

Funktionsorientierte Filterung zur Beurteilung der Rauheit von hochfeinen Zahnflankenoberflächen

Die Oberflächenrauheit im Zahnflankenkontakt hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Zahnflankentragfähigkeit im Betrieb. Darüber hinaus konnte in Voruntersuchungen gezeigt werden, dass auch die heute durch Filteroperationen entfernte Oberflächenwelligkeit einen Einfluss auf die Entstehung von Zahnflankenschäden hat. Eine funktionsorientierte Trennung des Rauheitsprofils vom Primärprofil ist in der aktuellen Normgebung jedoch nicht vorgesehen, da die Filterparameter in Abhängigkeit von vertikalen Rauheitskenngrößen und unabhängig von den horizontalen Kontaktbedingungen im Wälzkontakt gewählt werden, siehe **Bild 1**. Das Forschungsvorhaben hat daher die zentrale Fragestellung betrachtet, bei welcher Grenzwellenlänge λ_c eine Trennung des Primärprofils in ein Rauheits- und Welligkeitsprofil im Hinblick auf die Funktion vorgenommen werden sollte. Durch die gezielte Trennung des Rauheitsprofils vom Primärprofil wird es ermöglicht, nur den Wellenlängenbereich zu betrachten, der die Beanspruchung in der Kontaktzone des Wälzkontakts auf Mikroebene beeinflusst.

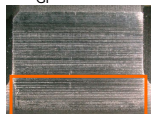
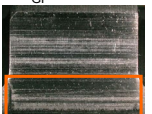
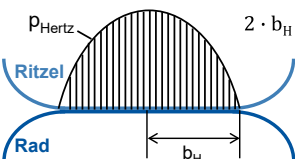
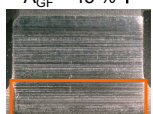
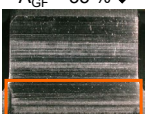
		Welligkeitsfilterung	Graufleckenaufreten															
Normbasiert	Filter unabhängig von horizontalen Kontaktgrößen	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>λ_c / mm</th> <th>Ra / μm</th> <th>Rz / μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,08</td> <td>< 0,02</td> <td>< 0,1</td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>< 0,1</td> <td>< 0,5</td> </tr> <tr> <td>0,80</td> <td>< 2</td> <td>< 10</td> </tr> <tr> <td>2,50</td> <td>< 10</td> <td>< 50</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">Definition der Filtergrenzwellenlänge λ_c ausschließlich abhängig von vertikalen Rauheitskenngrößen</p>	λ_c / mm	Ra / μm	Rz / μm	0,08	< 0,02	< 0,1	0,25	< 0,1	< 0,5	0,80	< 2	< 10	2,50	< 10	< 50	<p style="text-align: center;">Normbasierte Filterung $\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$</p> <p>Ra = 0,56 μm ↓ Ra = 0,58 μm ↑ A_{GF} ≈ 45 % ↑ A_{GF} ≈ 35 % ↓</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="color: red; font-weight: bold;">Keine Korrelation</p> <p style="font-size: x-small;">zwischen normbasierter Rauheit und Grauflecken für Verzahnungen mit unterschiedlichen Welligkeitsanteilen</p>
	λ_c / mm	Ra / μm	Rz / μm															
0,08	< 0,02	< 0,1																
0,25	< 0,1	< 0,5																
0,80	< 2	< 10																
2,50	< 10	< 50																
Funktionsorientiert	Filter abhängig von horizontaler Kontaktgröße	<p style="text-align: center;">Filter abhängig von horizontaler Kontaktgröße</p> <p style="text-align: center;">$2 \cdot b_H \leq \lambda_c \leq 2,5 \cdot b_H$</p>  <p style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">Horizontale</p> <p style="font-size: x-small;">Kontaktgröße Hertz'sche Abplattungsbreite b_H</p>	<p style="text-align: center;">Funktionsorientierte Filterung $\lambda_c = 2 \cdot b_H = 0,3 \text{ mm}$</p> <p>Ra = 0,54 μm ↑ Ra = 0,50 μm ↓ A_{GF} ≈ 45 % ↑ A_{GF} ≈ 35 % ↓</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="color: green; font-weight: bold;">Korrelation</p> <p style="font-size: x-small;">zwischen funktionsorientierter Rauheit und Grauflecken für Verzahnungen mit unterschiedlichen Welligkeitsanteilen</p>															

Bild 1: Normbasierte und funktionsorientierte Filterung von Welligkeitsanteilen

Das zentrale Ergebnis dieses Forschungsvorhabens ist eine Methode zur Bestimmung der Grenzwellenlänge in Abhängigkeit von der Hertz'schen Abplattungsbreite b_H . Sowohl die funktionsorientierte Analyse als auch die Validierung mit Prüfstandsversuchen haben bestätigt, dass die Grenzwellenlänge λ_c etwa gleich der vollständigen Abplattungsbreite im Wälzkontakt gewählt werden sollte, siehe Bild 1 unten links. Auf diese Weise konnte eine bessere Korrelation zwischen dem Prüfstandsergebnis und dem Rauheitskennwert Ra abgeleitet werden. Für die Wahl der Messposition gilt, dass das Bauteil hinsichtlich der Oberflächenrauheit an der Stelle charakterisiert werden sollte, wo entweder die höchste Oberflächenrauheit

erwartet wird oder rechnerisch die geringste Lebensdauer vorliegt. Zudem ist zu beachten, dass nach heutigem Kenntnisstand alle linearen Filter auf Unstetigkeiten, wie bspw. den Übergang zur Kopfrücknahme, im gemessenen Profil reagieren, sodass diese Bereiche nicht innerhalb der Messstrecke liegen sollten. Hinsichtlich der Filterparameter wurde ermittelt, dass das derzeit etablierte Vorgehen (Polynom 5. Grades + lineares Gaußfilter) beibehalten werden kann, ein Wechsel auf das lineare gauß'sche Regressionsfilter oder das lineare Spline-Filter aber möglich ist. Insgesamt konnte in dem Projekt eine Richtlinie zur funktionsorientierten Filterung von Welligkeitsanteilen abgeleitet, validiert und in einem Merkblatt zusammengefasst werden.

Autoren: **Dr.-Ing. Mareike Davidovic, Dr.-Ing. Dieter Mevissen und Natalia Grozmani**
Werkzeugmaschinenlabor (WZL) – RWTH Aachen
Dr.-Ing. Katja Groß und Prof. Dr.-Ing. Jörg Seewig
Lehrstuhl für Messtechnik und Sensorik – RPTU Kaiserslautern Landau

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Dr.-Ing. Stefan Groß
T 069- 6603 -11 27

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 21037 der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche. Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen. **Weitere Informationen unter www.fva-net.de.**