

Innovationen in der Überwachung und Diagnose von elektrischen Maschinen

Prof. Dr.-Ing. Christian Kreischer

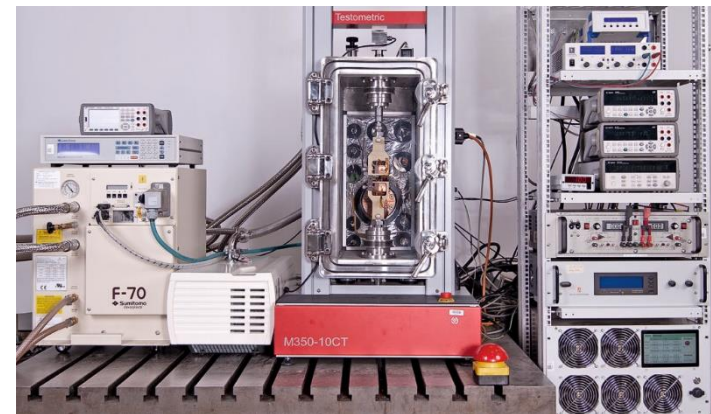
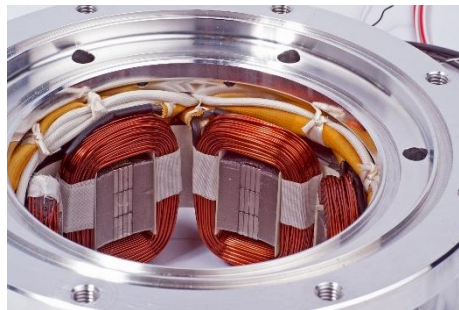
Professur für Elektrische Maschinen und Antriebssysteme

Helmut-Schmidt-Universität / UniBwH

Fakultät für Elektrotechnik

Forschungsgebiete

- Auslegung und Berechnung hoch ausgenutzter elektrischer Antriebe
- Neuartige Windenergieanlagen mit supraleitender Wicklung
- **Überwachung und Diagnose elektrischer Maschinen**
- Innovative Antriebssysteme und Sondermaschinen

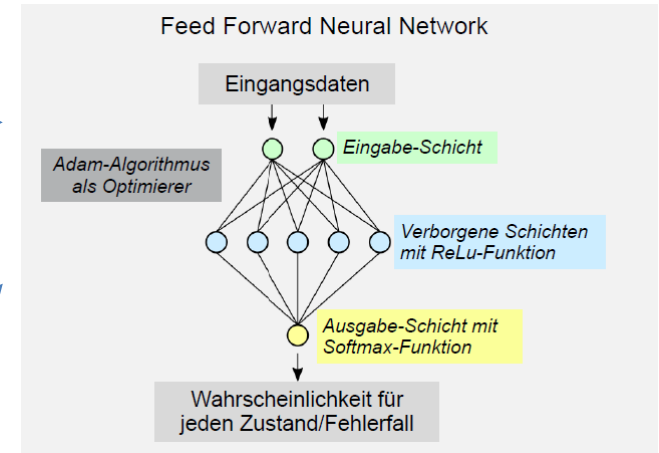
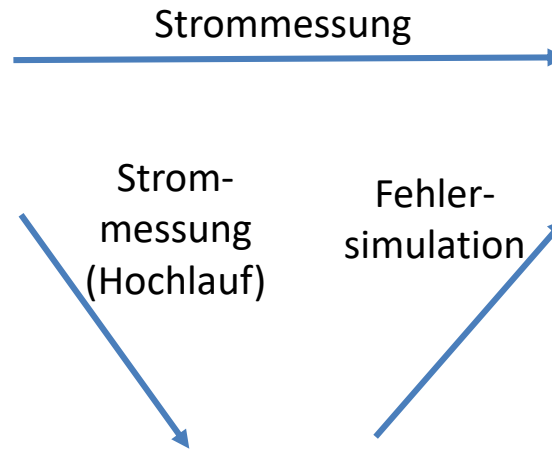


Laborfotos EMA

Überblick zur entwickelten Überwachungs- und Diagnosemethode



Elektrische Maschine



KI-Modell zur Fehlerdetektion

$$\begin{bmatrix} U_S \\ U_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_S & 0 \\ 0 & R_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_S \\ i_R \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \left(\begin{bmatrix} L_S & 0 \\ 0 & L_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_S \\ i_R \end{bmatrix} \right) + \frac{d}{dt} \left(\begin{bmatrix} M_{SS} & M_{SR} \\ M_{RS} & M_{RR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_S \\ i_R \end{bmatrix} \right)$$

S: Stator
R: Rotor

Ohm. Widerstände

Streuinduktivitäten

Koppelinduktivitäten

Digitaler Zwilling

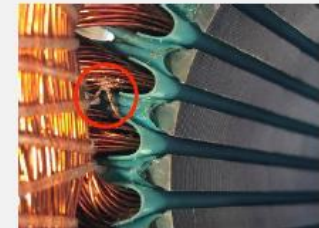
Validierung anhand von 1,1 kW Käfigläufer-ASM

Einbringung von Fehlerfällen

Fehler des Induktionsmotors	Art der Manipulation
Zu geringe Spannung	Spannungsregelung über Transformator
Unsymmetrische Spannung	Spannungsregelung über Transformator
Offene Phase	Unterbrechung einer Phase
Gebrochener Käfigstab	Bohrung durch Stab
Windungsschluss	Kontaktieren zweier Windungen
Gemischte Exzentrizität	Installation von Unwuchtgewicht
Lagerschaden am Außenring	Fehlstelle im Lager durch Lasern
Lagerschaden am Innenring	Fehlstelle im Lager durch Lasern
Globaler Lagerschaden	Streugut im Lager



Gebrochener Käfigstab



Windungsschluss



Gemischte Exzentrizität



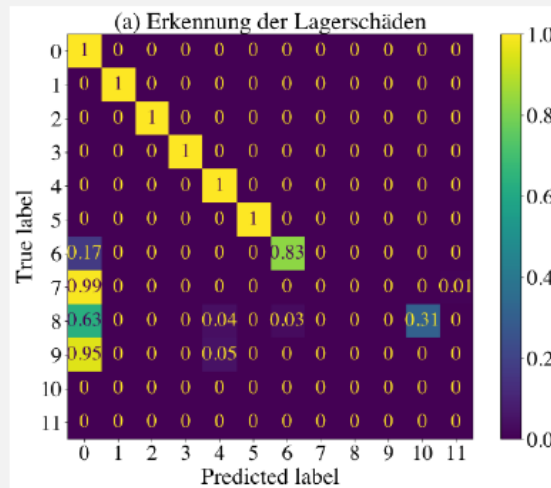
Lagerschaden am Innenring

Sehr hohe Fehlererkennungsgenauigkeit.

Lediglich leichte Lagerschäden werden als fehlerfreier Zustand identifiziert.

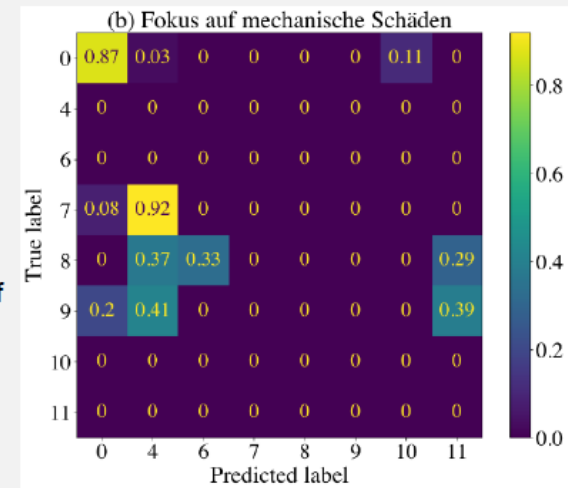
Validierung anhand von 1,1 kW Käfigläufer-ASM

Kombiniertes Framework für die Fehlererkennung – Umfassende Zustandserkennung



Lagerschäden (7-9) werden vorrangig als gesunder Zustand (0) klassifiziert

→
NN-Training mit Fokus auf mechanische Schäden



Gesunder Zustand (0) und Lagerschäden (7-9) können voneinander unterschieden werden

0: Gesunder Zustand, 1: Zu geringe Spannung, 2: Unsymmetrische Spannung 3: Offene Phase, 4: Gebrochener Käfigstab, 5: Windungsschluss, 6: Gemischte Exzentrizität, 7: Lagerschaden am Innenring, 8: Lagerschaden am Außenring, 9: Globaler Lagerschaden, 10: Statische Exzentrizität, 11: Dynamische Exzentrizität

Sehr hohe Fehlererkennungsgenauigkeit.

Lediglich leichte Lagerschäden werden als fehlerfreier Zustand identifiziert.

Quellen:

Moritz Benninger

KI-basiertes Monitoring und Diagnose von elektrischen Maschinen im industriellen Umfeld

Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, 2024

<https://doi.org/10.24405/15300>