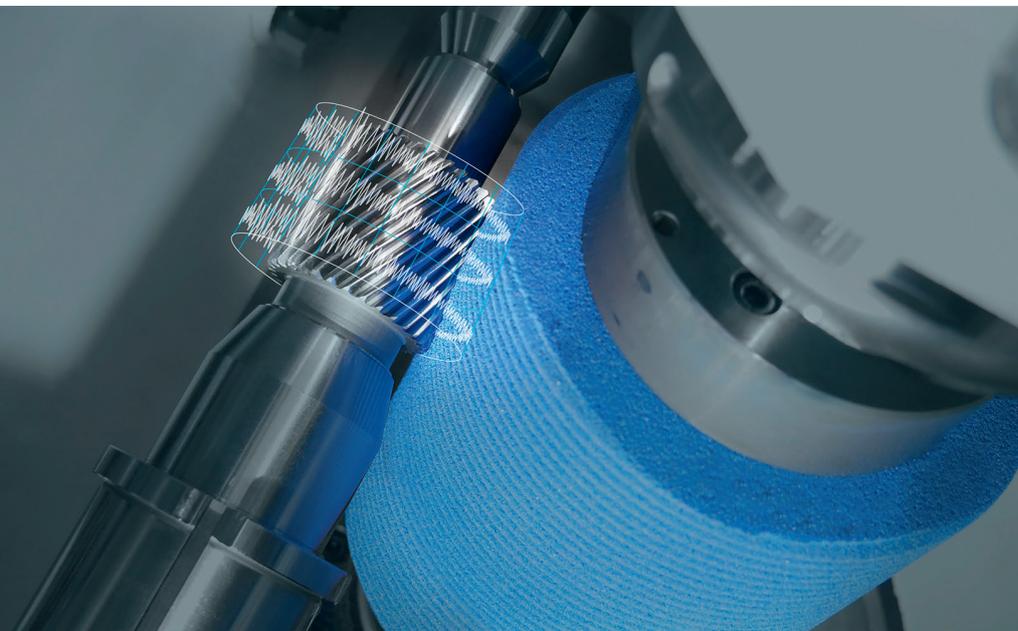


Verzahnungsschleifen

# Fehlerfrei zum E-Zahnrad

Getriebe für E-Autos sind zwar relativ einfach aufgebaut, stellen aber hohe Anforderungen an die Fertigungsgenauigkeit der verwendeten Zahnräder. Neue In-Prozess-Verfahren zur Qualitätssicherung ermöglichen es, diese Vorgaben auch in der Serienfertigung zu erfüllen.

von Martin Witzsch



1 Wälzschleifen einer E-Getriebe-Verzahnung © Kapp Niles

**B**ei E-Antriebs-Zahnradern stehen genau wie bei Verbrennern Flankentragfähigkeit und gute Laufeigenschaften im Vordergrund; das fast konstante Drehmomentniveau und die hohen Drehzahlen erfordern allerdings eine andere Auslegung der Verzahnung, die ihrerseits das Geräuschverhalten beeinflussen kann. Dabei sind gerade hier die Ansprüche höher als beim Verbrenner, denn E-Antriebe sind fast geräuschlos.

Keinen Unterschied gibt es jedoch in puncto Zwang zu größter Wirtschaftlichkeit. So nutzt man auch in der Serienfertigung von E-Getriebe-Verzahnungen meist das hoch produktive Wälz-

schleifen zur Feinbearbeitung. Für Kapp Niles als Spezialist für die Zahnrad-Hartfeinbearbeitung stellt sich somit die Aufgabe, einen sowohl produktiven als auch in Bezug auf das Geräuschverhalten optimierten Schleifprozess zu realisieren.

## Das Ziel: Mögliche Geräuschprobleme schon beim Bearbeiten erkennen

So beschäftigt man sich im Unternehmen mit der Weiterentwicklung der In-Prozess-Analyse, bei der schon während der Bearbeitung Rückschlüsse auf die erzeugte Bauteilqualität gezogen werden. Prozessmonitoring heißt das Schlagwort. Achim Stegner, Leiter der

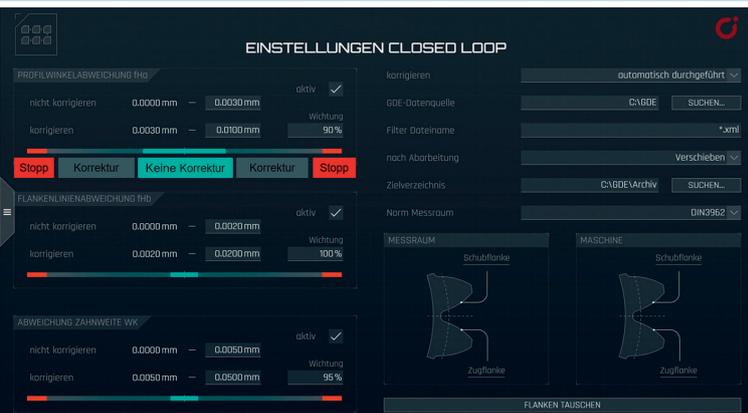
Vorentwicklung bei Kapp Niles:

»Zukünftig wollen wir die schon vorhandenen Sensoren und Messsysteme auch dazu nutzen, den Prozess direkt in der Maschine zu beurteilen.«

Damit ist aber nicht gemeint, eine zusätzliche taktile Messfunktion in die Schleifmaschine zu integrieren, um damit einen schnelleren Closed Loop zu realisieren. Es geht auch nicht darum, ein geschliffenes Bauteil direkt in der Maschine zu prüfen, zu bewerten und eventuelle Abweichungen bei der Herstellung weiterer Bauteile zu korrigieren. Der Fokus liegt vielmehr auf der Analyse des Bearbeitungsprozesses in Echtzeit (!), um Abweichungen von einem vorher definierten Referenzprozess zu erkennen.

In zahlreichen Versuchen stellte sich jedoch heraus, dass es nicht genügt, reine Soll/Ist-Vergleiche für Signale aus der Maschine zu definieren. Hierfür sind die Vorgänge zu komplex. »Man benötigt eine intelligenter Form der Auswertung«, so Achim Stegner. »Eine künstliche Intelligenz, die versucht, Entscheidungsstrukturen des Menschen nachzubilden. Dieser trifft aus einer Vielzahl unterschiedlicher Informationen – überlagert mit seinen Erfahrungen – Entscheidungen, nach denen er handelt.« Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass man sich abzeichnende Fehler noch während der Bearbeitung erkennen und möglicherweise sogar korrigieren kann.

Prozessmonitoring lässt sich als bauteilspezifische Überwachung und



2 Beim Closed Loop entscheidet schon jetzt die Schleifmaschine anhand vorwählbarer Toleranzkorridore selbstständig, ob in den Prozess eingegriffen werden muss © Kapp Niles

Dazu ist aber natürlich breites Erfahrungswissen aus Fehlerbildern, der geometrischen Qualität der Bauteile und entsprechender Rückmeldungen vom Getriebeprüfstand notwendig. «Nächstes Ziel ist, dass der Anwender diese Funktionalität auch ohne unsere bauteilspezifische Unterstützung nutzen kann», fügt Friedrich Wölfel, Leiter Vertrieb Maschinen bei Kapp Niles, hinzu. »Wichtig ist auch zu verstehen, dass sich Prozessmonitoring und Closed Loop nicht widersprechen, sondern ergänzen.«

Beide Ansätze zur prozessintegrierten Qualitätssicherung stehen schon heute für Kapp-Niles-Werkzeugmaschinen zur Verfügung und erhalten durch die Erfahrungen aus der Serienfertigung kontinuierlich weitere Funktionen und Möglichkeiten.

Die vollständige Version dieses Fachartikels ist online unter der Webadresse [www.werkstatt-betrieb.de](http://www.werkstatt-betrieb.de) zu finden. ■

Bewertung des Schleifprozesses definieren. Es ist nicht trivial, aus den Sensor-signalen eine Handlungsanweisung zu generieren, aber möglich. Aus Zeitsignalen lassen sich verschiedene Kennwerte bilden. Im einfachsten Fall können diese Maximal- oder RMS-(Root-Mean-Square-)Werte der Signale sein. Die Kennwerte werden dann mit den bekannten Projektdaten über Algorithmen zusammengefasst und zu Indices verarbeitet, etwa zu einem Geräusch- oder Schneckenausbruch-Index.

### Prozessmonitoring: Eingreifen, bevor es zu spät ist

Speziell zu den Getriebegeräuschen führt Achim Stegner aus: »Für geräusch-kritische Bauteile lässt sich über eine Fast-Fourier-Transformation (FFT) eine Ordnungsanalyse ähnlich dem Ordnungsspektrum an einem End-of-line-Prüfstand erstellen. Damit können die aufgezeichneten Signale besser eingeordnet und in Bezug zu Ergebnissen am Getriebeprüfstand gebracht werden. Nicht aufbereitete Messdaten haben keinen Nutzen.« Am Ende helfen vor

allem im Fertigungsumfeld nur entsprechende Indices, um sehr spezifisch Fehler zu identifizieren.

Der Nutzen des Prozessmonitorings lässt sich also wie folgt festmachen: 100-Prozent-Prüfung aller Teile, Identifikation von Auffälligkeiten noch im Prozess, Erkennen bauteilspezifischer Fehler, gezielte Meldung über Unregelmäßigkeiten, adaptiver Eingriff in den Prozess sowie Teilerückverfolgung.

Prozessmonitoring ist heute noch keine App, die man einfach herunterladen und nutzen kann. Es ist vielmehr eine kunden- und anwendungsspezifische Entwicklung, die bezogen auf das jeweilige Bauteil bestimmte Indices definiert und überwacht.

Doch schon dieser erste Schritt ist deutlich mehr, als bis vor Kurzem für machbar gehalten wurde. Achim Stegner: »Schon heute setzen mehrere Pilotkunden diese Funktionalität ein. Wir können aktuell schon unterschiedliche Fehler erkennen und auch prozessseitig eingreifen. Zudem arbeiten wir daran, dass die Schleifmaschine sich Kennwerte für neue Bauteile selbst anlernt.

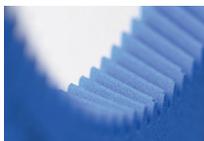
## INFORMATION & SERVICE

### HERSTELLER

**Kapp GmbH & Co. KG**  
96540 Coburg  
Tel. +49 9561 866-0  
[www.kapp-niles.com](http://www.kapp-niles.com)

### DER AUTOR

**Martin Witzsch** ist freier Journalist  
in Erlangen  
[info@witzsch.com](mailto:info@witzsch.com)



**KREBS & RIEDEL**  
Schleifscheibenfabrik GmbH & Co. KG

- Neu im Programm: Abrichtwerkzeuge und Honringe
- CBN- und Diamantwerkzeuge in keramischer Bindung
- Schleifscheiben in keramischer Bindung
- Schleifscheiben in Kunstharzbindung
- Faserstoffverstärkte Trenn- und Schleifscheiben

**Innovative Schleiftechnik seit 1895!**

Wir beraten Sie bei jeder Schleifaufgabe und entwickeln gemeinsam mit Ihnen Ihre individuelle Schleifscheibe.

**KREBS & RIEDEL**  
Schleifscheibenfabrik GmbH & Co. KG  
Bremer Str. 44 • 34385 Bad Karlshafen  
Tel.: +49 5672 184-0  
E-Mail: [mail@krebs-riedel.de](mailto:mail@krebs-riedel.de)  
Web: [www.krebs-riedel.de](http://www.krebs-riedel.de)

en03w021