



1 Geräuschminimierte Getriebe: Mit dem Echtzeit-Inprozess-Monitoringsystem 'Argus' kann Reishauer frühzeitig Rückschlüsse über qualitätsmindernde Einflussfaktoren ziehen – etwa verschleißbehaftete Maschinenkomponenten – um so EOL-NVH-Prüfungen vorzugreifen © Reishauer

Prozessmonitoring

Geräuschverhalten in Getrieben beim Verzahnen detektieren

Die Geräuschentwicklung wird zunehmend zum Gradmesser für die Güte eines Getriebes. Reishauer begegnet den im Zuge der Elektromobilität gestiegenen 'NVH'-Anforderungen mit 'Argus', einem detektierenden Inline-Monitoring für seine Verzahnungs-Schleifmaschinen.

von Christian Dietz und Walter Graf

Aus der heutigen industriellen Umstellung konventioneller Antriebskonzepte mit Verbrennungsmotor auf Elektromotoren resultieren ganz neue Anforderungen an moderne und künftige Getriebe. Der Bedarf hoher Leistungsdichten infolge der zunehmenden Drehmomente der Elektromotoren sowie eine zunehmende Geräuscharmheit ragen dabei heraus. Insbesondere durch die fehlende Geräuschmaskierung des Verbrennungsmotors und auch durch generell

höhere Drehzahlen der Elektroantriebe stehen Getriebeentwickler und Prozesstechnologen in der Verzahnungsbearbeitung heute vor neuen und spannenden Herausforderungen wie die erhöhte Geräuschentwicklung, deren Lösungsansätze hier diskutiert werden.

Inline statt nur End-of-Line

Auch der komplexeste Schleifprozess, wie ihn das kontinuierliche Wälzschleifen von Verzahnungen darstellt, ist mithilfe eines Prozessmonitoring-Systems

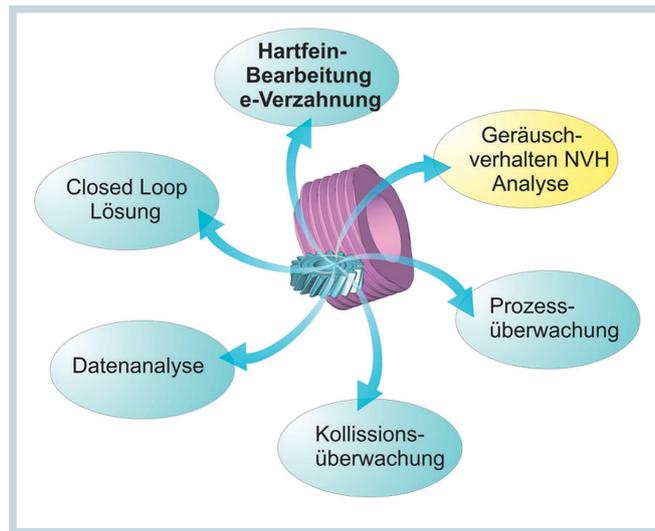
definierbar. Das hier beschriebene System 'Argus' erfasst die Abricht- und Schleifintensität mittels intelligenter Echtzeit-Datenverarbeitung und erprobter Algorithmen. Unter der Schleifintensität versteht Reishauer ein dem Prozess zugrunde liegendes Kraftmodell zur Normierung der Schleif- und Abrichtkräfte. Dank der Prozessinteraktion werden, unter Berücksichtigung eingestellter Bewertungsgrenzen, grenzüber- oder -unterschreitende Werkstücke automatisch ausgeschleust.

Die Abricht- und Schleifprozessdaten werden jedem einzelnen Werkstück und den Schleif- und Abrichtwerkzeugen zugeordnet und in einer Datenbank abgelegt, bleiben somit hundertprozentig rückverfolgbar und ermöglichen umfassende Analysemöglichkeiten. Da dieses Thema weitumfassend ist, beschränkt sich dieser Bericht auf das Detektieren und Analysieren von Geräuschentwicklung (NVH) in Getrieben und verschiebt andere wichtige Themen (Bild 2) auf zukünftige Artikel.

In der Herstellung hartfeinbearbeiteter Verzahnungen ist das NVH-Verhalten (NVH steht für Noise, Vibration & Harshness, zu deutsch Geräusch, Vibration, Rauigkeit) ein relevantes und etabliertes Kriterium für die Beurteilung der Tauglichkeit eines Hochleistungsgetriebes. Generell erfolgt diese Beurteilung im EOL-Prüfstand (End of Line), nach dem finalen Zusammenbau des Getriebes, also im letzten Schritt der Fertigungskette. Die Detektion eines Makels ist hier von besonderer Bedeutung, jedoch lassen sich größere Aufwände und Kosten durch eine frühere Beurteilung möglicher Fehler reduzieren.

Wissen um Trends ermöglicht gezielte Gegenmaßnahmen

Ein großes Potenzial zur Inline-Beurteilung des Echtzeitzustands bietet hier die zyklische Komponentenanalyse. Mithilfe zyklisch wiederholter und normierter Tests kann der generelle Maschinenzustand erfasst werden. So ist es beispielsweise einfach möglich, das Verschleißverhalten eines Lagers der Shiftachse hervorzuheben, beziehungsweise zu analysieren. Üblicherweise ist die Darstellung der Messsignale im Frequenzbereich hier sehr vom Vorteil, um spezielle Probleme aufzulösen. Wie aus Bild 3 hervorgeht, ist rückblickend der Lagerverschleiß der Y-Shiftachse der Maschine seit April 2021 angestiegen und hat seinen Zenit im Juni 2021 erreicht, was letztendlich mit einem Tausch der beschädigten Maschinenkomponente gelöst wurde. Zusammenfassend kann man nun schlussfolgern, dass ein

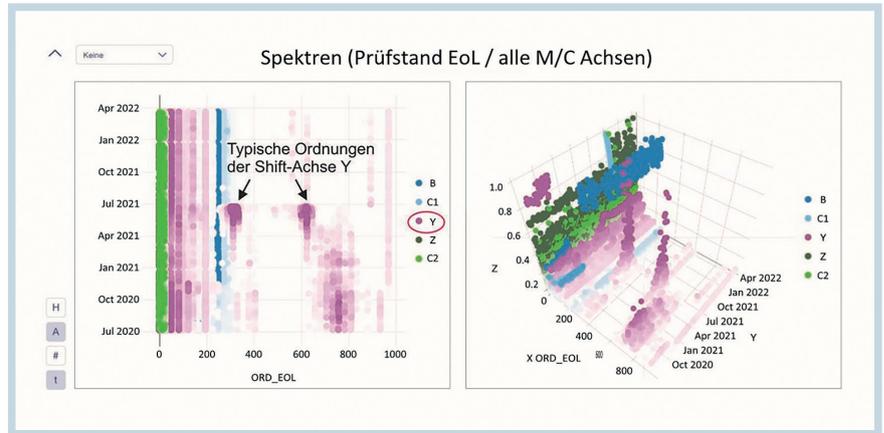


2 Nicht nur die Geräuschemission im Blick: Übersicht der im Argus-System enthaltenen Leistungsaspekte

© Reishauer

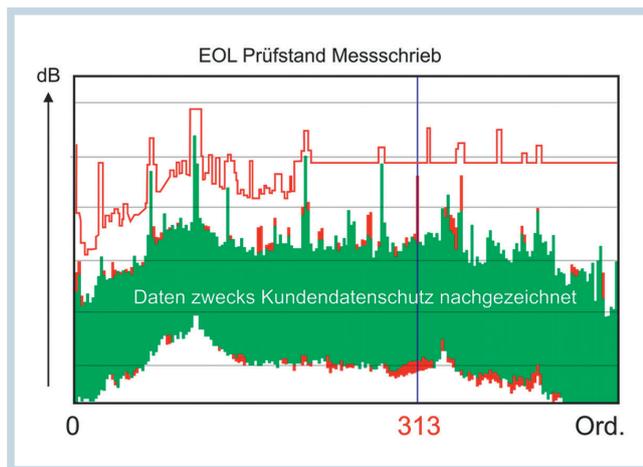
Komponentenschaden frühzeitig erkannt werden kann, womit sich mögliche Maschinenkomponenten-bedingte EOL-Probleme vor allem frühzeitig beheben und vermeiden lassen.

Eine elementare Frage in der Analyse von EOL-Problemen ist es natürlich, ausgewählte Probleme zu analysieren. Eine gängige Praxis ist das Reverse-Engineering. Trotz aller Bemühungen, können im EOL-Prüfstand noch immer Geräuschthemen auftreten, auch wenn dies nur noch selten der Fall ist. Ist nun eine mögliche, im Getriebe auffällige Ordnung erkannt, wie es beispielsweise in einer Prüfstandsmessung in Bild 4



3 Komponentenzklusmessungen der Shiftachse über die Zeit; Darstellung in Hz

© Reishauer



4 EOL-Spektrum vom Getriebeprüfstand mit Auffälligkeiten in der Ordnung 313 © Reishauer

dargestellt ist, kann mit Hilfe der Ordnungsanalyse das mögliche Maschinenproblem identifiziert werden.

Ordnungsanalyse führt ans Ziel

Im hier dargestellten Fall liegt eine Auffälligkeit bei Ordnung 313 im Getriebeprüfstand vor (Bild 5), was einer Anregung beim 313-fachen Wert der Zahnradrehfrequenz entspricht. Natürlich ist es nun ein Bedürfnis, diese EOL-Anregung auf einen möglichen Komponentenschaden zurückzuführen. Genau für diesen Fall lässt sich in der WEB-NVH-Analyse des Reishauer-Argus-Systems eine Rückrechnung der Komponentenmessung anstellen. Dank der Rückverfolgung aller Technologie- und Geometriedaten in der Cloud, kann, mithilfe patentierter Methoden, eine Rückrechnung der Komponentenmessungen auf eine EOL-Anregung im Getriebe infolge des Komponentenverhaltens gerechnet werden. In Bild 3 sind alle Komponentenachsen in EOL-

Ordnungen dargestellt, woraus sich einfach ein Problem in der Y-Achse identifizieren lässt, welches zur Anregung 313 im Getriebe geführt hat. Alternativ, und fast noch einfacher, lassen sich im Argus-WEB-System auch explizite Suchen zu Ordnungen im EOL-Prüfstand durchführen. In diesem Beispiel wurde nun explizit nach der Ordnung 313 gesucht und gemäß Bild 5 wurde eine übersichtliche Tabelle ausgegeben, die auf den verschleißbedingten Lager-schaden der Shiftachse verweist.

Schlussfolgerung

Dieser Artikel beschreibt, wie die Argus-EOL-Funktion von Reishauer NVH-Probleme vorhersagen kann, indem sie den Zustand der gesamten Maschinenkomponenten anhand standardisierter und zyklischer Messungen analysiert. Somit werden kritisch beurteilte Werkstücke gar nicht erst in Getrieben verbaut, da sie vom Argus-System vorrangig ausgeschleust wer-

Statistische Fehlersuche der kritische Achsen

Achsen	Fehler
B	25.1 %
Y	34.4 %
Y	2.2 %
Y	33.6 %
Y	5.0 %

Auszug einer Suche nach kritischen Achsen-Ordnungen. Die Komponente Y-Achse korreliert mit der Ordnung 313

5 Auszug aus der Zusammenstellung aller möglichen Fehler: Der wahrscheinlichste Fehler mit der geringsten statistischen Abweichung von nur 2,2 Prozent, der mit der Ordnung 313 korreliert, bezieht sich auf die Y-Shift-Achse der Schleifmaschine © Reishauer

den. Sollte aber ein NVH-Problem erst auf dem EOL-Prüfstand entdeckt werden, helfen patentierte Algorithmen dabei, abgenutzte Teile der Werkzeugmaschinenachsen zu identifizieren, um eine entsprechende Wartung einzuleiten und das Problem zu beheben. ■

INFORMATION & SERVICE



HERSTELLER

Reishauer AG

CH-8304 Wallisellen

Tel. +41 44 832 22 11

www.reishauer.com

GrindingHub Halle 10, D44

AUTOREN

Dr. Christian Dietz ist Fachbereichsleiter R&D bei Reishauer in Wallisellen

Walter Graf ist Senior Project Manager bei Reishauer

walter.graf@reishauer.com