \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho,\end{aligned}$$



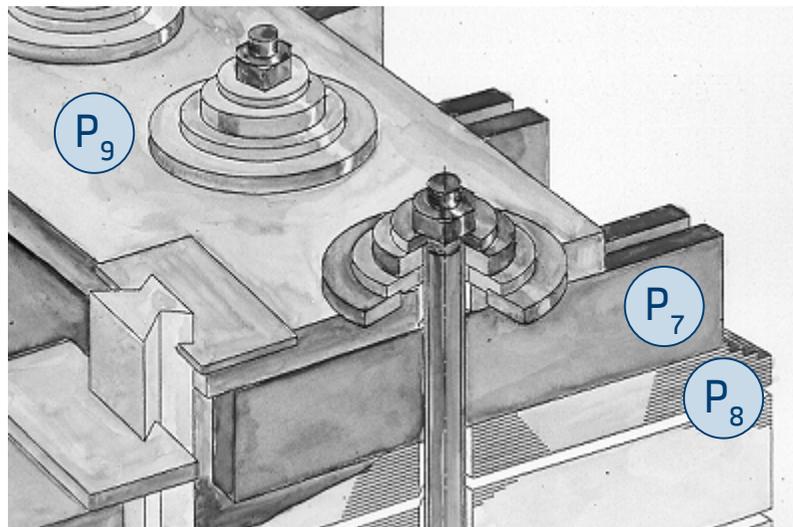
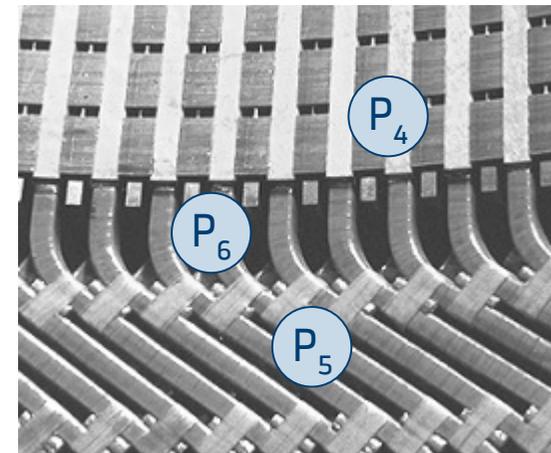
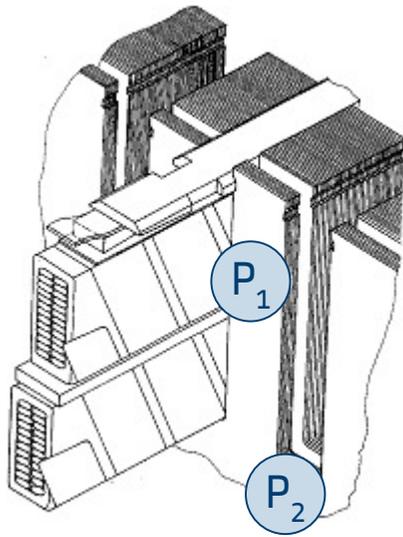
Optimierung der Leerlauf – Verlustberechnung



**Optimierung der
Leerlauf-Verlustberechnung
(„Eisenverluste“)**

Optimierung der Leerlauf – Verlustberechnung

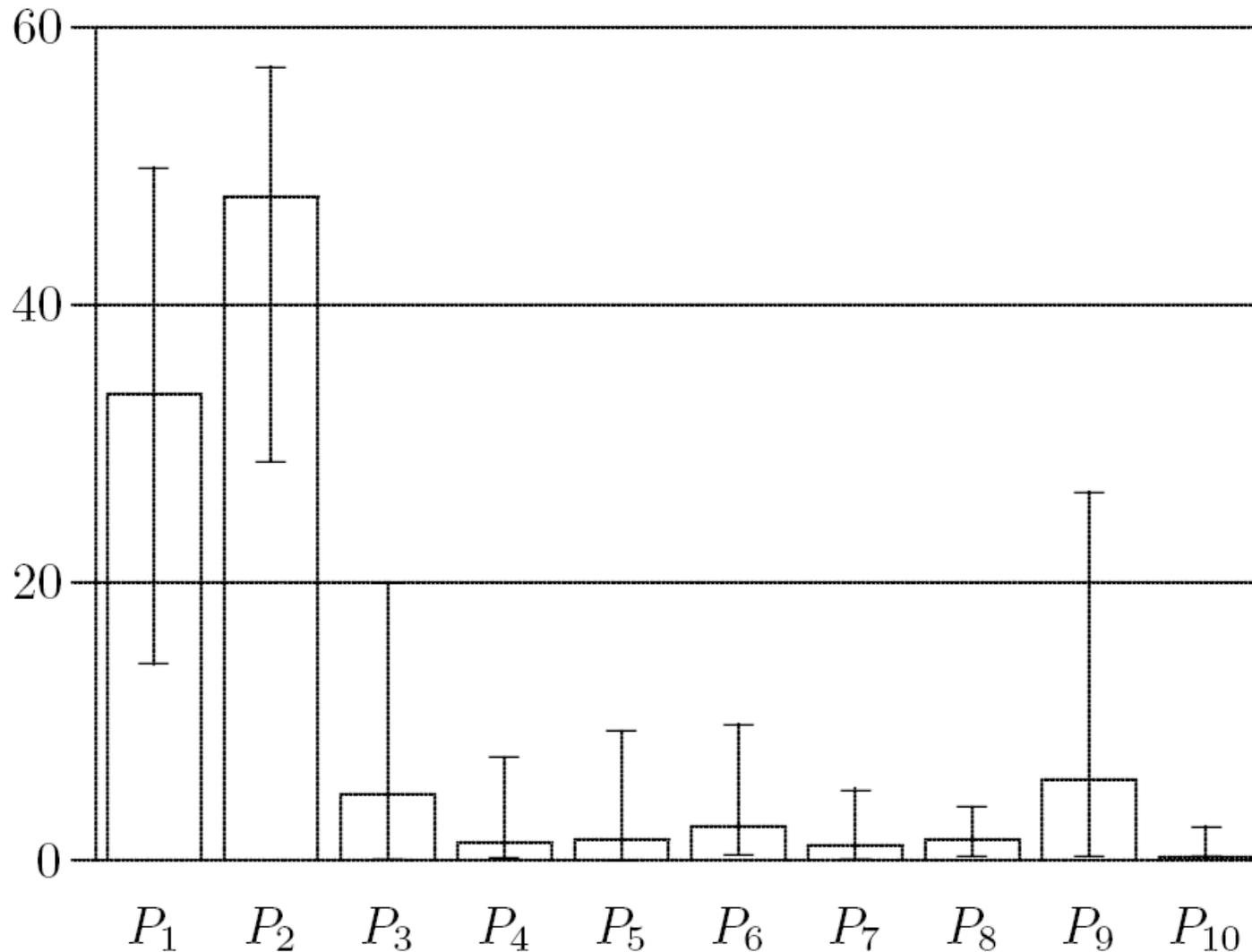
Verlustanteile



Optimierung der Leerlauf – Verlustberechnung

Wichtigkeit der Verlustanteile

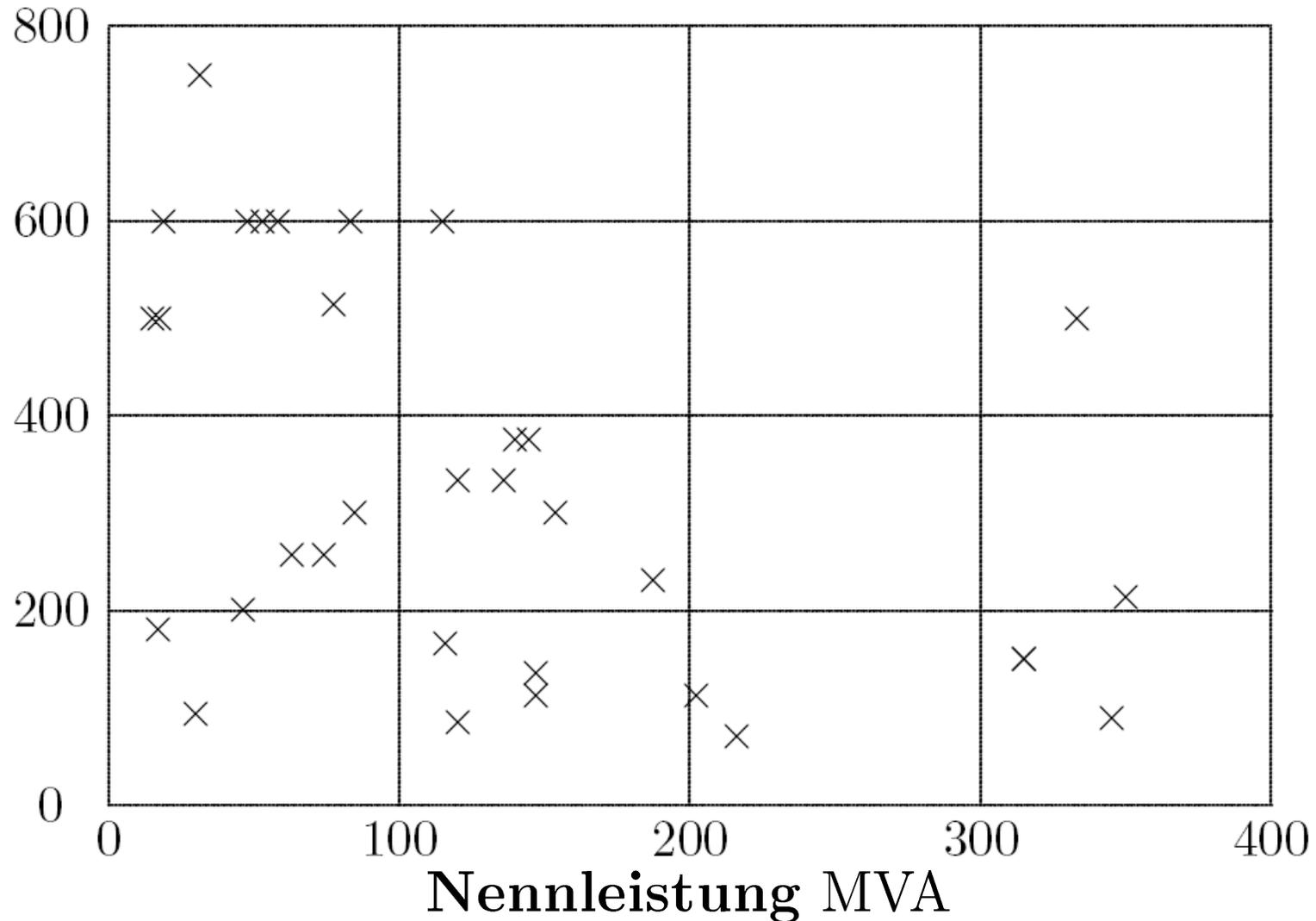
Wichtigkeit der Verluste (%)



Optimierung der Leerlauf – Verlustberechnung

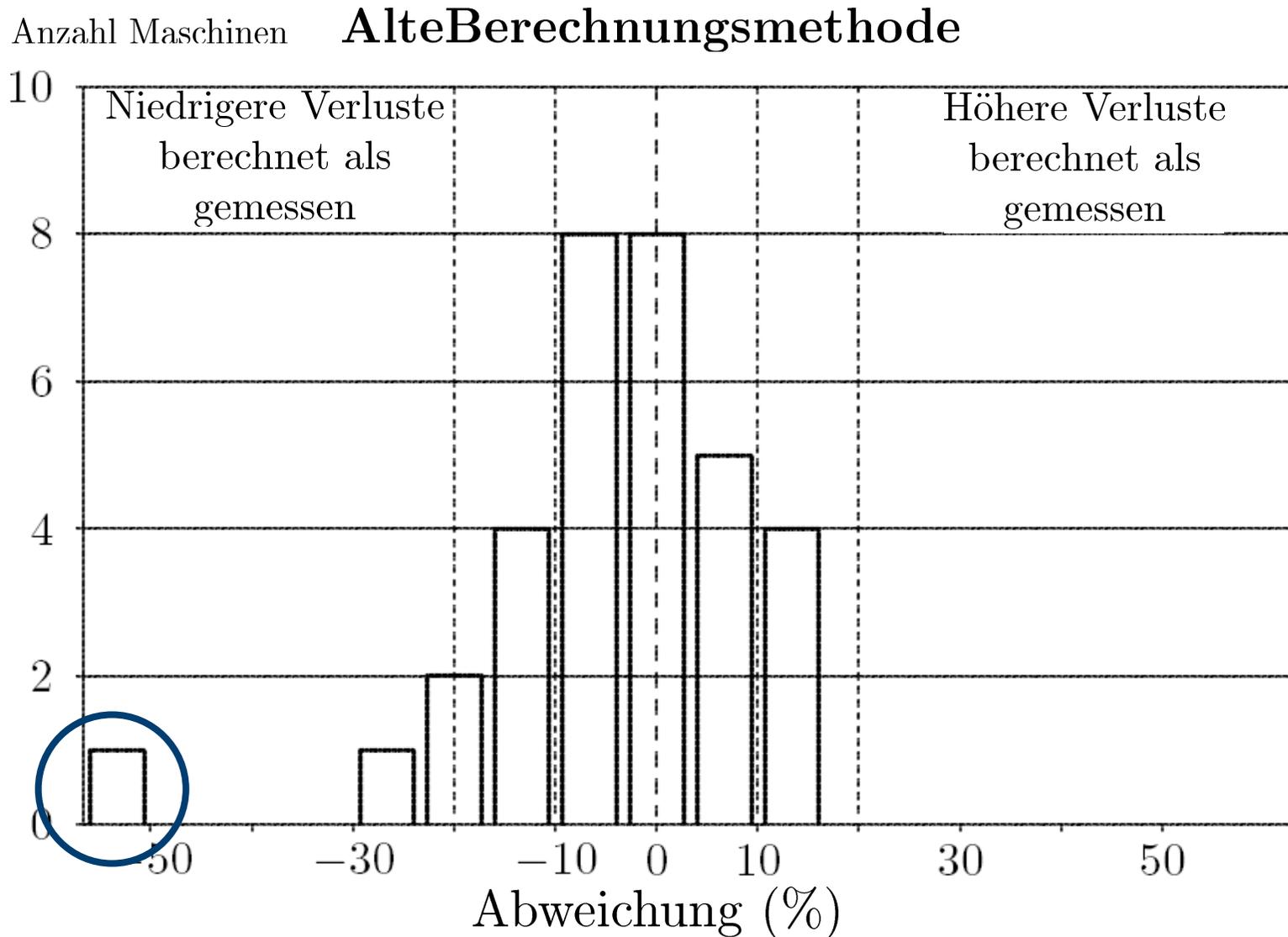
Untersuchte Bandbreite der Maschinen

Drehzahl U/min



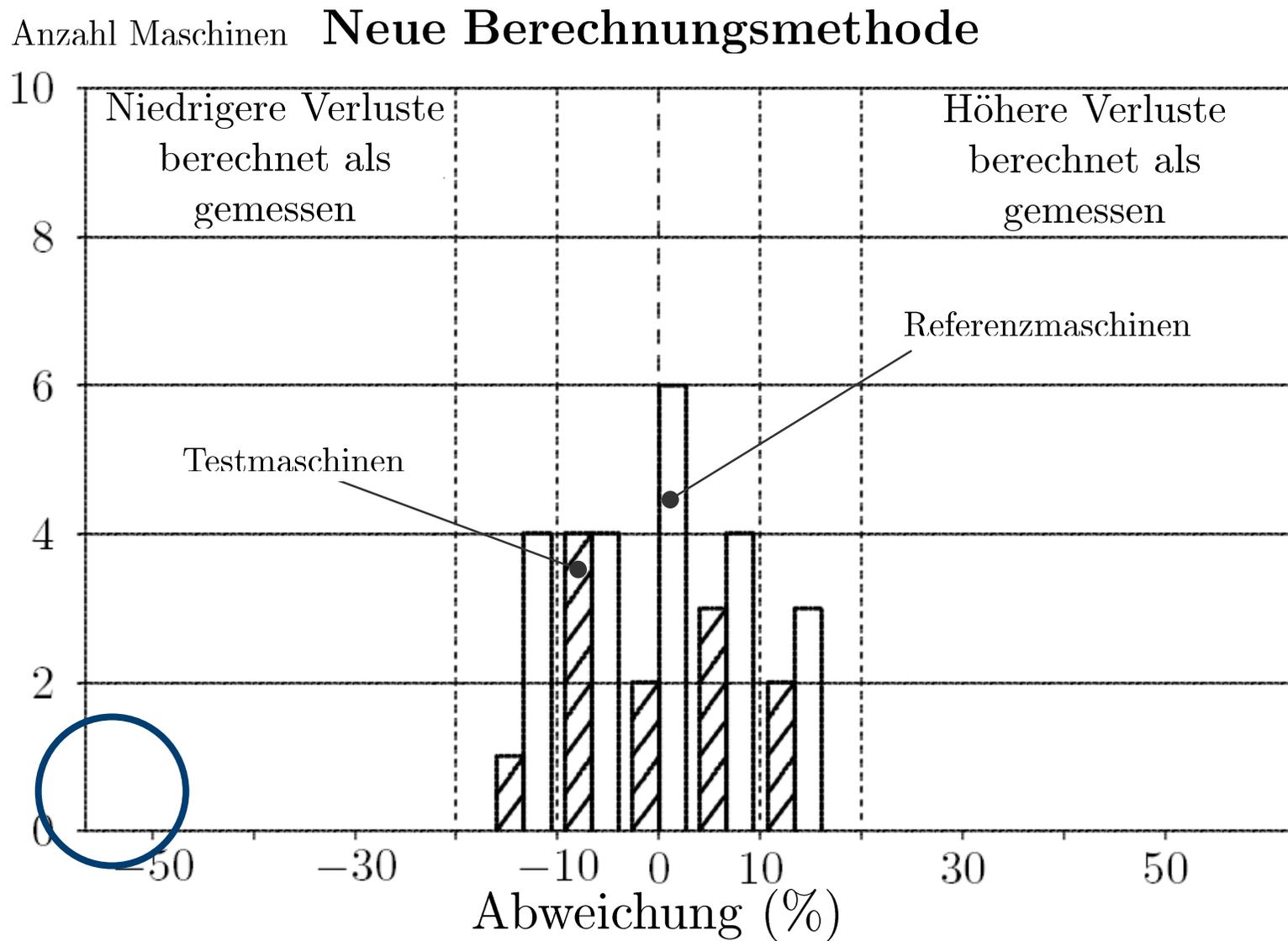
Optimierung der Leerlauf – Verlustberechnung

Alte Berechnung: Abweichung Berechnung – Messung



Optimierung der Leerlauf – Verlustberechnung

Neue Berechnung: Abweichung Berechnung – Messung

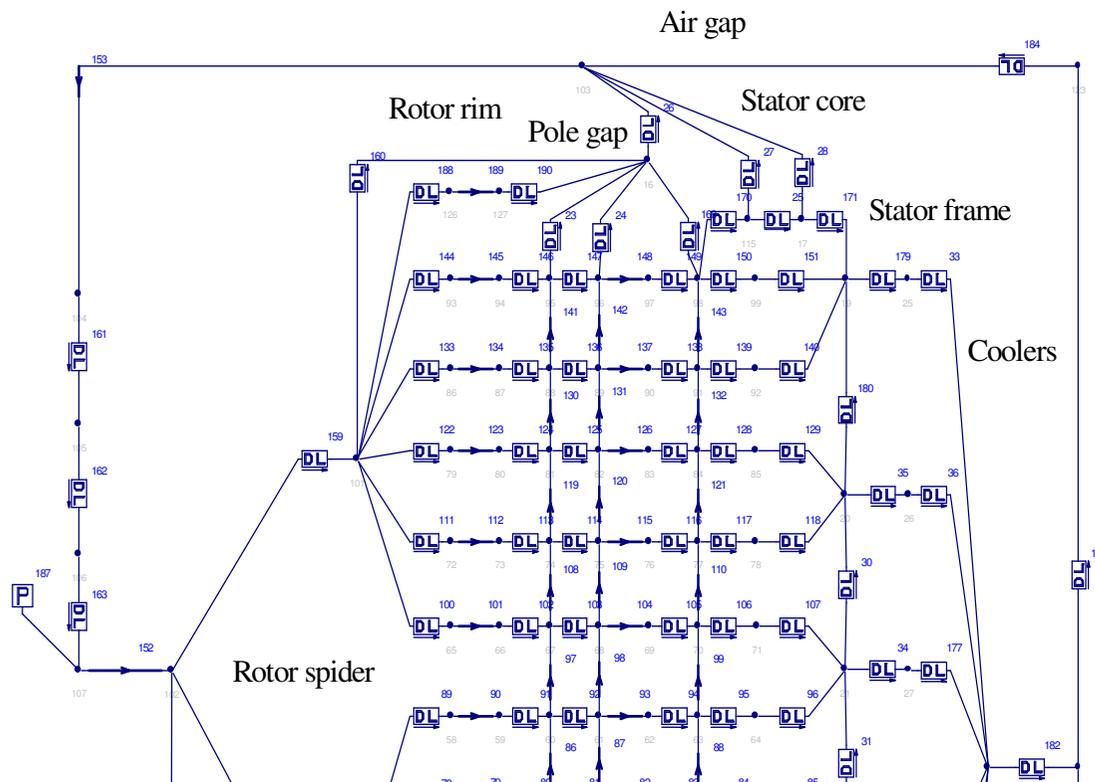




**Berechnung der
Erwärmungen bei verschiedenen
Betriebszuständen**

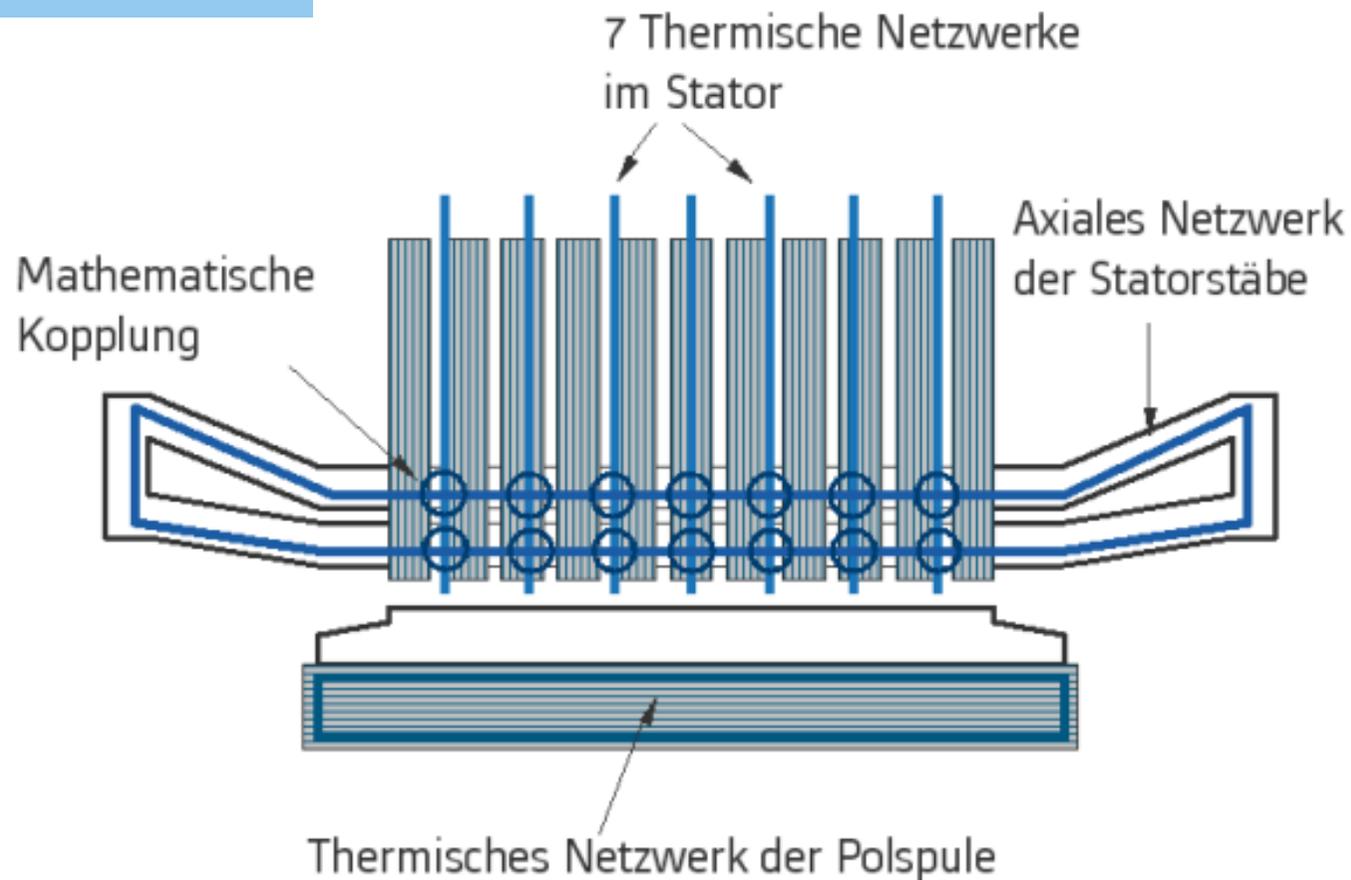
Erwärmungsberechnung Neues Berechnungsverfahren - Strömungsnetzwerk

1. Strömungsnetzwerk



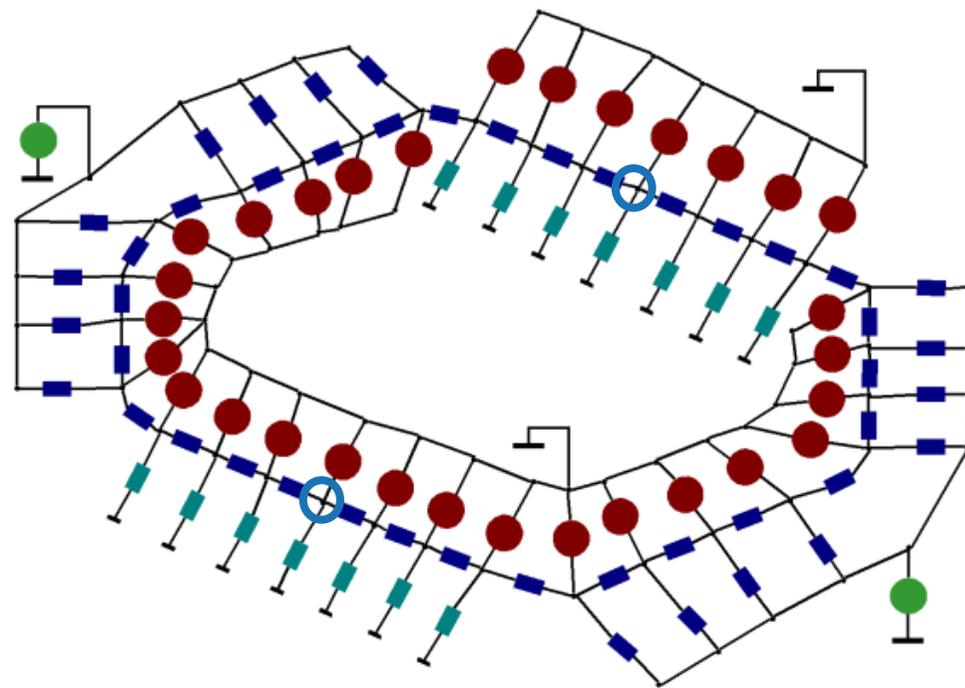
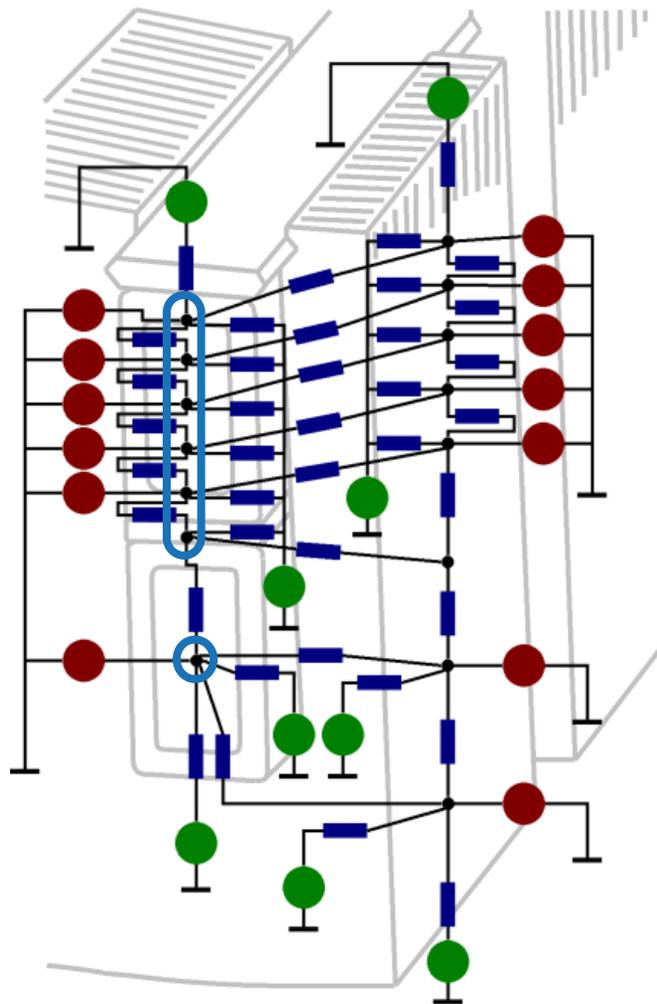
Erwärmungsberechnung Neues Berechnungsverfahren – Thermische Netzwerke

2. Thermische Netzwerke



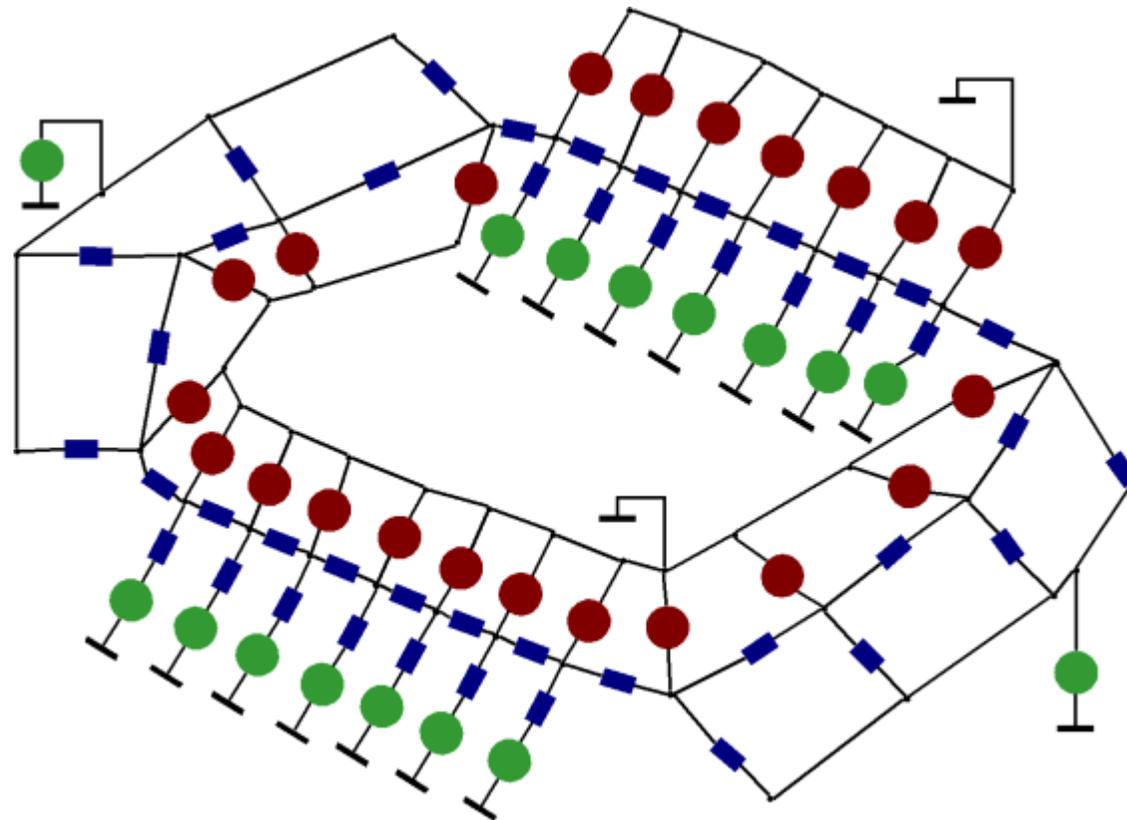
Erwärmungsberechnung

Neues Berechnungsverfahren – Statornetzwerke



● Verlustquelle (W) ● Temperatur (K) ■ Widerstand (K/W)

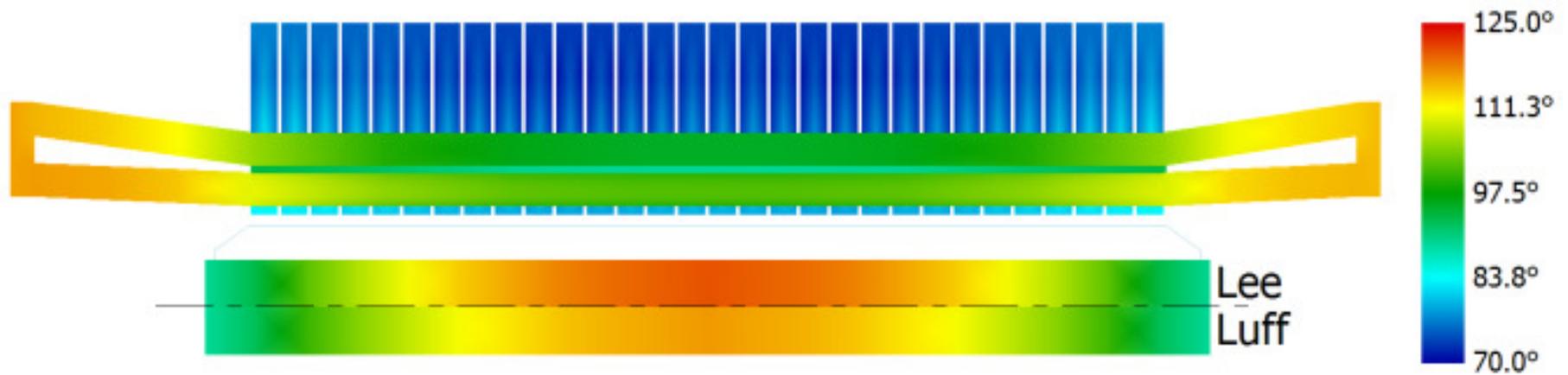
Erwärmungsberechnung Neues Berechnungsverfahren – Rotornetzwerk



—●— Verlustquelle (W) —●— Temperatur (K) —■— Widerstand (K/W)

Erwärmungsberechnung

Berechnungsergebnisse



Kräfteberechnung im Wickelkopf

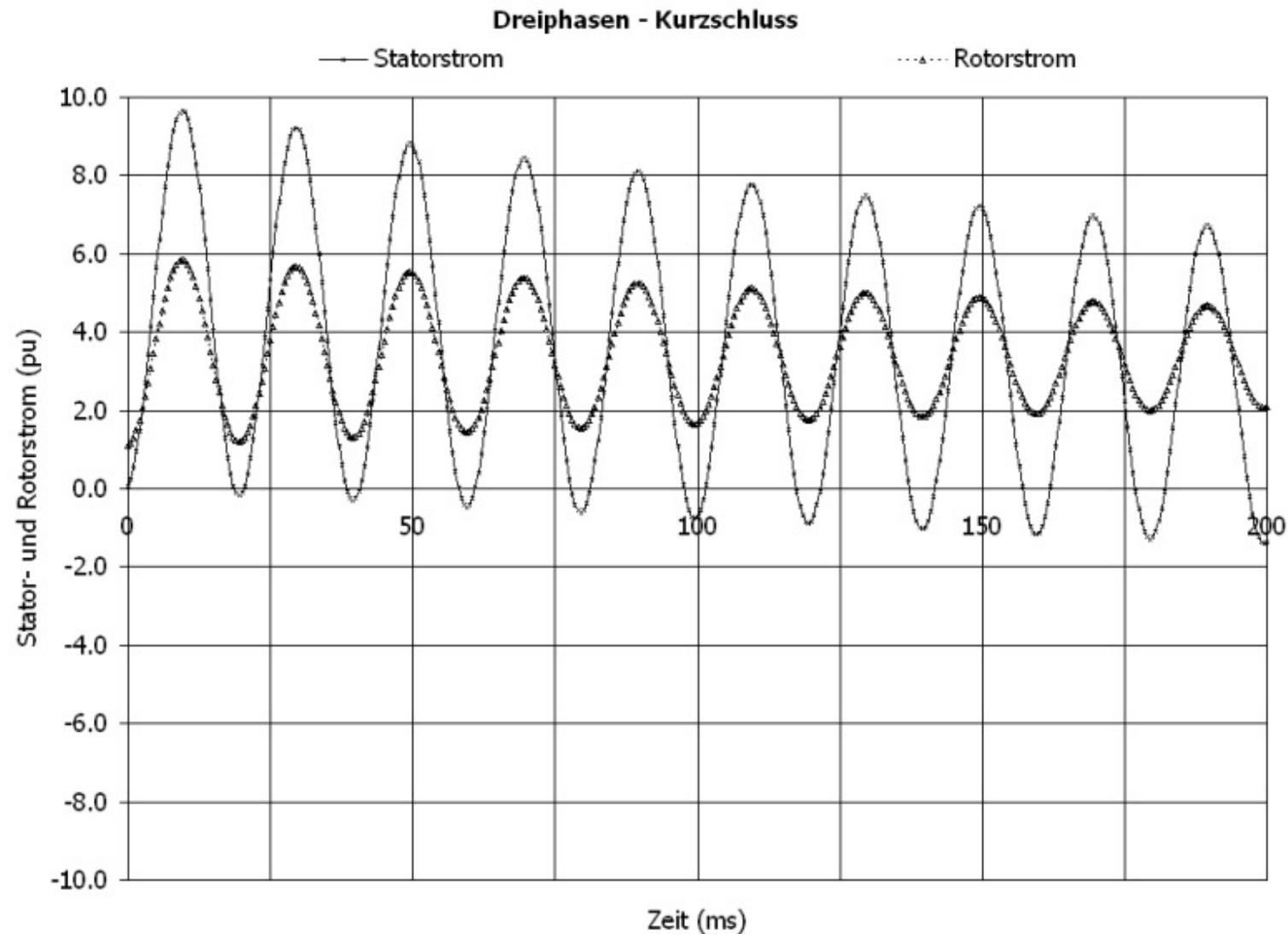


**Berechnung der
Kräfte in den Wickelköpfen
der Statorwicklung**

Kräfteberechnung im Wickelkopf Wickelkopf – Abstützungssystem

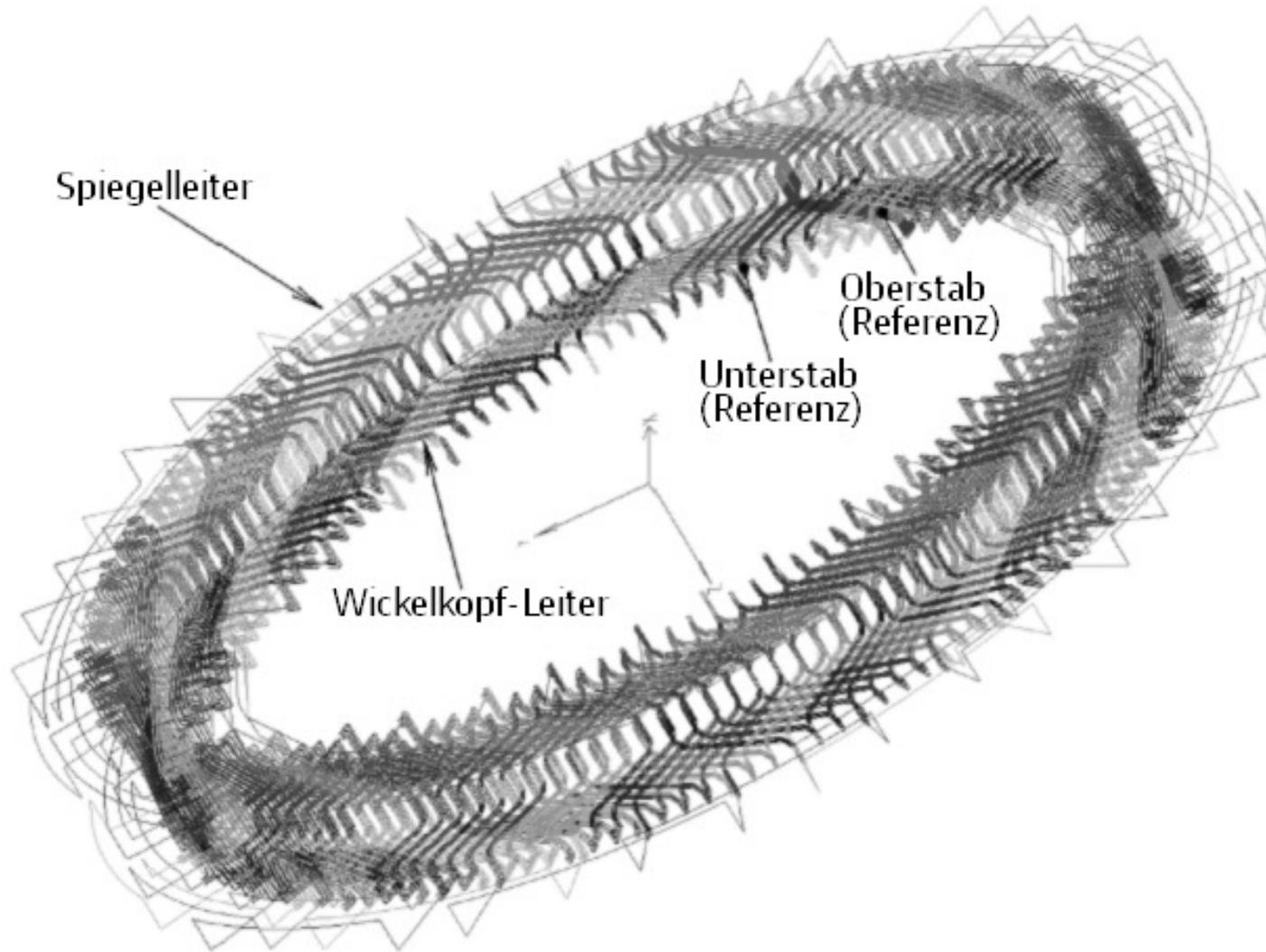


Kräfteberechnung im Wickelkopf Kurzschlussberechnung – Simulation



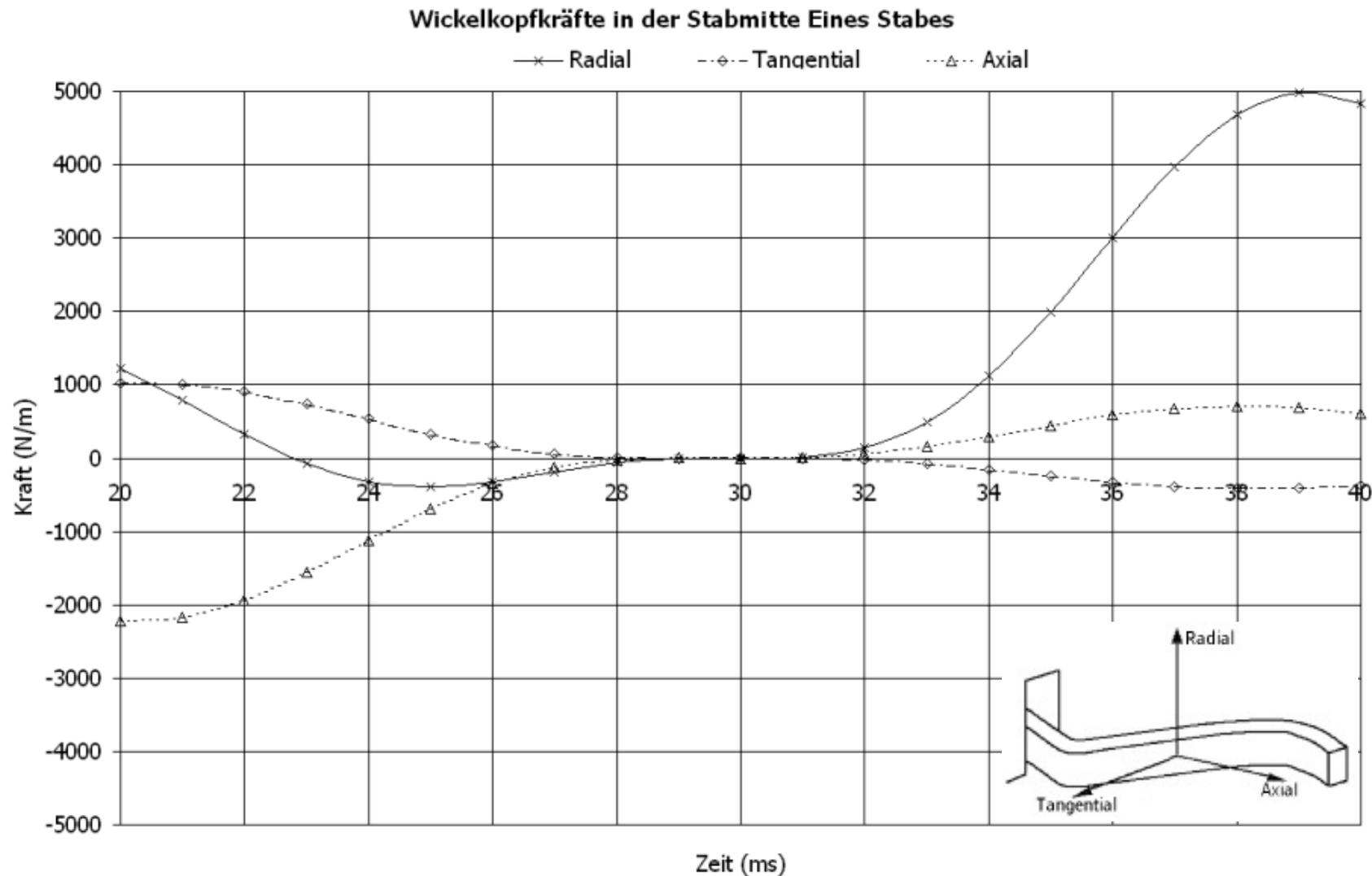
Kräfteberechnung im Wickelkopf

Biot-Savart Feld- und Kräfteberechnung

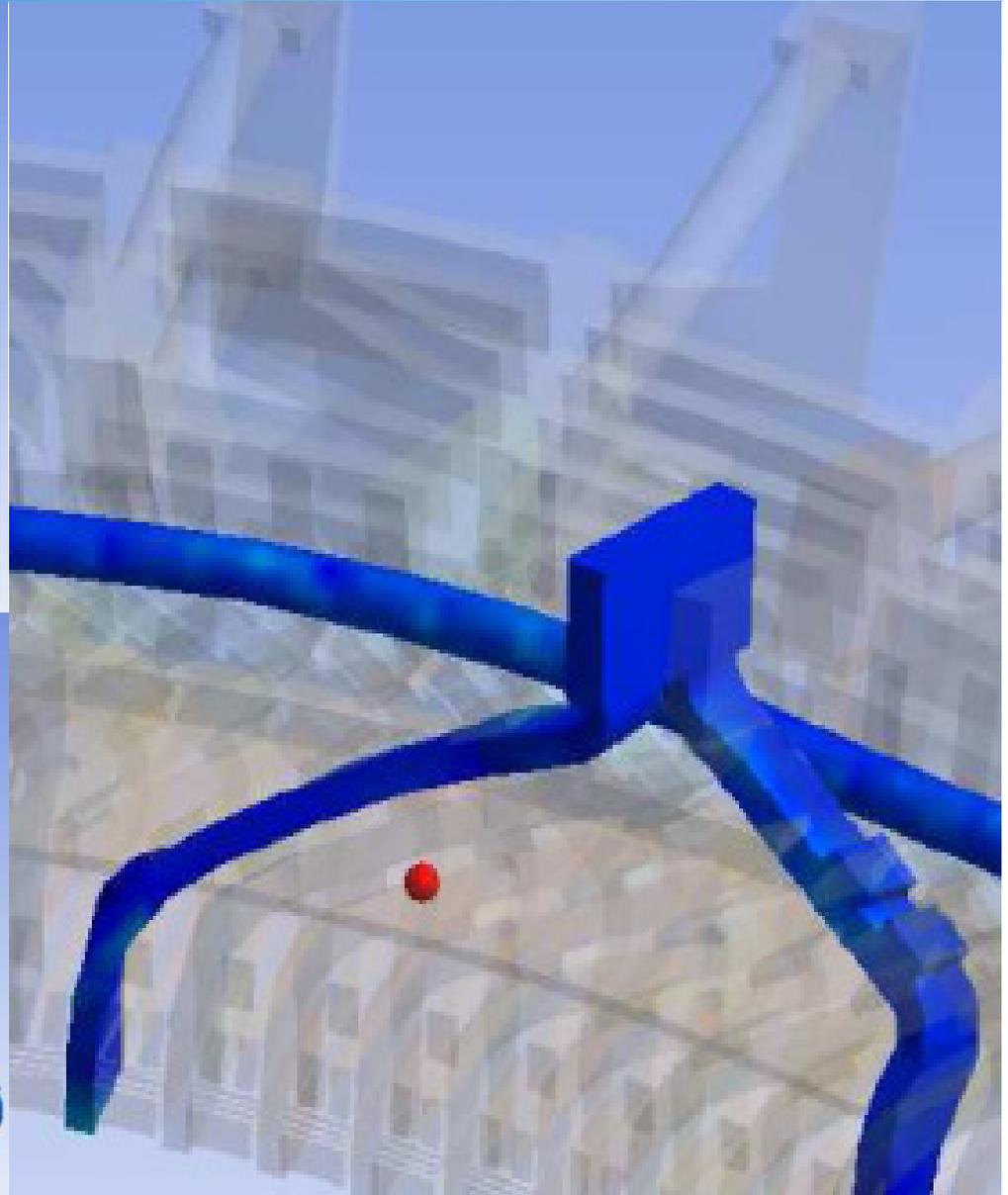
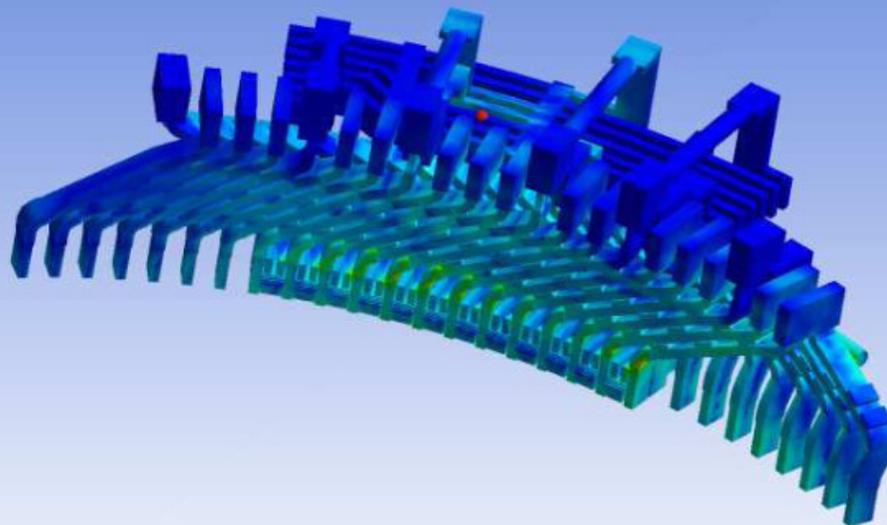
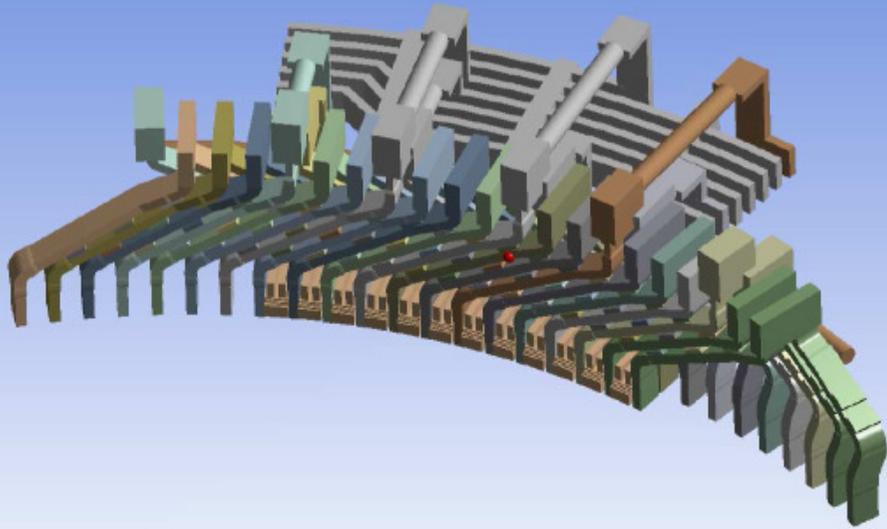


Kräfteberechnung im Wickelkopf

Zeitlicher Verlauf der Stabkräfte



Kräfteberechnung im Wickelkopf Mechanische Verformungsberechnung



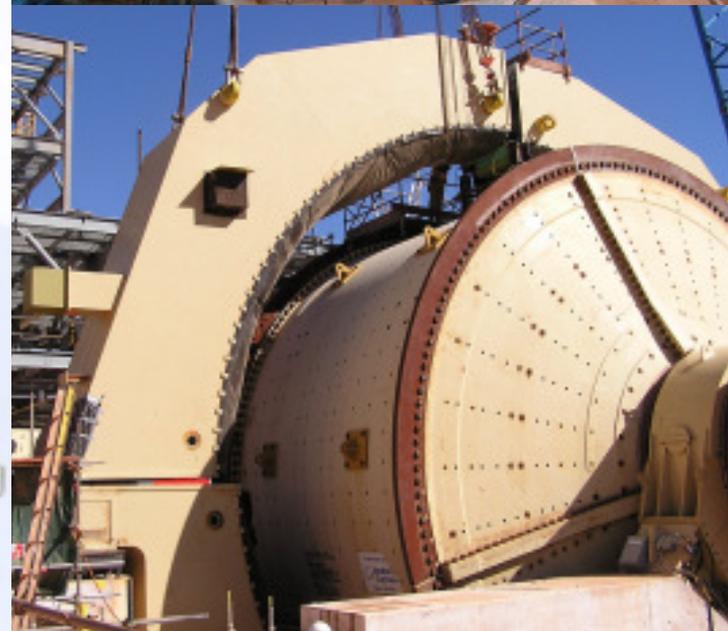
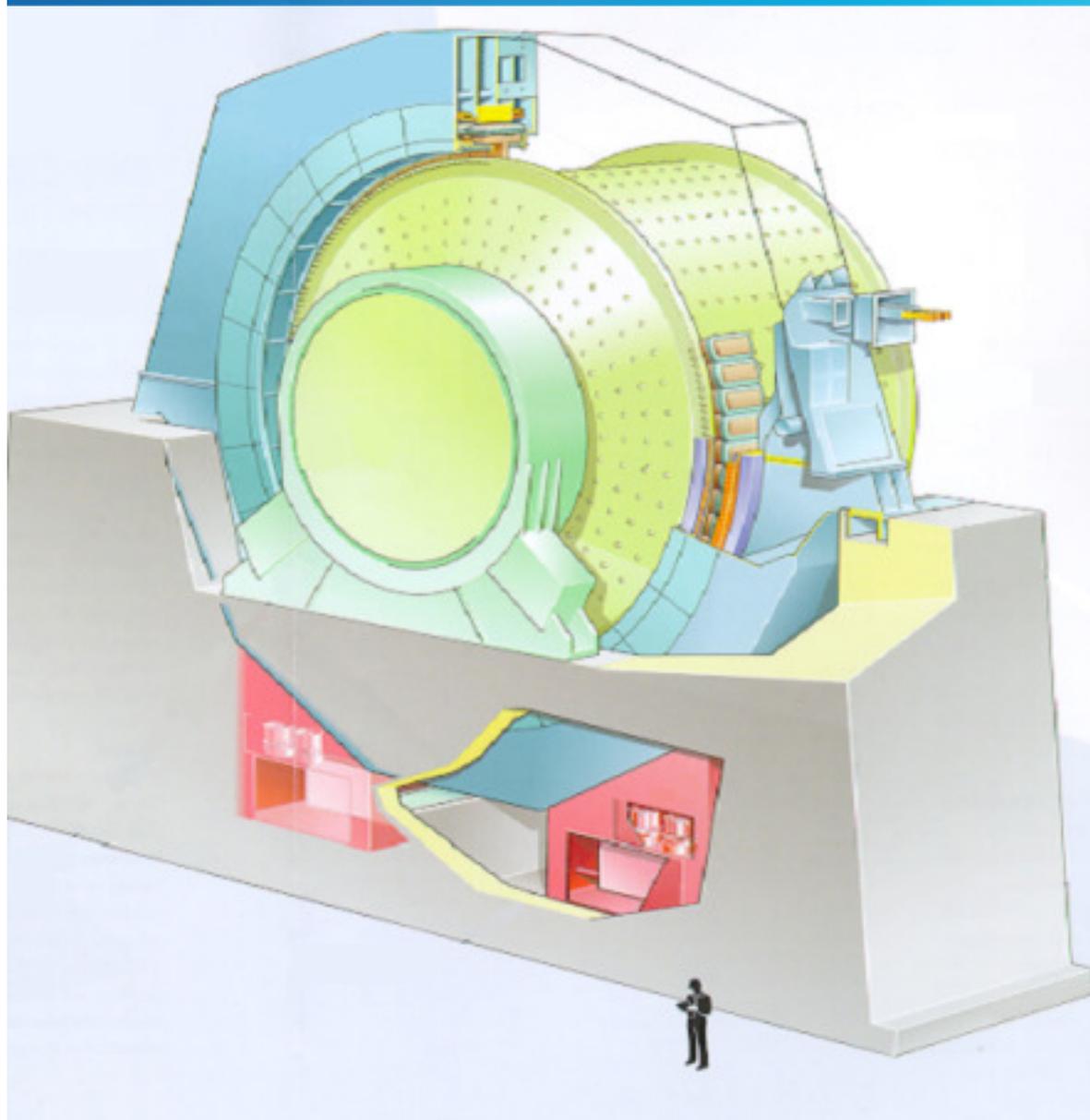
Unterverdrillung in getriebelosen Mühlenmotoren



**Unterverdrillung in
getriebelosen Mühlenmotoren**

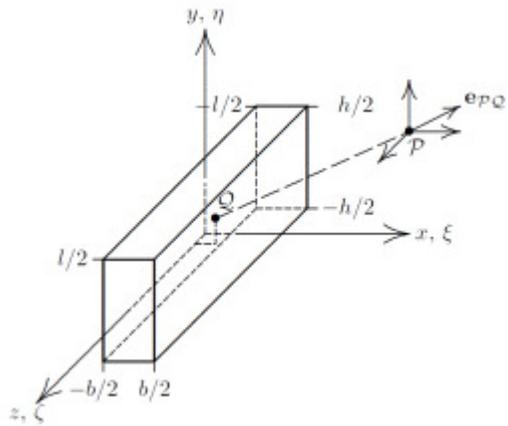
Unterverdrillung in getriebelosen Mühlenmotoren

Getriebelose Mühlenmotoren

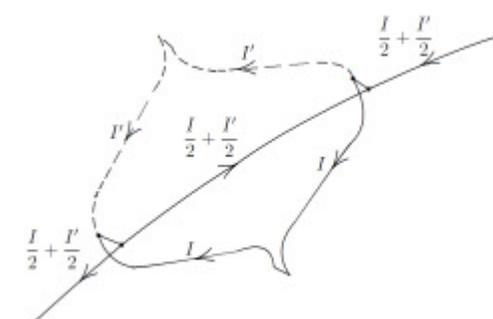
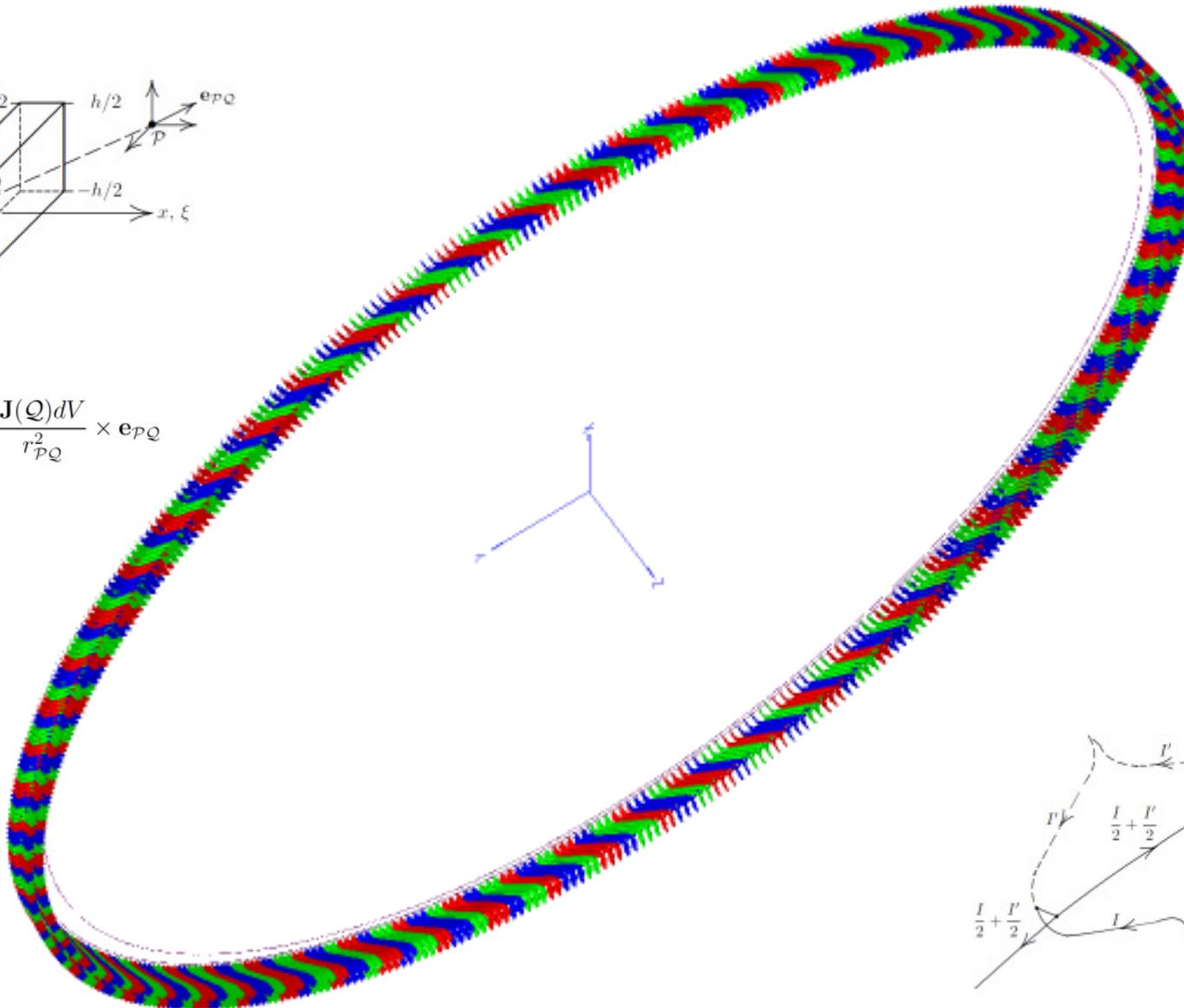


Unterverdrillung in getriebelosen Mühlenmotoren

3D – Biot-Savart Berechnung des Wickelkopffeldes

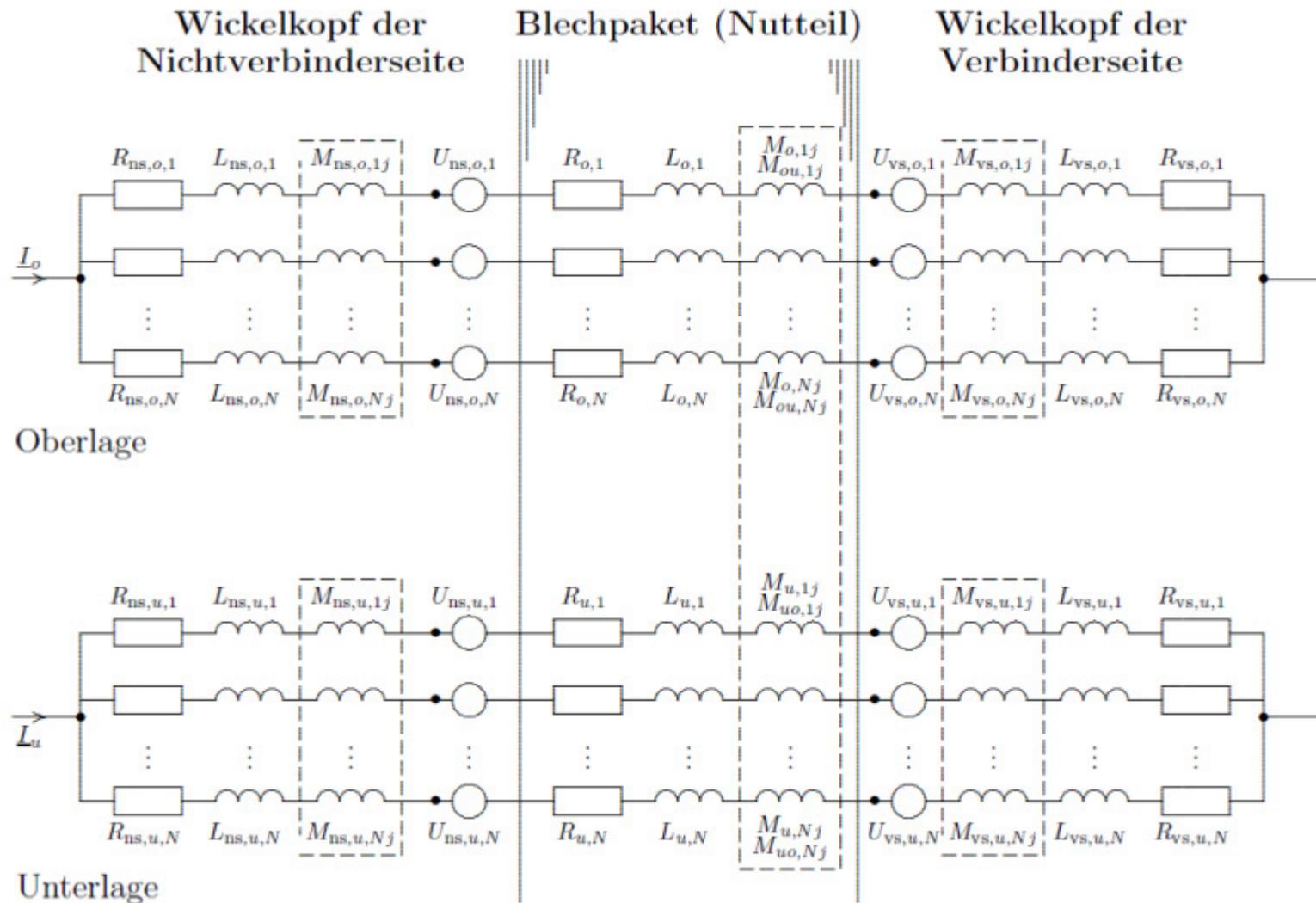


$$\mathbf{B}(\mathcal{P}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\mathbf{J}(\mathcal{Q})dV}{r_{\mathcal{P}\mathcal{Q}}^2} \times \mathbf{e}_{\mathcal{P}\mathcal{Q}}$$



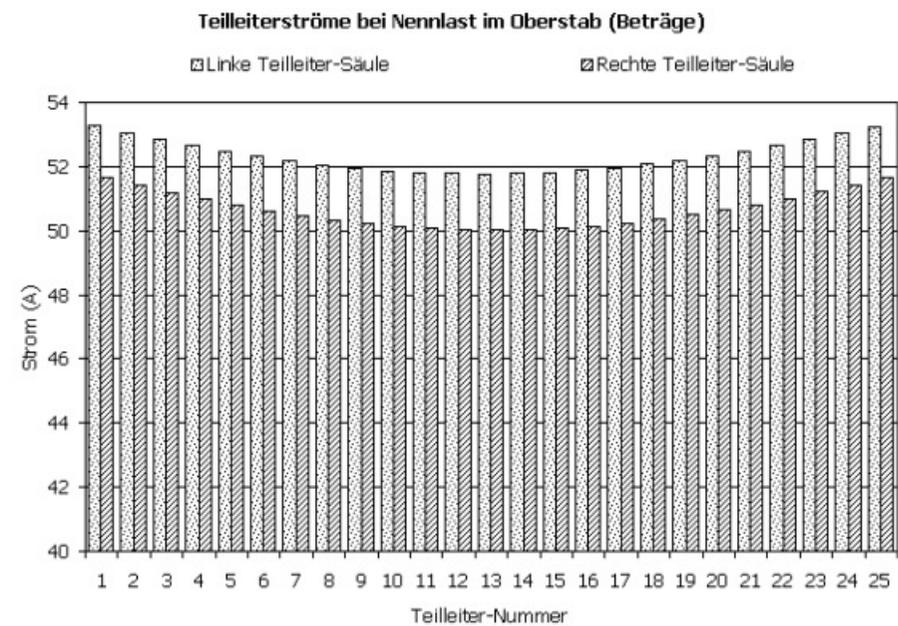
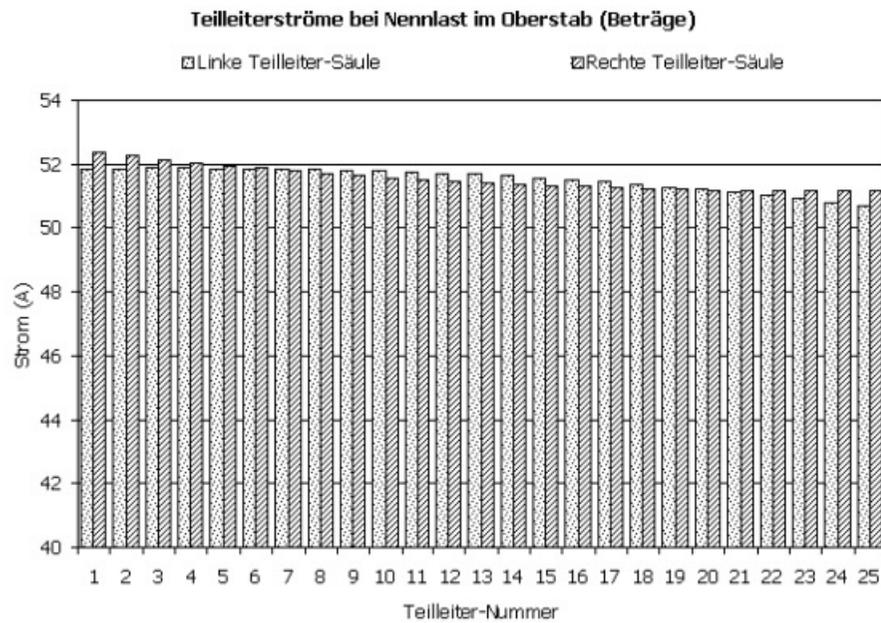
Unterverdrillung in getriebelosen Mühlenmotoren

Netzwerkmodell zur Berechnung der Schlingströme



Unterverdrillung in getriebelosen Mühlenmotoren

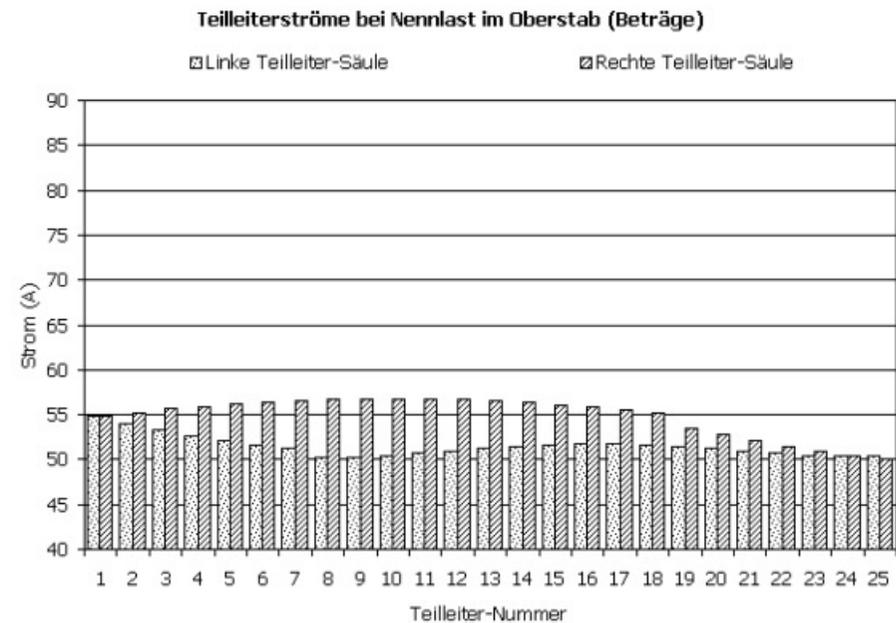
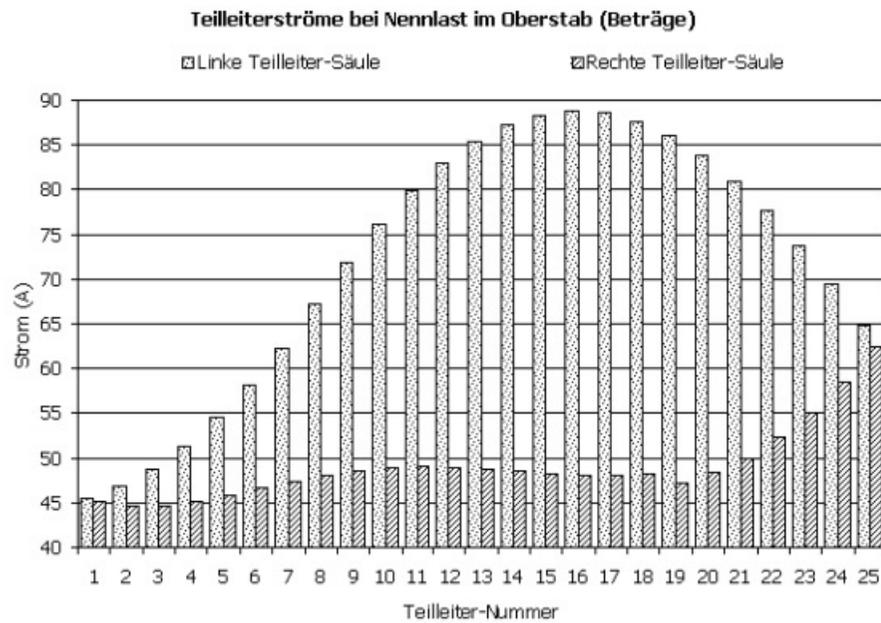
Stabströme bei 360°-Verdrillung



Schlingstromverluste der gesamten Maschine: 850 W

Unterverdrillung in getriebelosen Mühlenmotoren

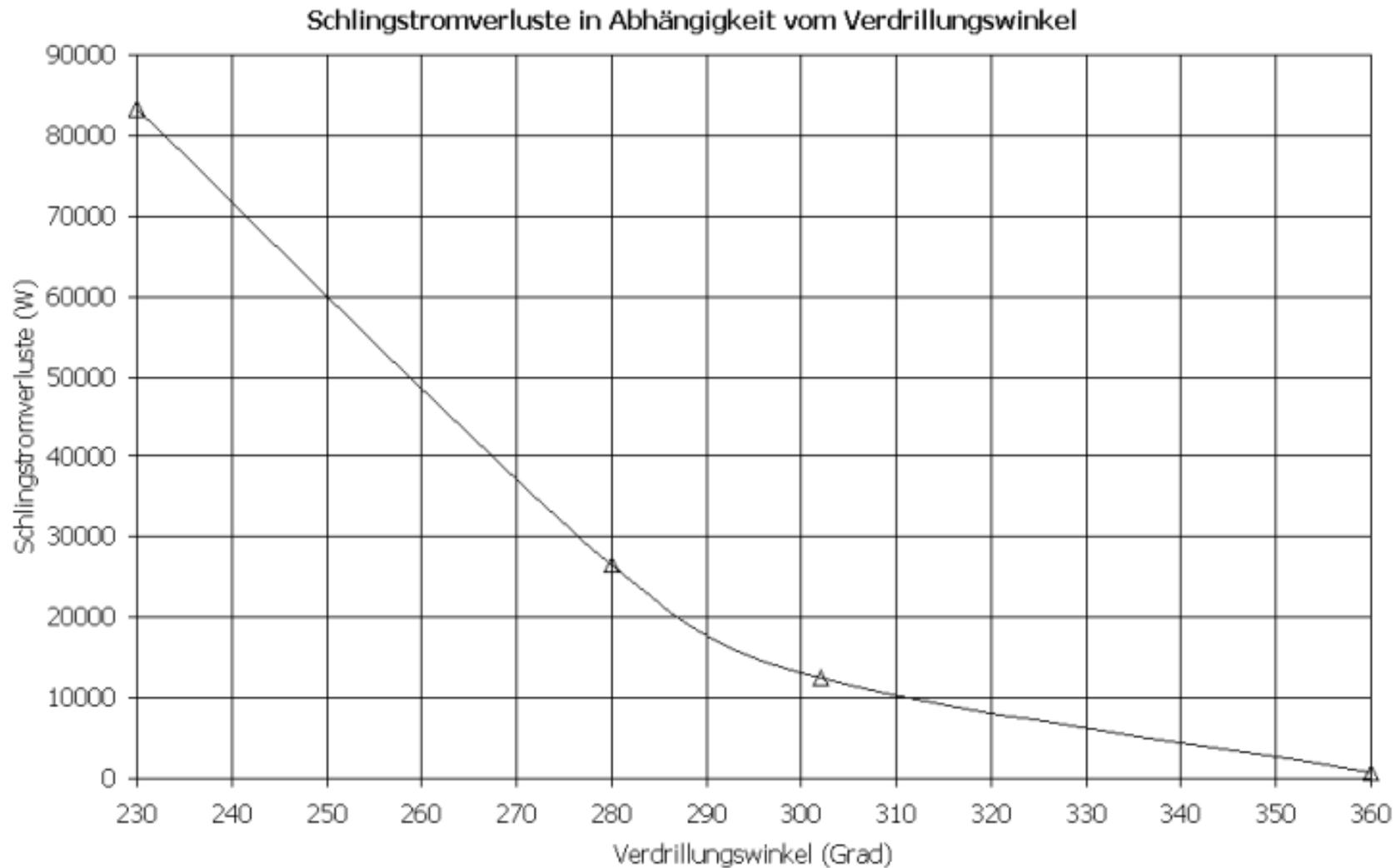
Stabströme bei 230°-Unterverdrillung



Schlingstromverluste der gesamten Maschine: 83 000 W

Unterverdrillung in getriebelosen Mühlenmotoren

Gesamtverluste in Abhängigkeit vom Verdrillungswinkel



www.alstom.com

ALSTOM