

Analyse der Wärmeentstehung im Antrieb und Temperierung von Strukturen und Antrieben am Beispiel von Werkzeugmaschinen

– 4. Kolloquium zum SFB/TR 96 –
01.03.2016

S. Winkler, R. Werner (EWA TU Chemnitz)

A. Bucht, W.-G. Drossel (Fraunhofer IWU)

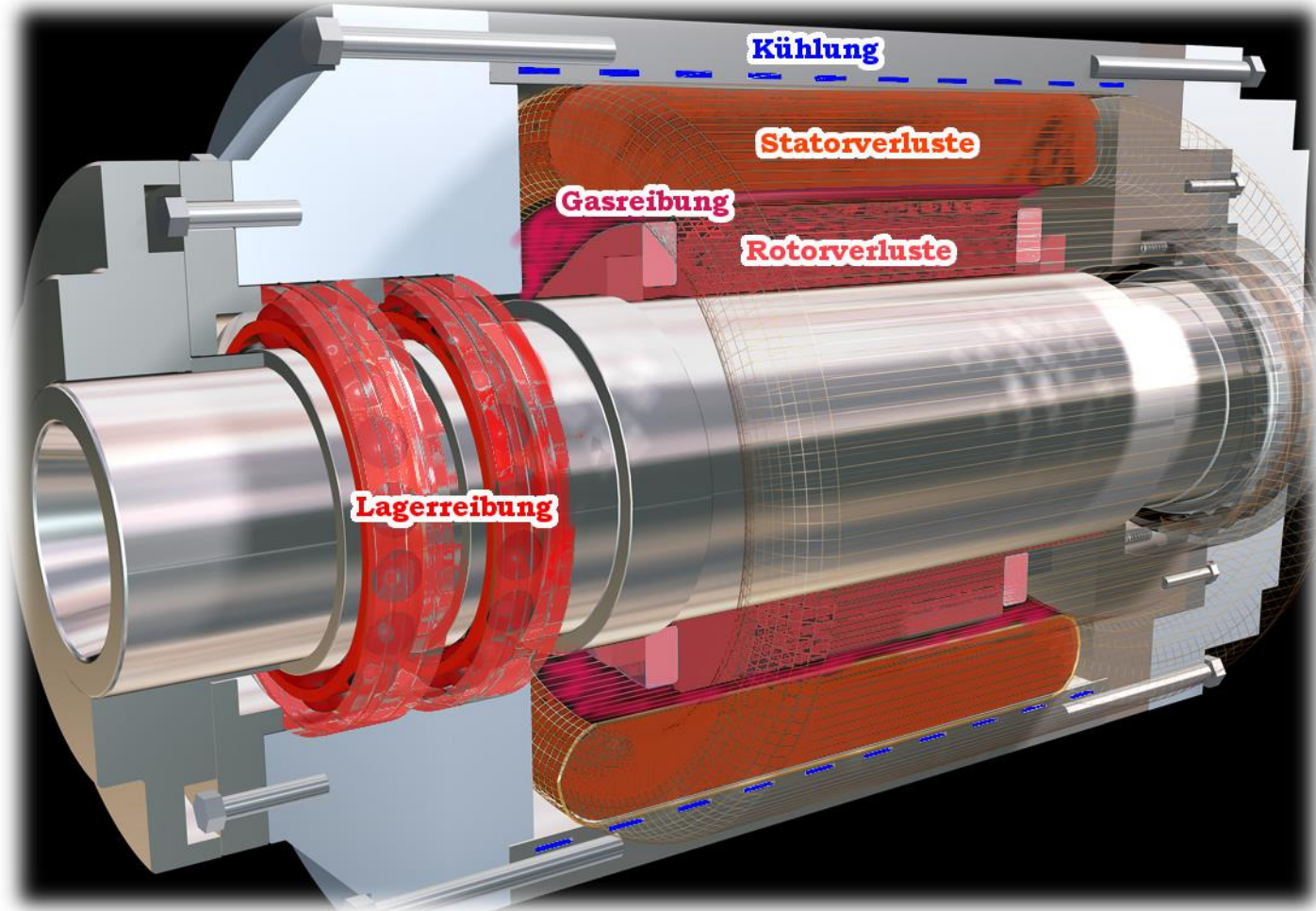
J. Weber, J. Weber (IFD TU Dresden)

I. Voigt (IWP TU Chemnitz)

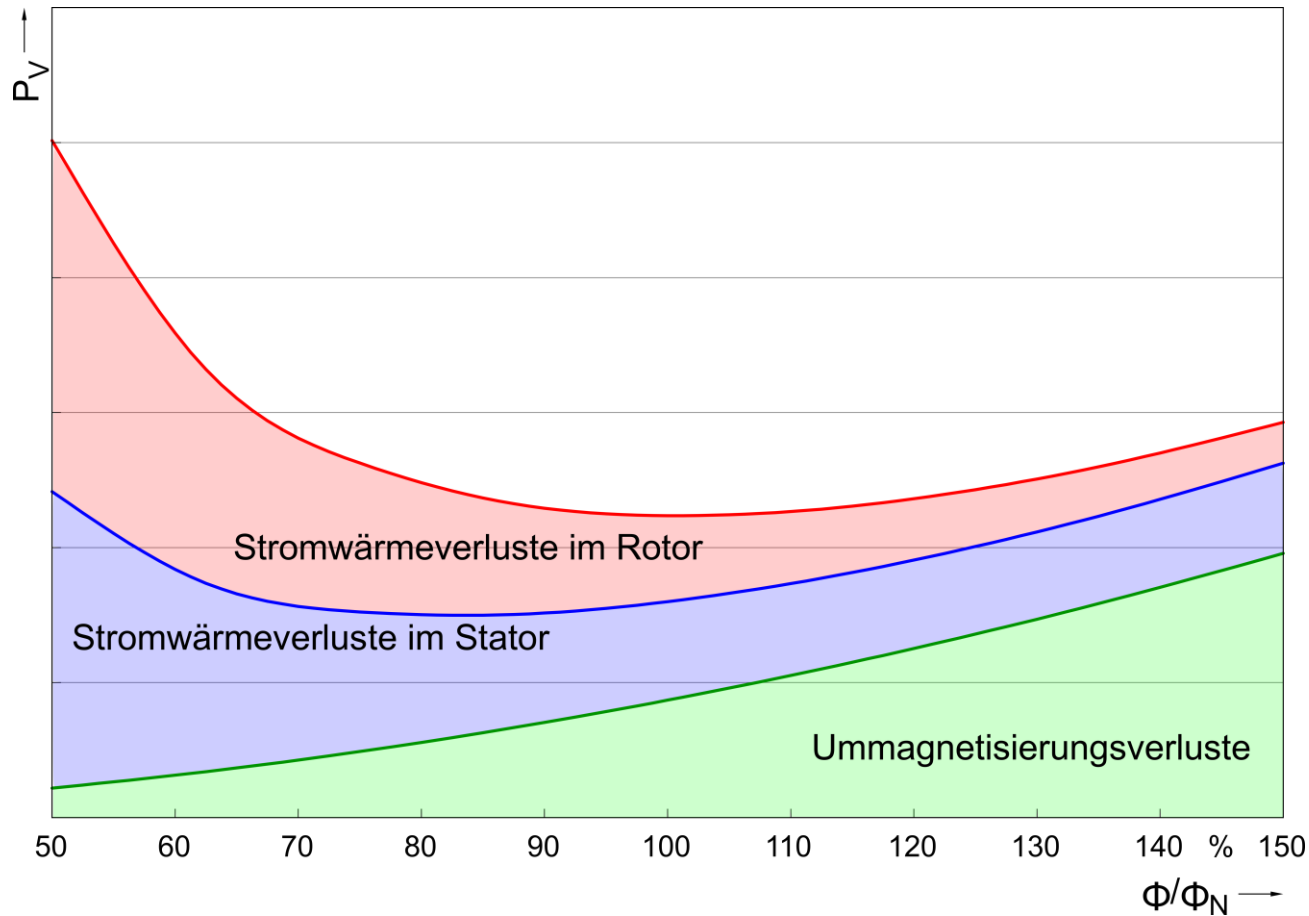
Inhalt

1. Verluste im Antrieb
2. Wärmeströme im Antrieb und zur Werkzeugmaschine
3. Steuerung der Wärmeströme
 1. Anpassung des Arbeitspunktes des Antriebs
 2. Anpassung der Kühlsystemstruktur und Regulierung der Kühlleistung
 3. Einbringen eines thermischen Tilgers
4. Simulation der Steuerung
 1. Simulation der Arbeitspunktanpassung
 2. Simulation der Kühlung
 3. Simulation des thermischen Tilger
 4. Simulation der kombinierten Verfahren
5. Zusammenfassung

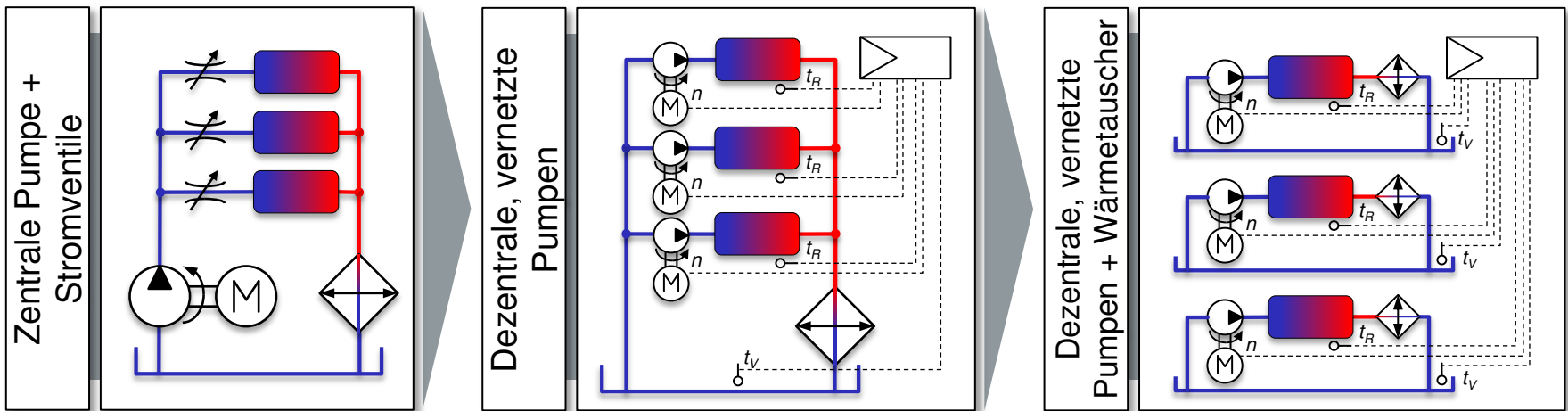
Verluste im Antrieb



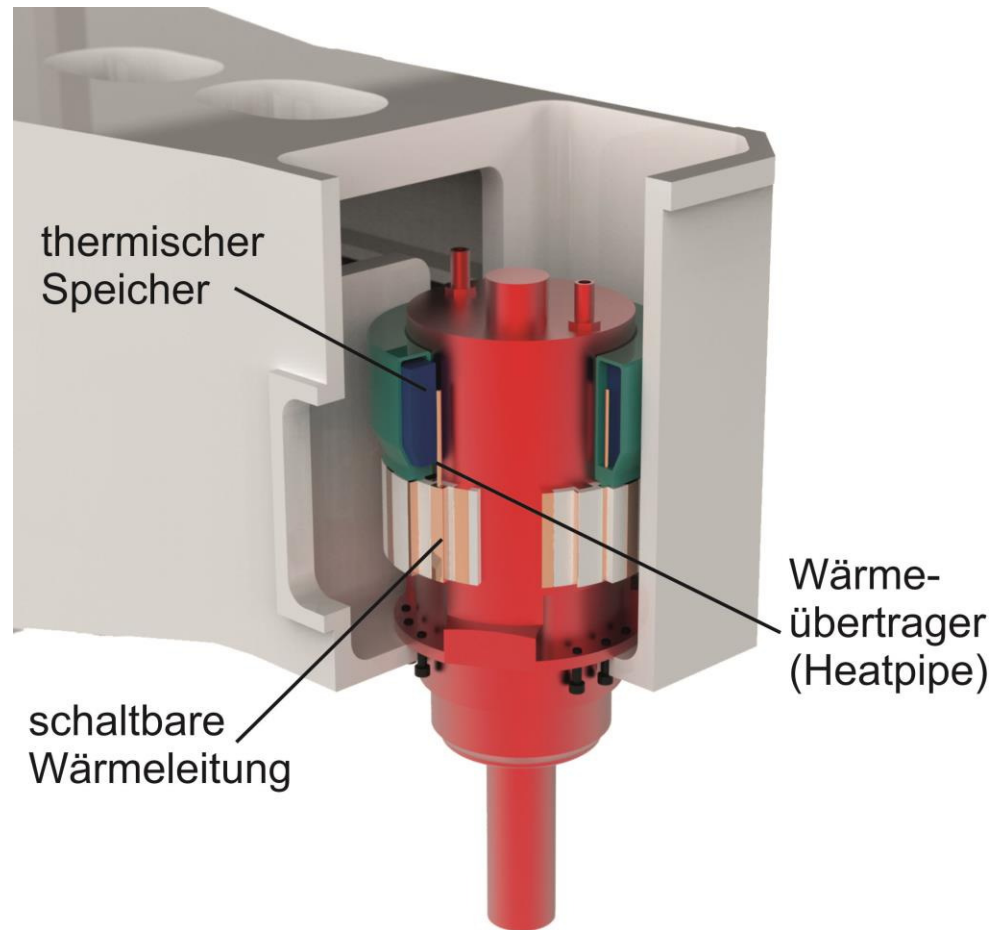
Anpassung des Arbeitspunktes des Antriebs



Anpassung der Kühlsystemstruktur und Regulierung der Kühlleistung



Einbringen eines thermischen Tilgers



Simulation der Wärmeströme

Kenndaten der Motorspindel

Bemessungsdaten

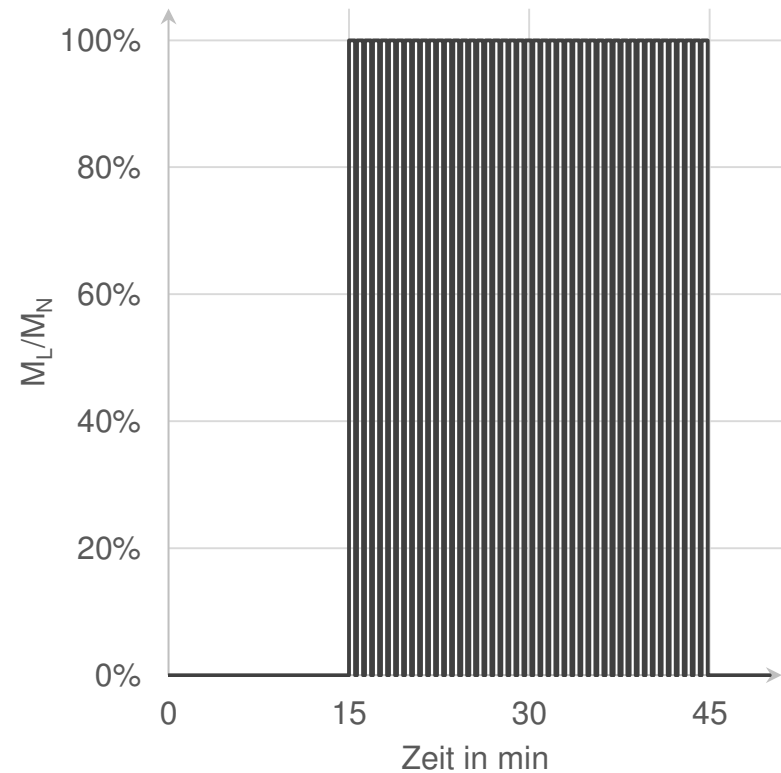
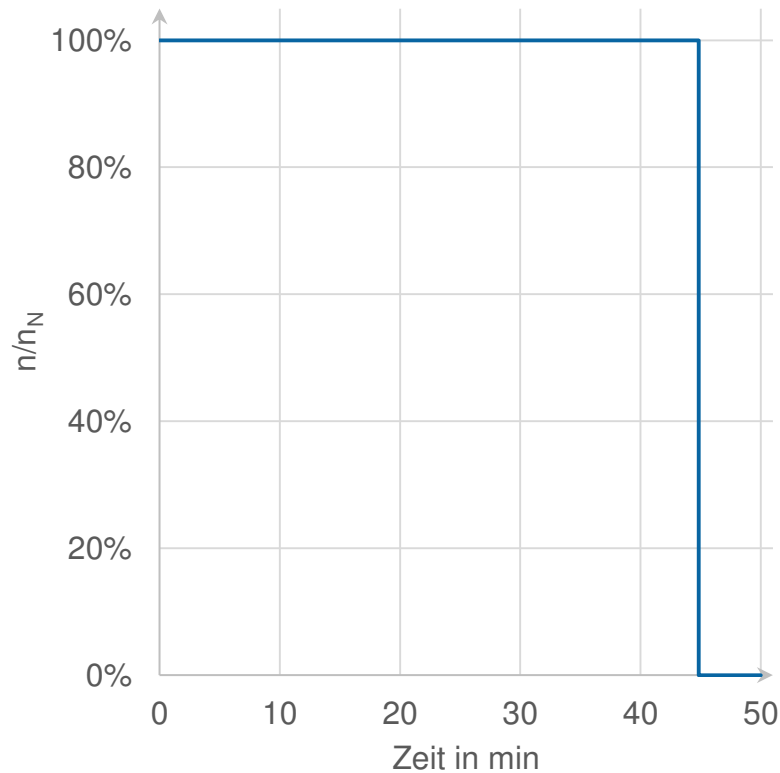
- Nennspannung: 380V
- Nennstrom: 44A
- Nenndrehzahl: 11820min⁻¹
- Nennleistung: 22kW
- Nennfrequenz: 400Hz

Verluste im Nennpunkt:

- Stromwärmeverluste im Stator: 970W
- Ummagnetisierungsverluste: 300W
- Stromwärmeverluste im Rotor: 345W
- Zusatzverluste: 25W
- Lagerreibungsverluste: 200W
- Gasreibungsverluste: 480W



Belastungsverlauf der Motorspindel



Simulation der Wärmeströme

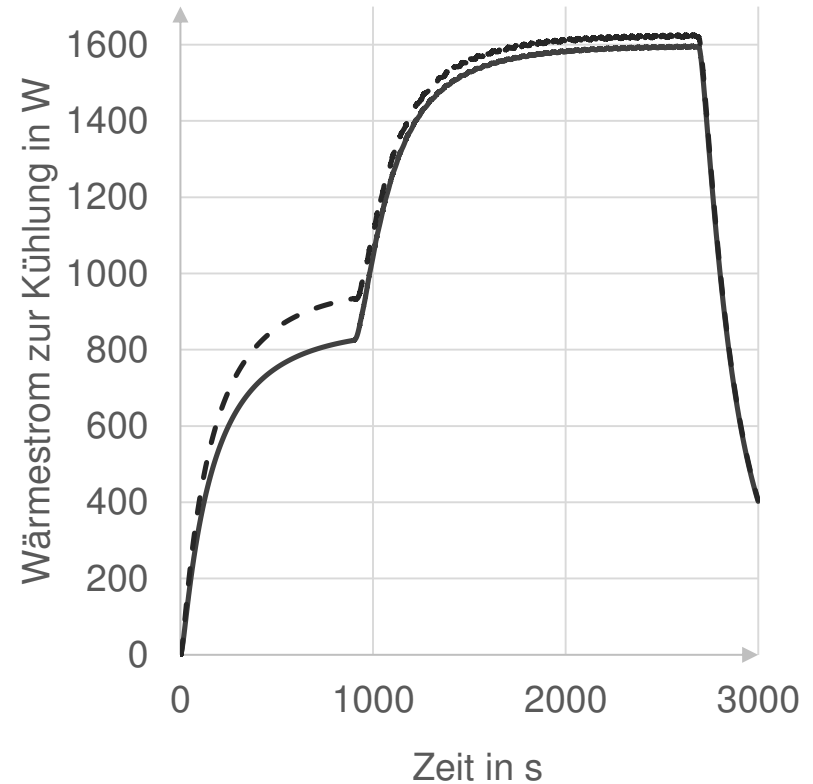
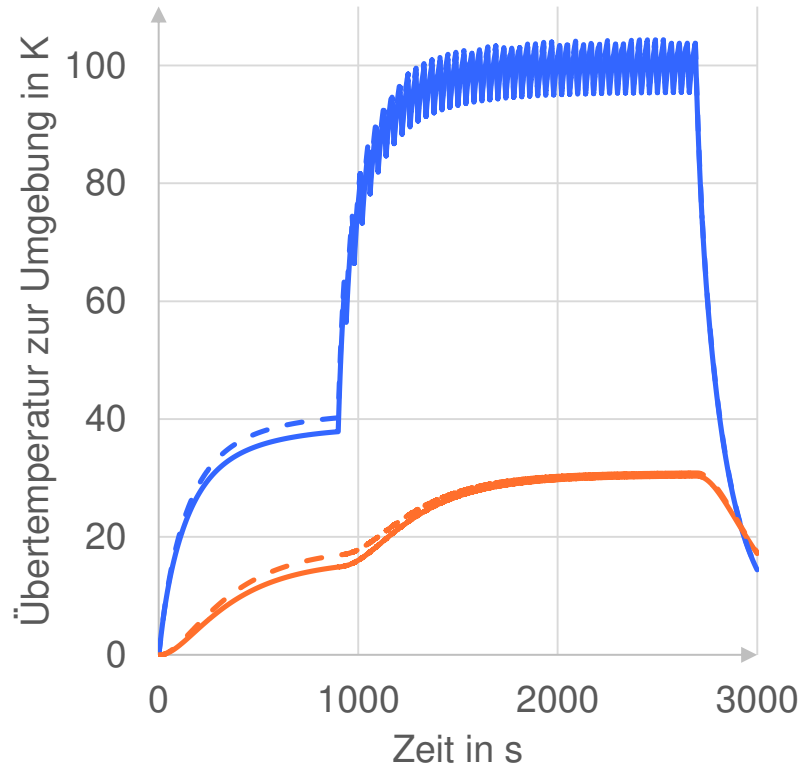
Anpassung des Arbeitspunktes

	Nennpunkt	Leerlauf	Leerlauf mit angepasstem AP
Stromwärmeverluste im Stator	970W	165W	150W
Ummagnetisierungsverluste	300W	300W	433W
Stromwärmeverluste im Rotor	345W	3,5W	0,03W
Zusatzverluste	25W	0,5W	0,005W
Lagerreibung	200W		
Gasreibung	480W		

Simulation der Wärmeströme

- Temperatur Statorwicklung
- Temperatur Spindelflansch
- Wärmestrom
- Standard
- - Angepasst

Anpassung des Arbeitspunktes

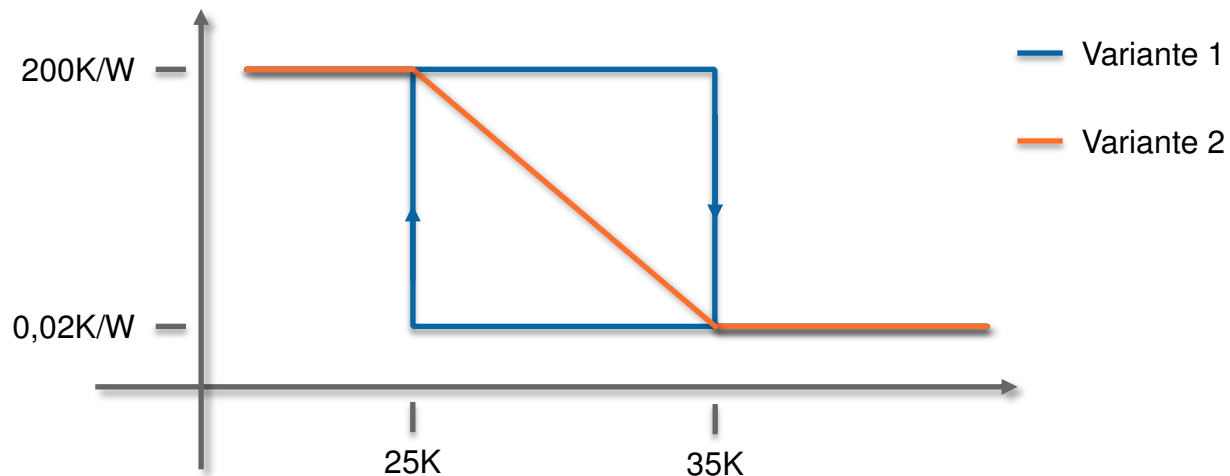


Simulation der Wärmeströme

Anpassung der Kühlstruktur

Kenndaten der Kühlung

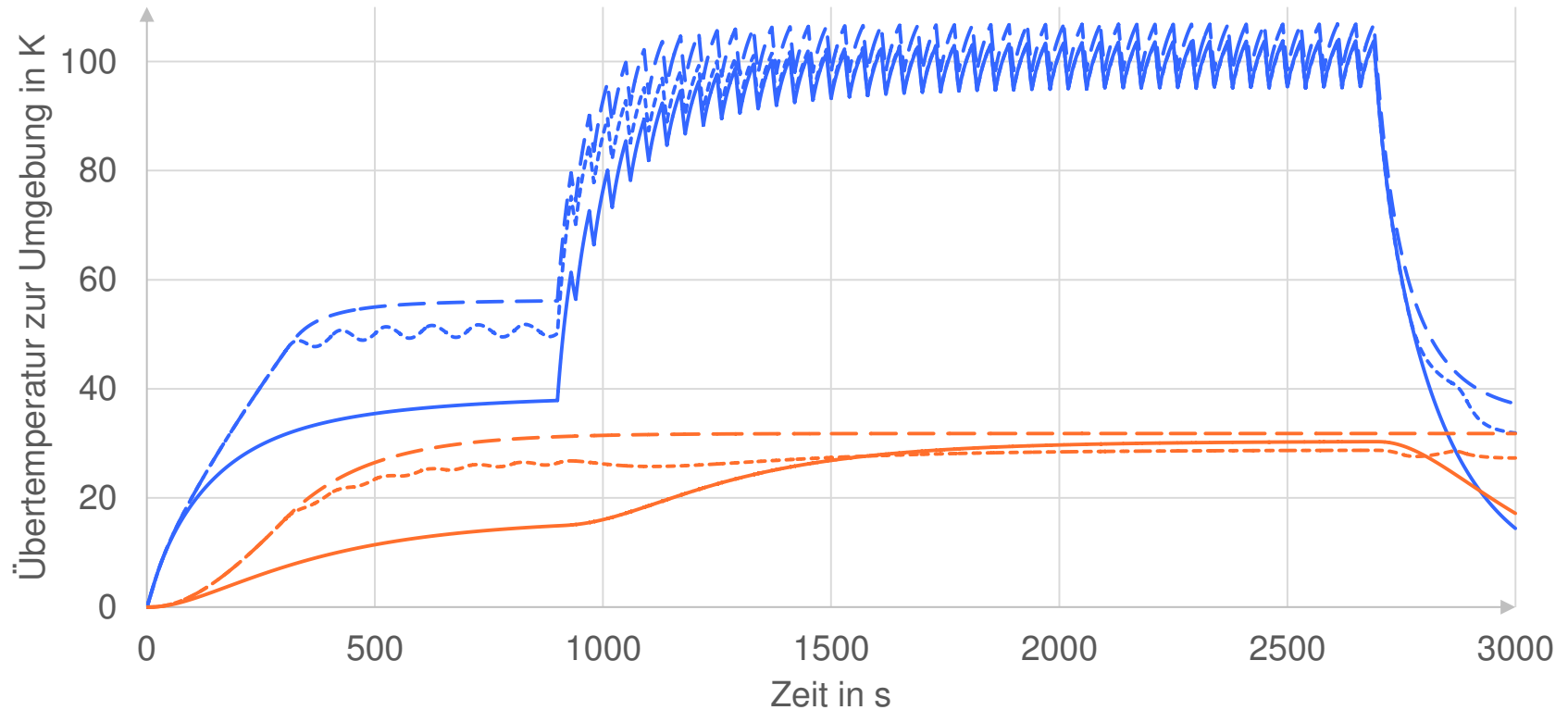
- Wärmeübergangswiderstand bei laufender Kühlung: 20mK/W
- Wärmeübergangswiderstand bei abgeschalteter Kühlung: 200K/W
- Einschaltsschwelle: 35K über Umgebungstemperatur
- Abschaltsschwelle: 25K über Umgebungstemperatur



Simulation der Wärmeströme

Anpassung der Kühlstruktur

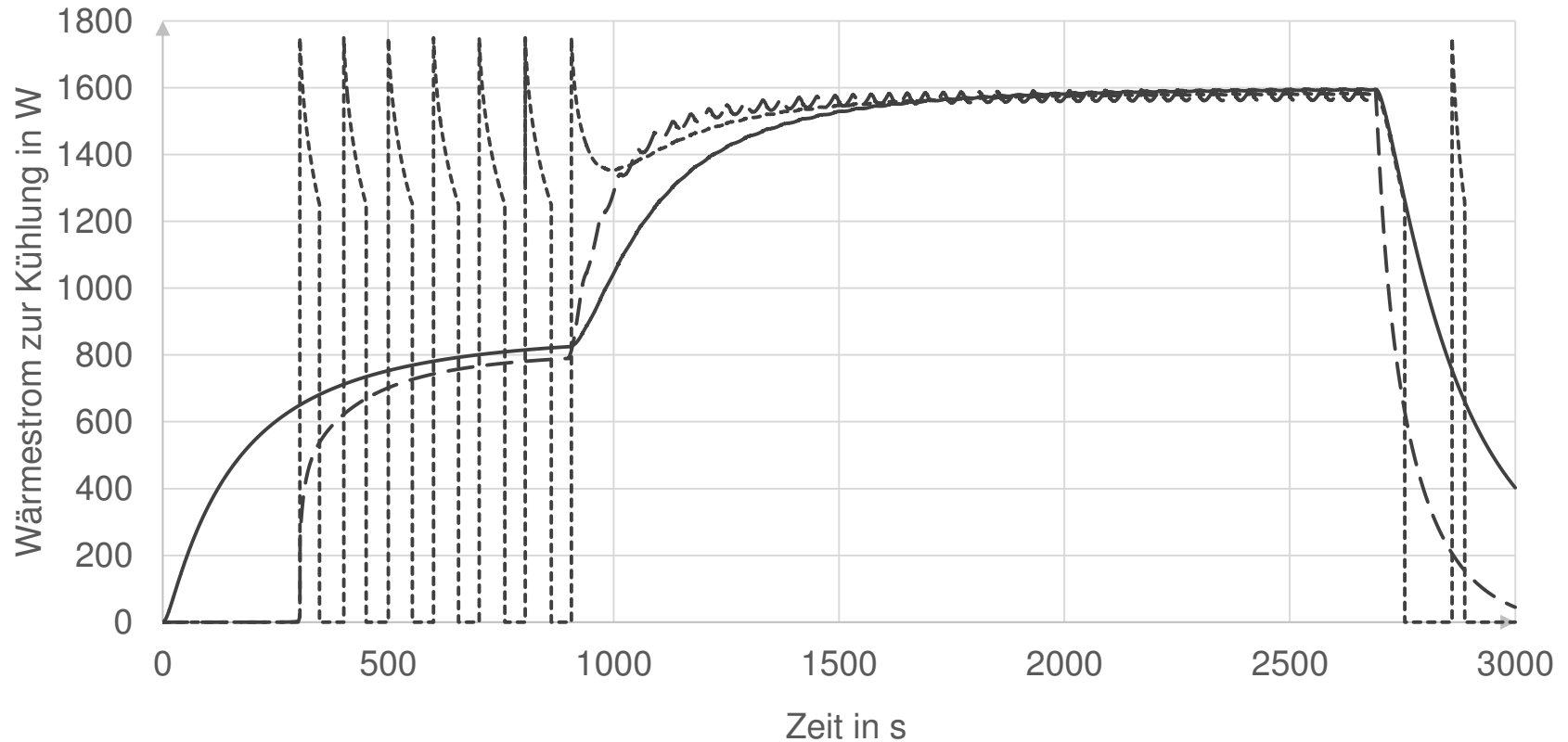
- Temperatur Statorwicklung
- Temperatur Spindelflansch
- Wärmestrom
- Standard
- - - Angepasst 1
- Angepasst 2



Simulation der Wärmeströme

- Temperatur Statorwicklung
- Temperatur Spindelflansch
- Wärmestrom
- Standard
- - - Angepasst 1
- Angepasst 1

Anpassung der Kühlstruktur

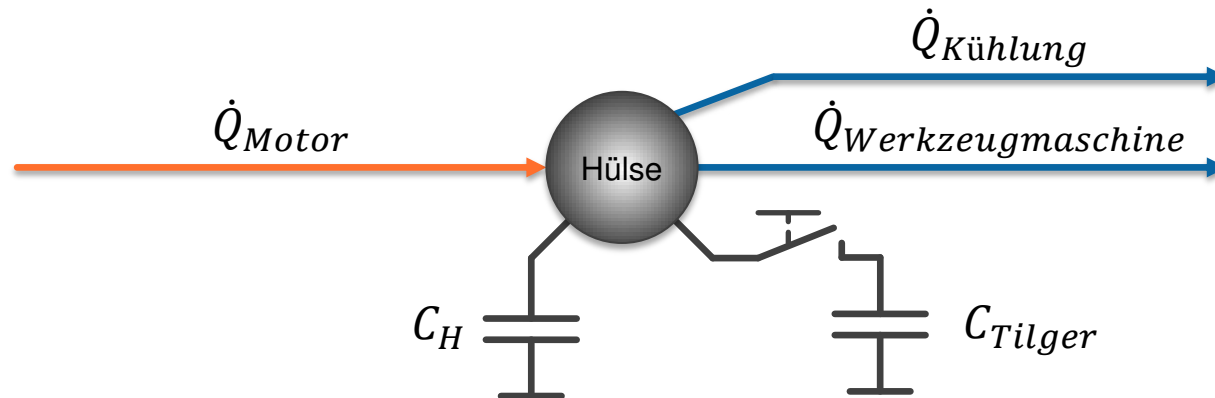


Simulation der Wärmeströme

Einbringen eines thermischen Tilgers

Kenndaten des Tilgers

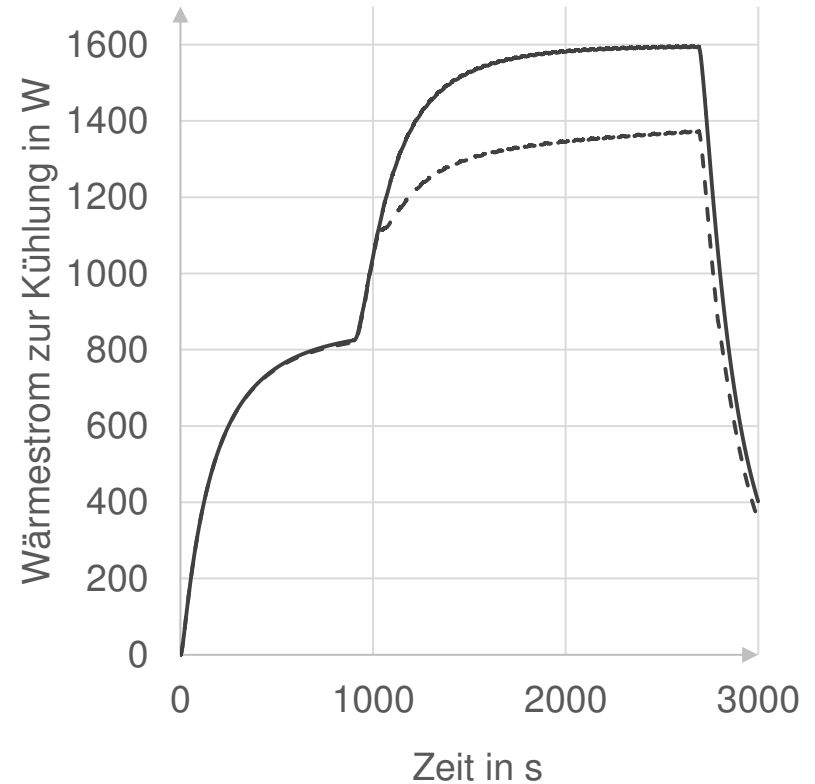
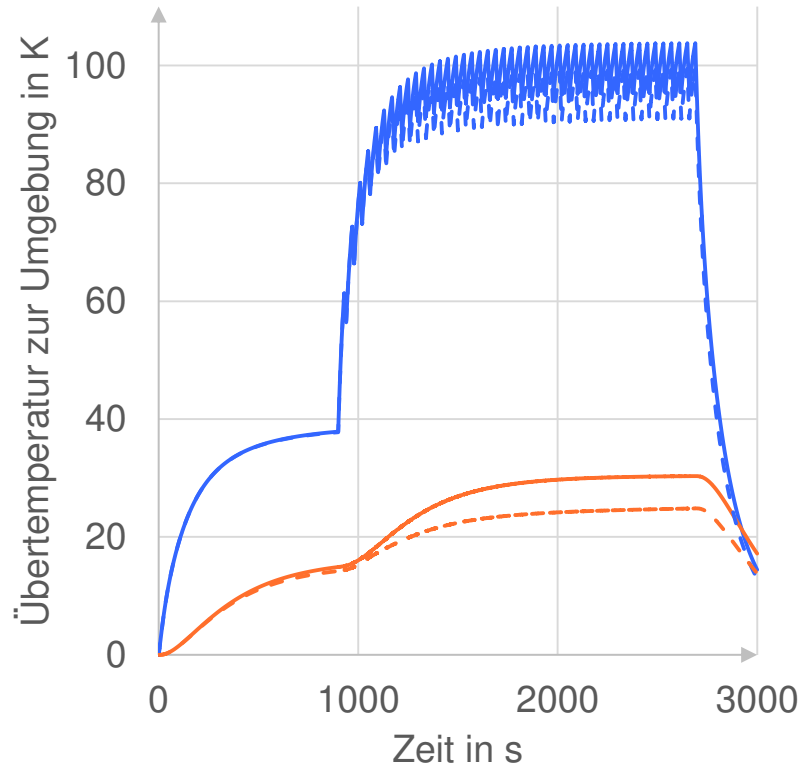
- PCM-Speichervermögen: 200kJ/kg
- Eingesetzte Masse: 0,3kg
- Wärmespeicher: 63,2kJ
- Einschaltsschwelle: 22,5K über Umgebungstemperatur
- Abschaltsschwelle: 17,5K über Umgebungstemperatur



Simulation der Wärmeströme

- Temperatur Statorwicklung
- Temperatur Spindelflansch
- Wärmestrom
- Standard
- - Angepasst

Anpassung eines Tilgers



Simulation der Wärmeströme

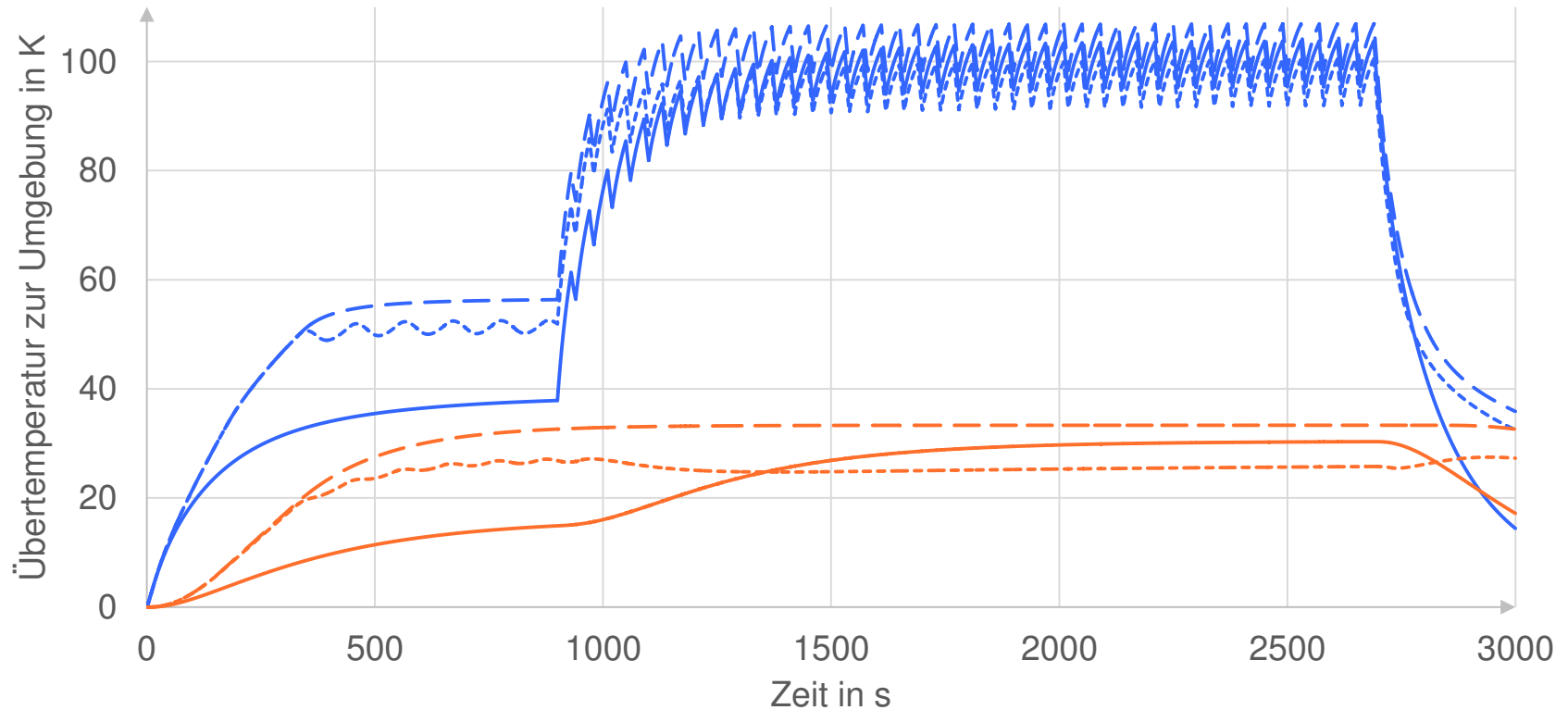
Kombination aller drei Verfahren

- Anpassung des Arbeitspunktes,
- Regulierung der Kühlleistung (Variante 1 und 2) und
- Einbringen eines thermischen Tilgers

Simulation der Wärmeströme

Kombination aller Verfahren

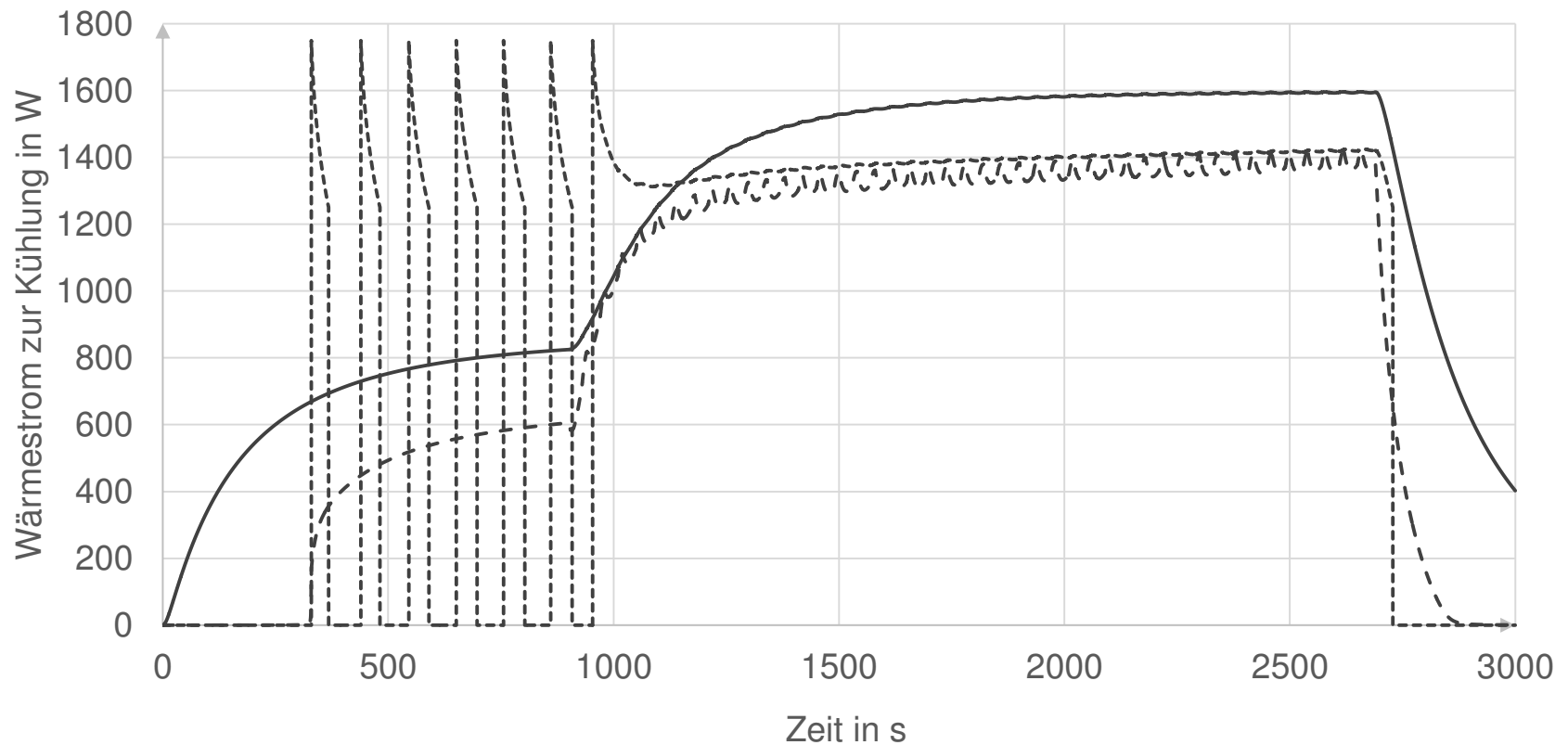
- Temperatur Statorwicklung
- Temperatur Spindelflansch
- Wärmestrom
- Standard
- - - Angepasst 1
- Angepasst 2



Simulation der Wärmeströme

Kombination aller Verfahren

- Temperatur Statorwicklung
- Temperatur Spindelflansch
- Wärmestrom
- Standard
- - - Angepasst 1
- - - Angepasst 1



Zusammenfassung

Anpassung des Arbeitspunktes

- Geringer Stellbereich, daher geringe Änderung der Verluste
- Erhöhung der Motortemperatur im Leerlauf

Anpassung der Kühlstruktur

- Regelung der Kühlleistung erfordert Dezentralisierung der Kühlstrukturen
- Zwei-Punkt-Regelung einfach umsetzbar, führt aber zu Temperaturschwankungen

Einbringen eines thermischen Tilger

- Bildet zusätzliche Wärmesenke
- Funktioniert nicht, wenn voll geladen -> nur im dynamischen Bereich wirksam

Alle Möglichkeiten zusammen

- Kurze Warmlaufphase
- Einfache Regelung der Kühlung möglich
- Thermischer Tilger kompensiert Schwankungen der Temperatur

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Diese Arbeiten werden mit Mitteln der
Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert,
wofür gedankt wird.

DFG