

Anwenderbericht zur NVH Analyse an Elektromotoren

HBM eDrive Testing

23. Juli 2020

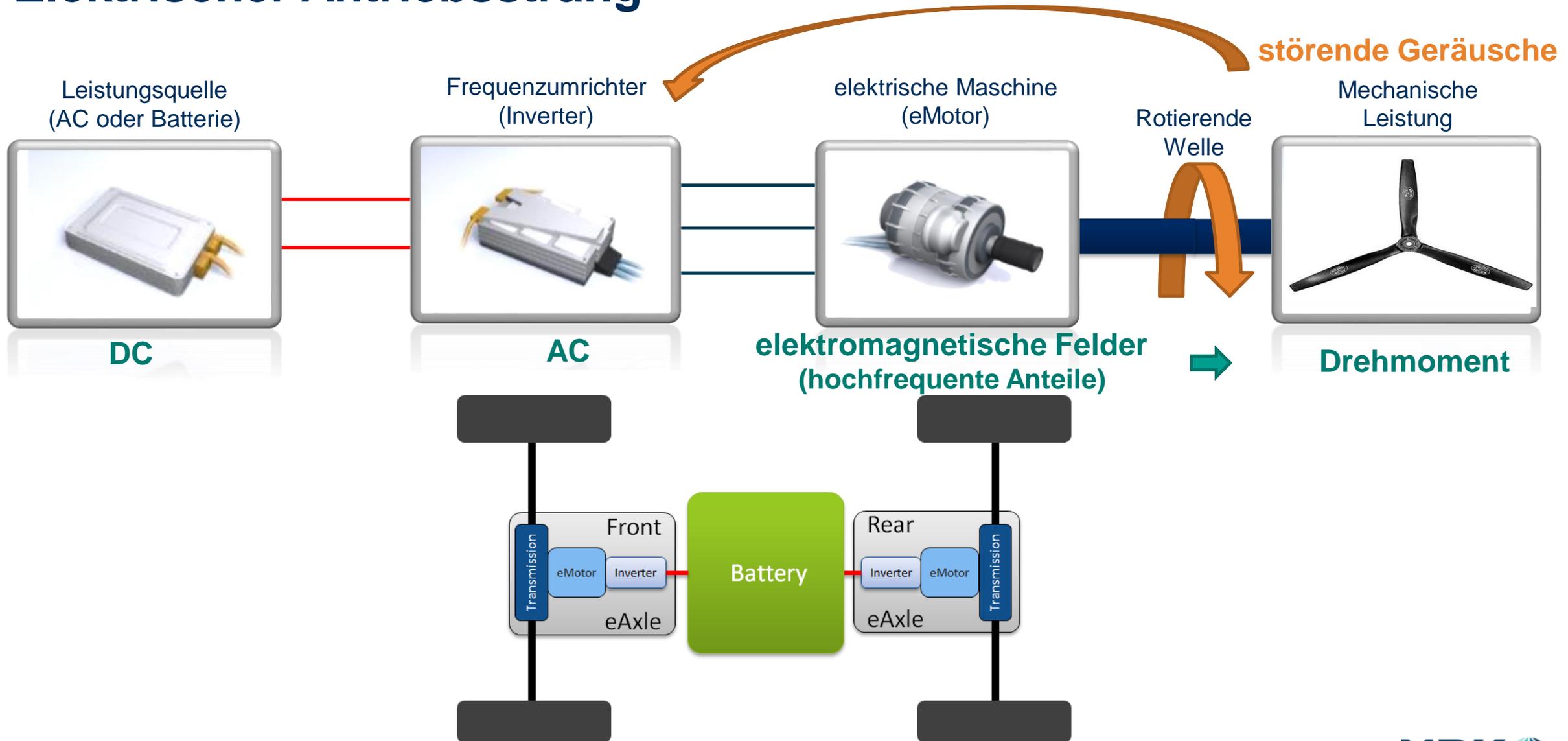
Ricarda Nerche

Agenda

1. Einführung in die Schwingungsmessung an elektrischen Antrieben
2. Warum beides Messen
3. Anwenderbericht
4. Wirkungsgradkennfelder mit Schwingungsmessung
5. Erstellen von Wirkungsgradkennfeldern aus dynamischen Vorgängen

Einführung in die Schwingungsmessung an elektrischen Antrieben

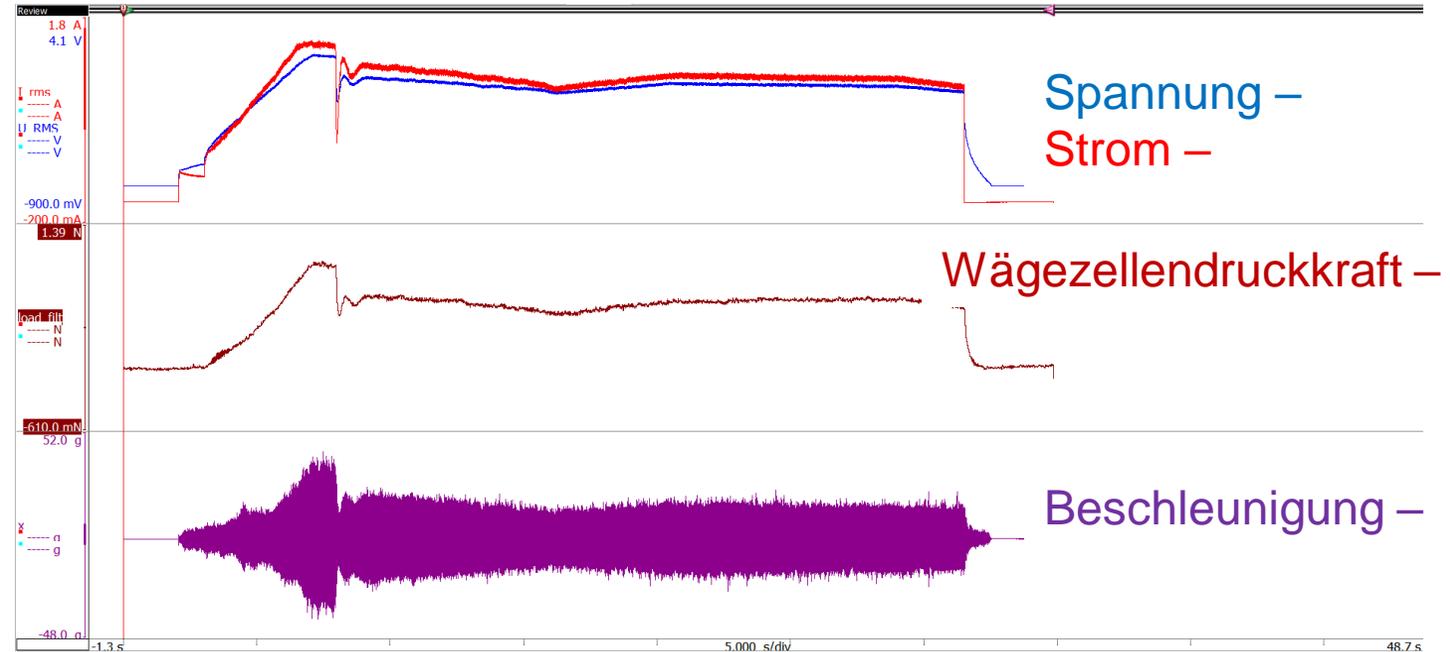
Elektrischer Antriebsstrang



Warum beides messen?

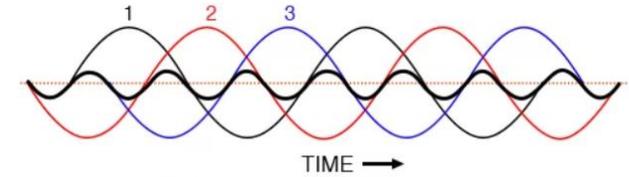
Vorteile kombinierter Tests

- Ein einziger Test für beides
 - **Kostensenkung**
- Kommunikation zwischen Gruppen
 - **Schnellere Entwicklung**
 - Einfachere Kommunikation zwischen Entwicklungsabteilung (Simulation) und Prüfstand
- Akustikdesign
- Charakterisierung der Materialermüdung
- Fehlerprüfung
- Resonanzverfolgung
- End-of-Line-Testing



Start eines Propellermotors mit Last- und Schwingungsmessungen

Höhere Harmonische



Third harmonics for phases 1, 2, 3 all coincide when superimposed on the fundamental three-phase waveforms.

- Sinusähnliche Signale eliminieren 2n Harmonische
- 3 n Harmonische erzeugen kein Drehmoment (3, 6, 9, ... Harmonische)
- Harmonische mit der Permutation ABC erzeugen positives Drehmoment (7, 13, 19, ... Harmonische)
- Harmonische mit der Permutation CBA erzeugen **negatives** Drehmoment (5, 11, 17, ... Harmonische)

Fundamental	A 0°	B 120°	C 240°	A-B-C
3rd harmonic	A' 3 x 0° (0°)	B' 3 x 120° (360° = 0°)	C' 3 x 240° (720° = 0°)	<i>no rotation</i>
5th harmonic	A'' 5 x 0° (0°)	B'' 5 x 120° (600° - 720° - 120°) (-120°)	C'' 5 x 240° (1200° - 1440° - 240°) (-240°)	C-B-A
7th harmonic	A''' 7 x 0° (0°)	B''' 7 x 120° (840° - 720° + 120°) (120°)	C''' 7 x 240° (1680° - 1440° + 240°) (240°)	A-B-C
9th harmonic	A'''' 9 x 0° (0°)	B'''' 9 x 120° (1080° = 0°)	C'''' 9 x 240° (2160° = 0°)	<i>no rotation</i>

Drehrichtungen eines 3-phasigen Motors

Anwenderbericht

Charakterisierung des Prüflings

Prüfmaschine

- 3-phasigen Motor
- Acht Pole

Versuchsdurchführung

- Wirkungsgrad-Kennfeldmessung
- 3 dynamische Motorhochläufe von je 0 auf 3000 U / min zu 3 Belastungsbedingungen: keine Last, 20A, 40A

Messgrößen

- Inverterspannung und -strom
- Drehmoment und Drehzahl
- Schwingung und Schallabstrahlung

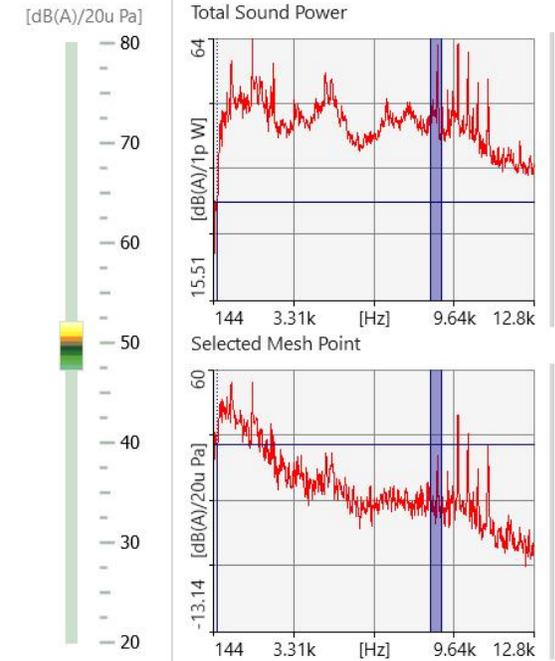
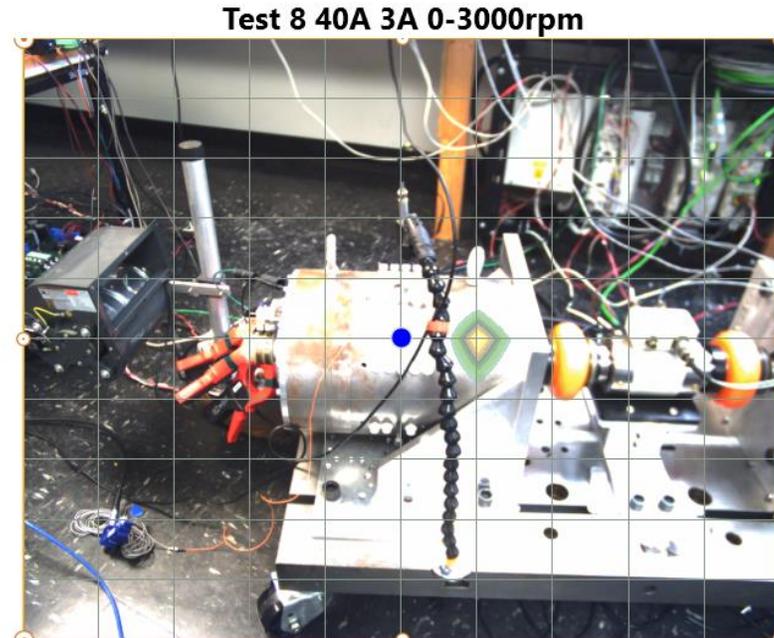
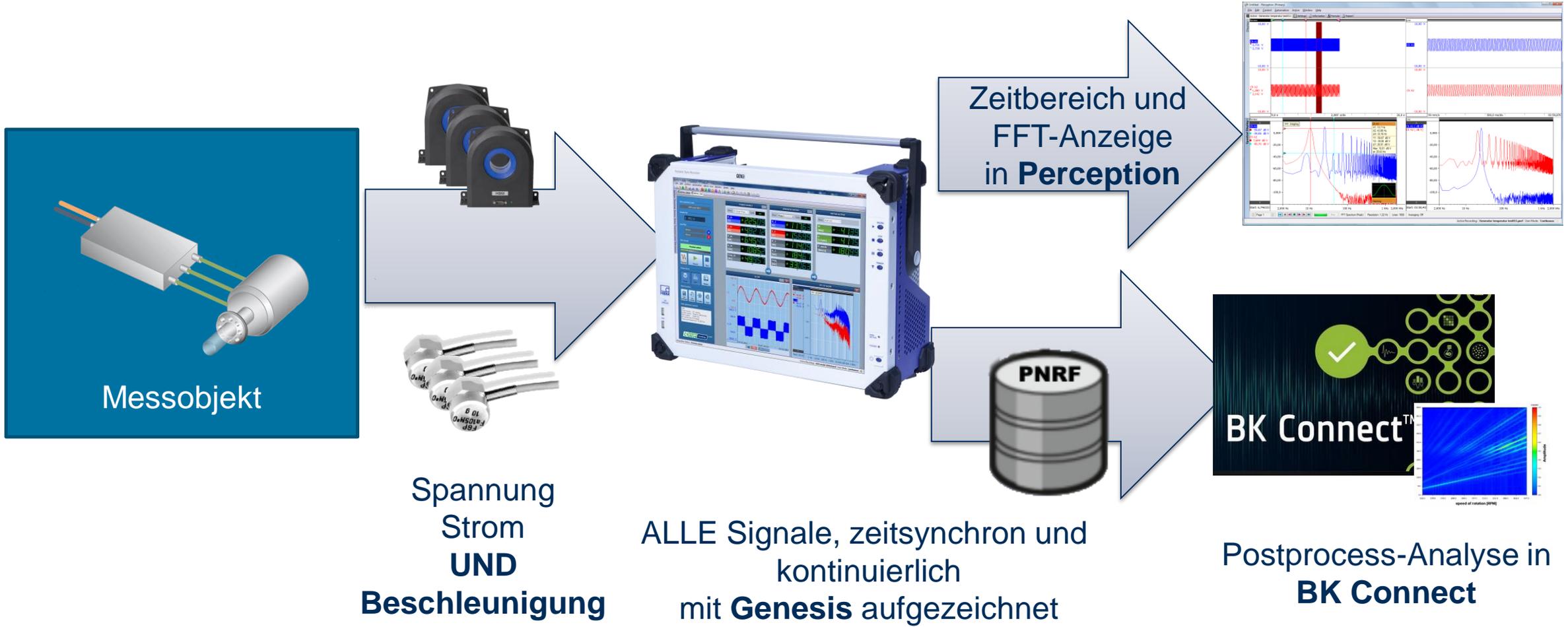


Bild einer Schalldruck Kartierung aufgenommen mit einer akustischen Kamera für das Testobjekt am IIT

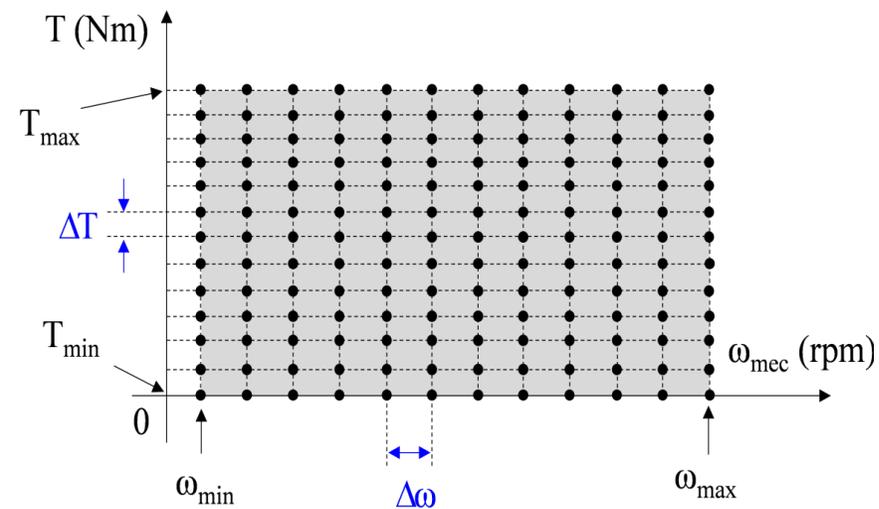
Prüfung des elektrischen Antriebsstrangs mit Schwingungsmessung



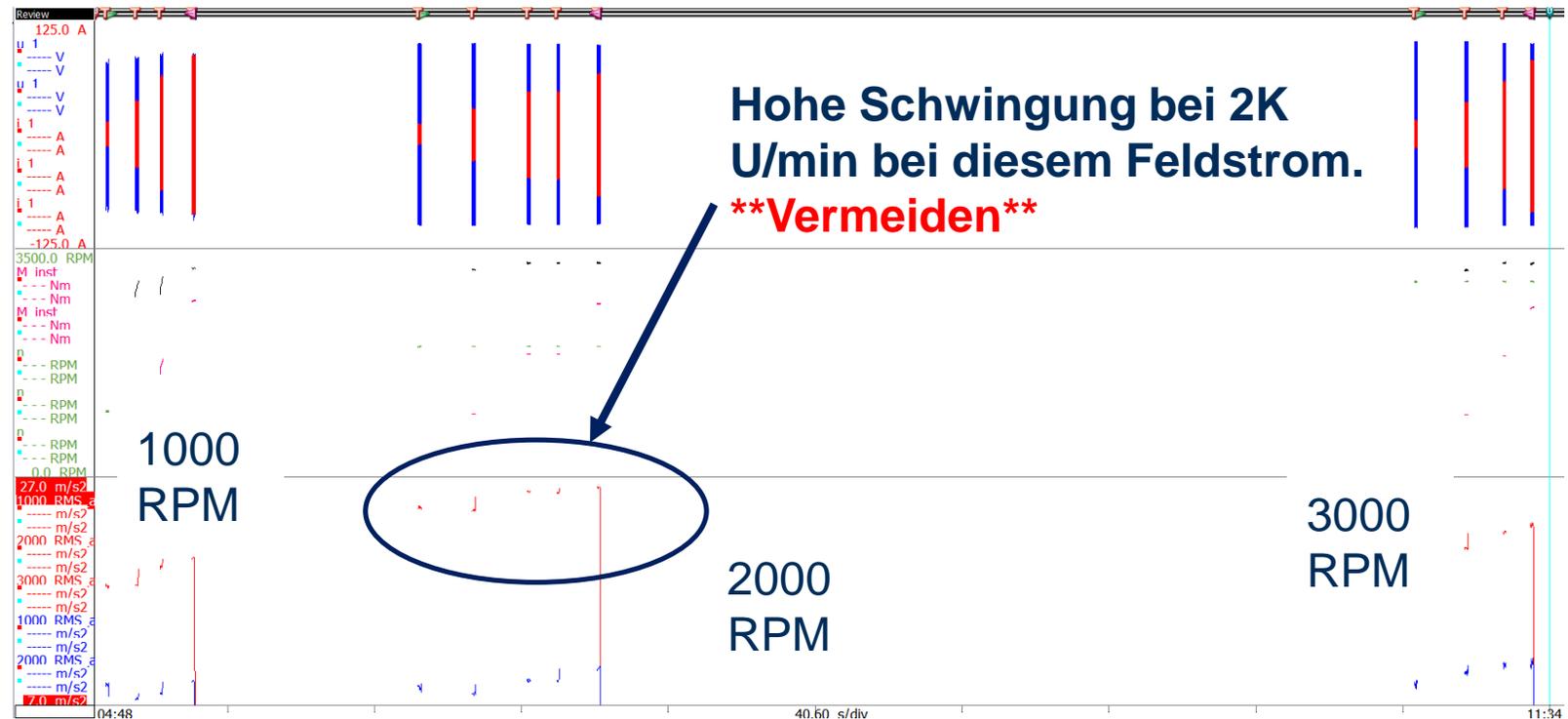
Wirkungsgrad-Kennfeldmessung mit Schwingungsmessung

Wirkungsgrad-Kennfelder

- Reihe statischer Drehmoment- und Drehzahlpunkte zur Wirkungsgradmessung
- Aufzeichnung vieler Signale
 - Drehmoment & Drehzahl
 - Spannung & Strom
 - Steuerung
 - Schwingung
- Möglichkeit zu überwachen, welchen Einfluss die Steuerung auf Schwingungen hat
 - Vermeiden bestimmter Zustände
 - Schnellere Kommunikation mit anderen Teams



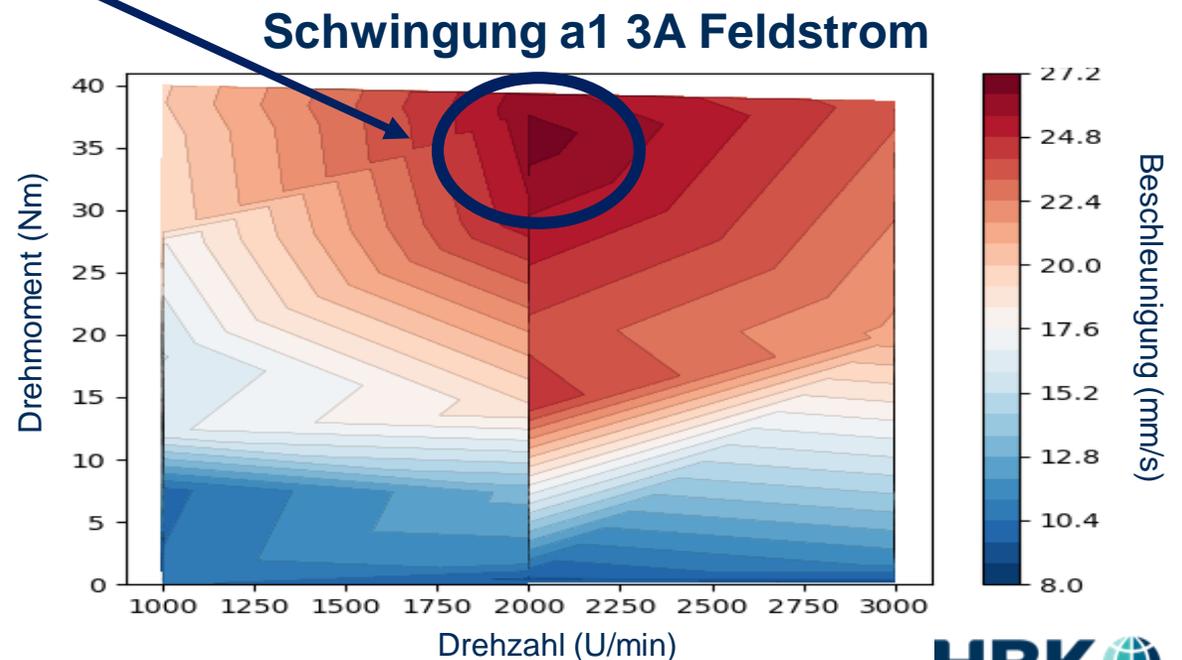
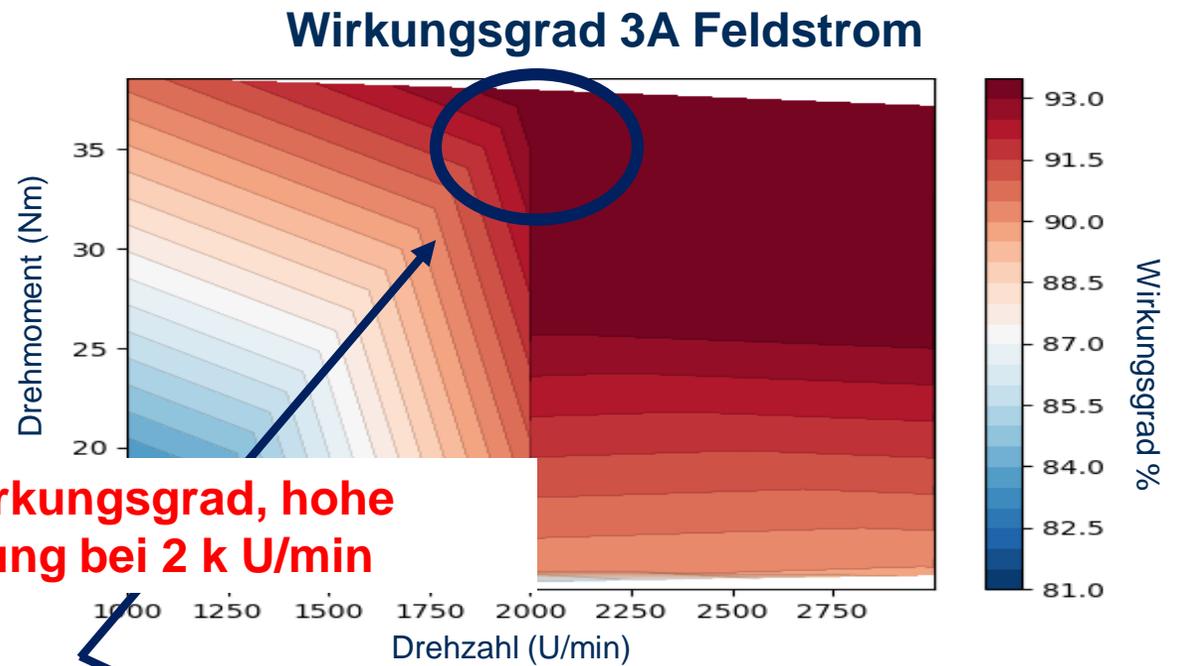
Spannung –
 Strom –
 Drehmoment –
 Drehzahl –
 Wirkungsgrad –
 Eff Besch1 –
 Eff Besch2 –



Aufgezeichnete und berechnete Datenpunkte für Motorwirkungsgrad-Kennfelder

Wirkungsgrad- und Schwingungskennfelder

- Anhand dieser erfassten Punkte wird oft ein „Wirkungsgrad-Kennfeld“ generiert
 - X – Drehzahl (U/min)
 - Y – Drehmoment (Nm)
 - Kontur – Wirkungsgrad %
- Gibt eine Vorstellung davon, wo der optimale Betriebspunkt liegt
- Kann auch für Effektiv-Schwingung aufgetragen werden
 - Zeigt den allgemeinen Trend der Schwingung
 - Identifiziert Hotspots
- Ermöglicht die Analyse von Interaktionen auf Systemebene

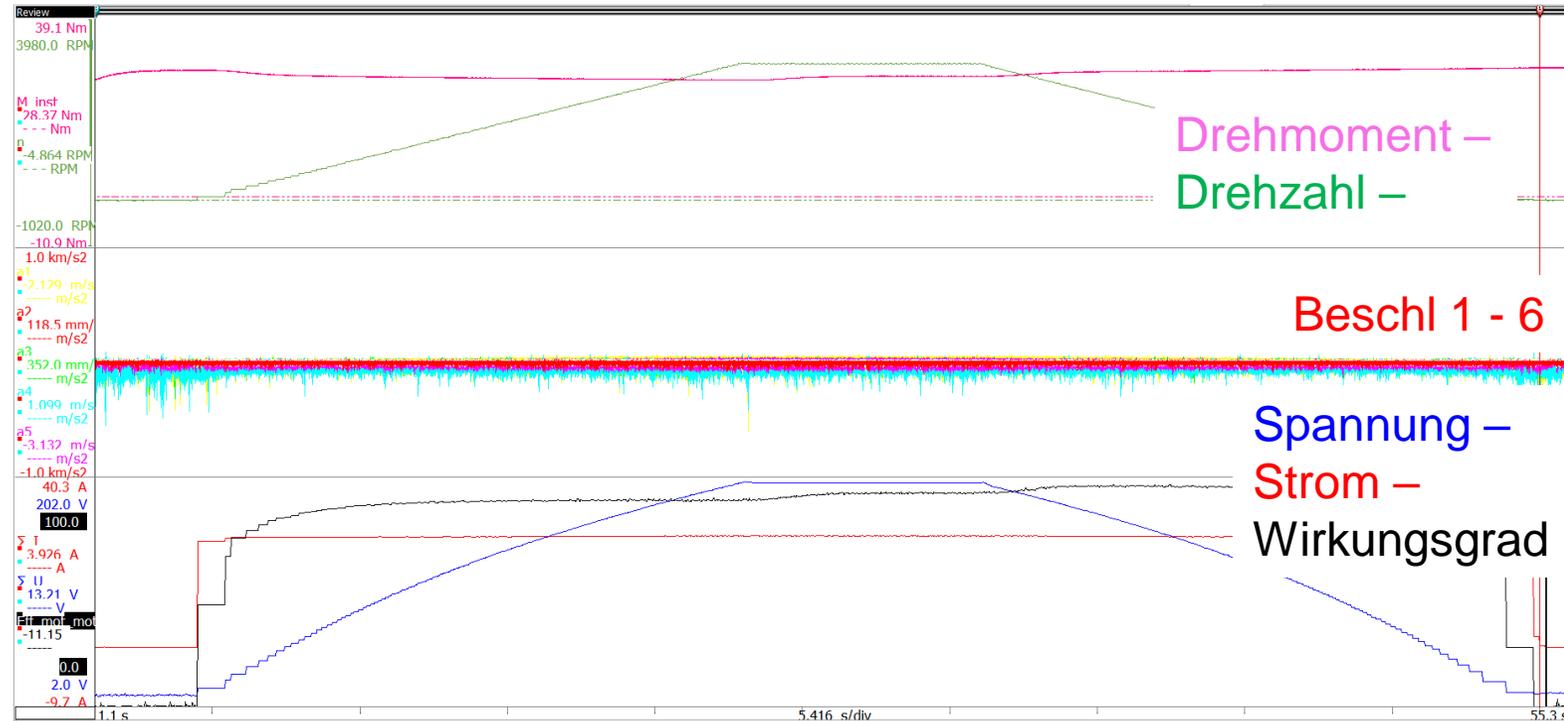


Wirkungsgrad-Kennfeldmessung parallel zu Rampentests

Hoch- und Runterläufe

- Aufzeichnung:
 - Beschleunigungssensoren
 - Mikrofone
 - Drehmoment & Drehzahl
 - Spannung, Strom, Wirkungsgrad
- Ziel: Verstehen, welchen Einfluss Drehzahl und Last auf das Schwingungsverhalten haben
- Elektrische Signale ermöglichen auch die Einbeziehung von Steuerung, Wirkungsgrad und Zustand in diese Tests

Bei einem Rampentest wird bei einem konstanten Drehmoment der Antrieb von 0 bis zur Maximaldrehzahl gefahren und wieder zu 0 gefahren.

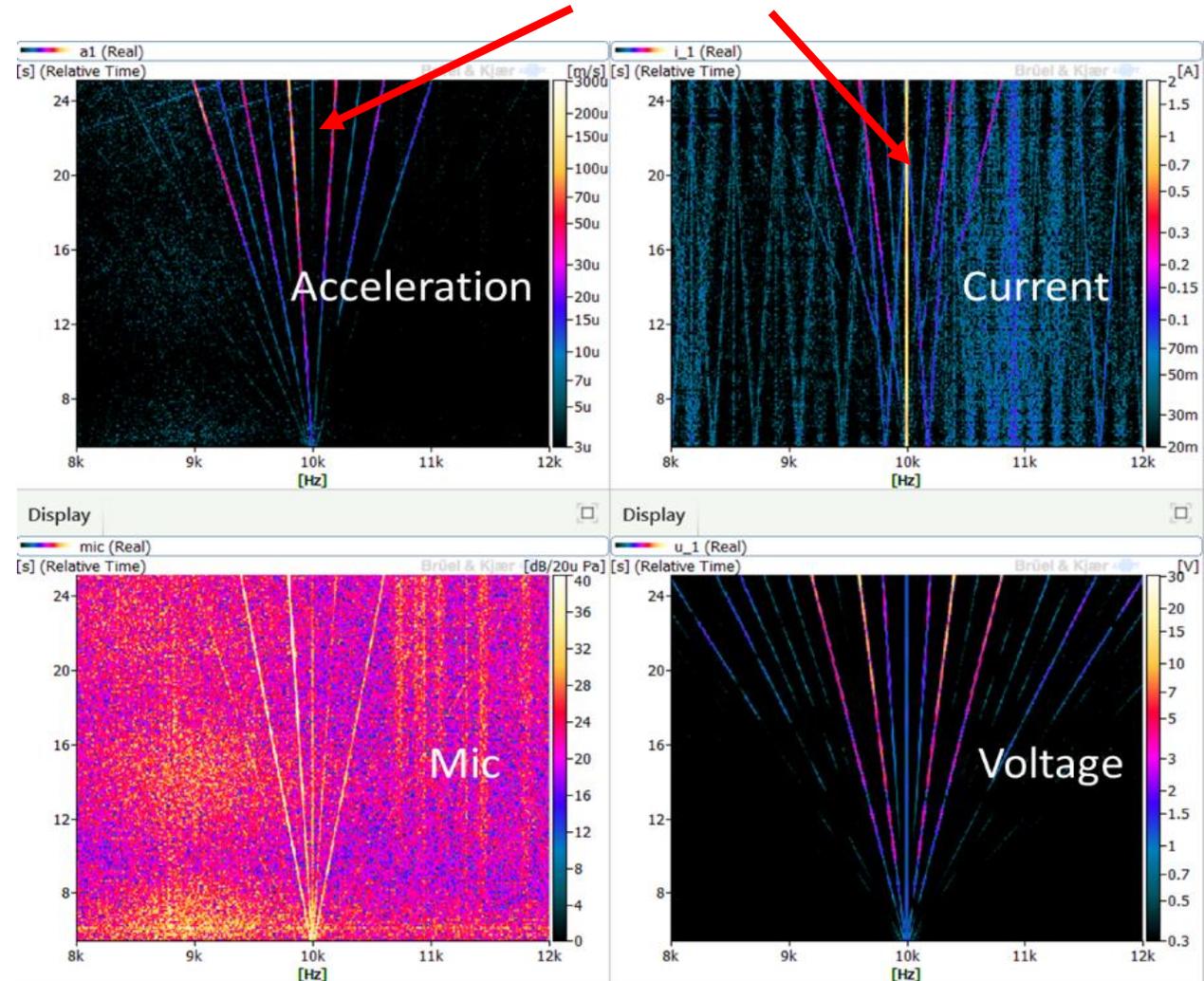


Drehzahlrampe des Testobjekts mit Aufzeichnung von Spannung, Stromstärke, Wirkungsgrad und 6 Beschleunigungssensoren

Spektralanalyse des Wechselrichters

Modulationsfrequenz des Inverters

- Der Test fand in einer lauten akustischen Umgebung mit vielen Störgeräuschen statt, und dennoch waren die Schaltgeräusche klar zu hören.
- Korrelation zwischen Strom, Spannung Beschleunigung und Schalldruck ist gegeben.
- Durch die starke Korrelation zwischen den Signalen lässt sich eine Quelltrennung vornehmen. D.h. anhand der Frequenzkomponenten lassen sich Rückschlüsse auf die Invertersteuerung ziehen.

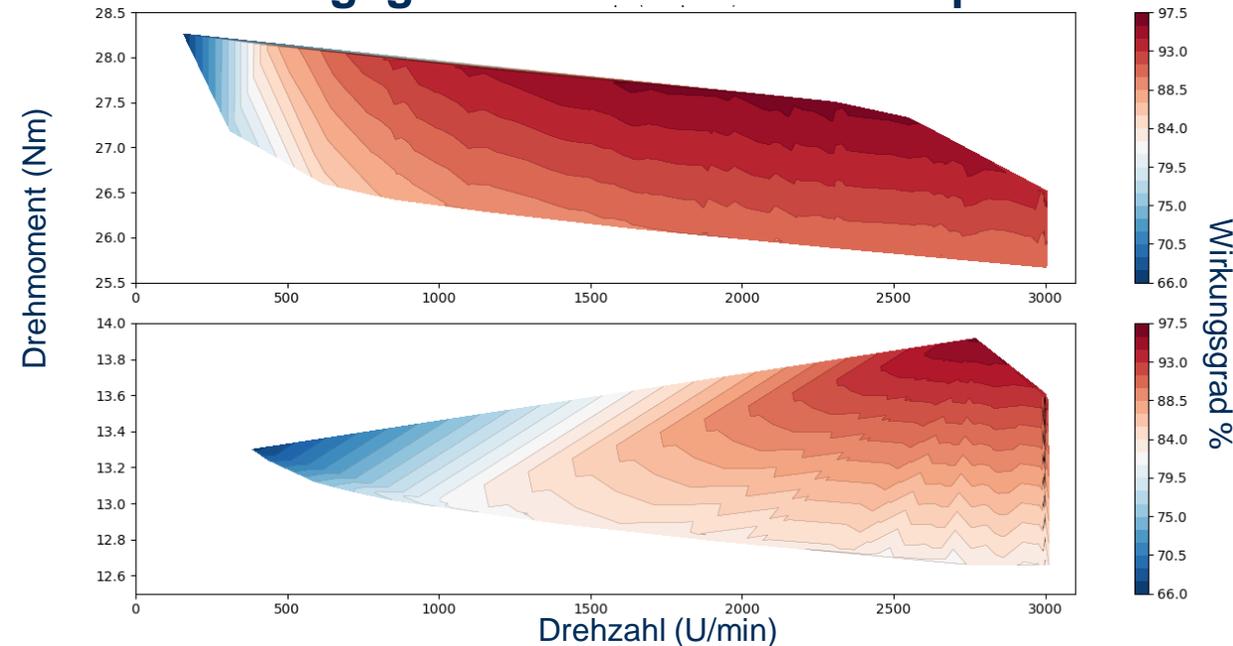


Frequenzanalyse über der Zeit, Dargestellt werden Strom, Spannung Beschleunigung, Schalldruck während eine Hochlaufes 0-3000 U/min

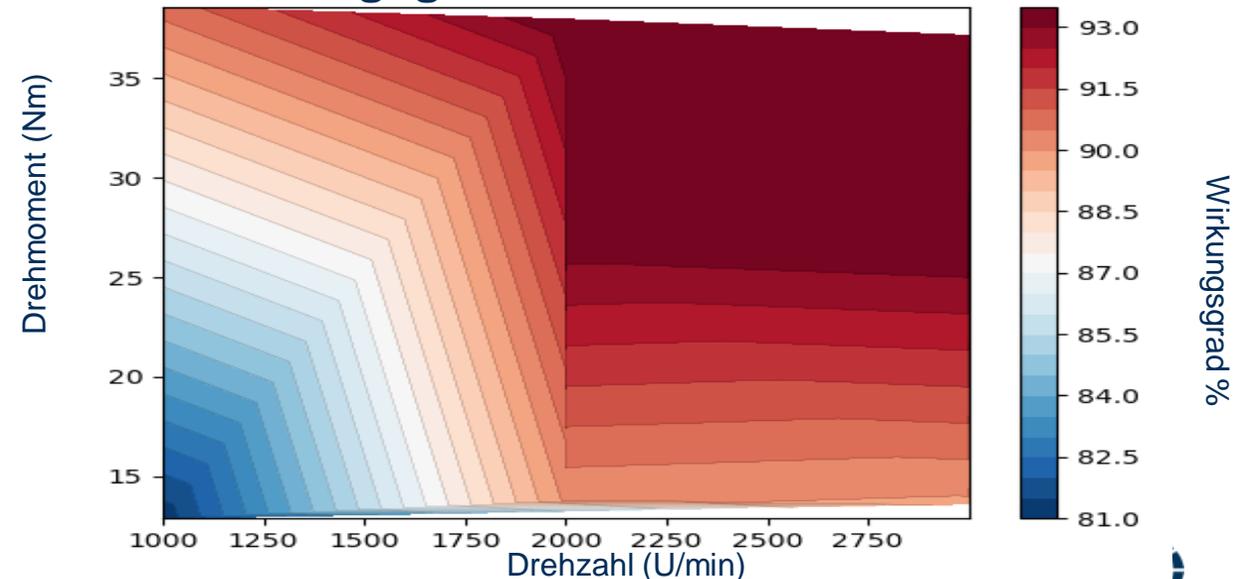
Wirkungsgrad aus Rampen

- Rampenwirkungsgrad kann verwendet werden, um Wirkungsgrad grafisch darzustellen
 - Dynamische Leistungsmessung erforderlich
 - Erfordert Drehmoment mit hoher Bandbreite
- Ergebnisse können im Rahmen von NVH verwendet werden, um abzuschätzen, wie sich ihre Änderungen auf den Wirkungsgrad auswirken
- Enge Korrelation mit statischen Wirkungsgrad-Kennfeldmessungen

Wirkungsgrad 3A Feldstrom - Rampen



Wirkungsgrad 3A Feldstrom - klassisch



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Ricarda Nerche

Application Specialist - Sound &
Vibration Measurements



Elektrische Leistungstests mit HBK

