

Maximilian Zimmer, 2016

Berechnung und Optimierung von Geometrie und Eingriffsverhalten von Verzahnungen beliebiger Achslage

Vom Verzahnungsgesetz zur optimierten Auslegung

Die Verzahnungsgeometrie stellt in den Zeiten softwareunterstützter Design- und Auslegungsphasen eine entscheidende Stellgröße im Getriebeentwicklungsprozess dar. Mit Fokus auf Erhöhung von Wirkungsgrad und Tragfähigkeit bei gleichzeitiger Reduzierung der Geräuschemission können diese Zielgrößen maßgeblich über die Makro- und Mikrogeometrie beeinflusst werden.

Die in der wissenschaftlichen Literatur beschriebenen bzw. in der Ingenieurspraxis zum Einsatz kommenden Methoden und Werkzeuge zur Beschreibung der Verzahnungsgeometrie weisen diesbezüglich oft Einschränkungen auf. So stehen häufig einzelne Zahnradarten im Fokus der Entwicklungen, eine universelle, systemübergreifende Lösung zur Berechnung, Optimierung und Bewertung verschiedenster Zahnformen mit Berücksichtigung der praxisnahen Herstellbarkeit ist nicht greifbar.

Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein mathematischer Beschreibungsrahmen entwickelt, der es erlaubt, die 3D-Zahngeometrie sowie den 3D-Zahneingriff von Zahnradstufen und Zahnstangen beliebiger Achslage zu berechnen, zu analysieren und zu optimieren. Die Grundlage hierfür stellt das räumliche Verzahnungsgesetz dar. Über geeignete Erweiterungen werden auch variable Übersetzungen und der Eingriff Zahnrad-Zahnstange berechenbar. Weiterhin wird für die Analyse und Closed-Loop-Optimierung der Verzahnungsgeometrie ein Algorithmus zur lastlosen Zahnkontaktanalyse vorgestellt.

Die Funktionalität der erarbeiteten Methoden zur Zahnformgebung und –bewertung wird an ausgewählten Anwendungsbeispielen aus der Praxis veranschaulicht. Dabei ist eine „freie“, d.h. werkzeugunabhängige und eine „restriktive“, also die Herstellkinematik berücksichtigende Zahnformgebung möglich. Auf diese Weise können Sondergeometrien und neue Zahnformen entwickelt und deren Herstellbarkeit mit Wälzwerkzeugen geprüft werden. Die Frage nach der Korrektheit der eingeführten Algorithmen kann im Rahmen einer umfassenden Vergleichsstudie mit ausgewählten Zahnradberechnungsprogrammen beantwortet werden.

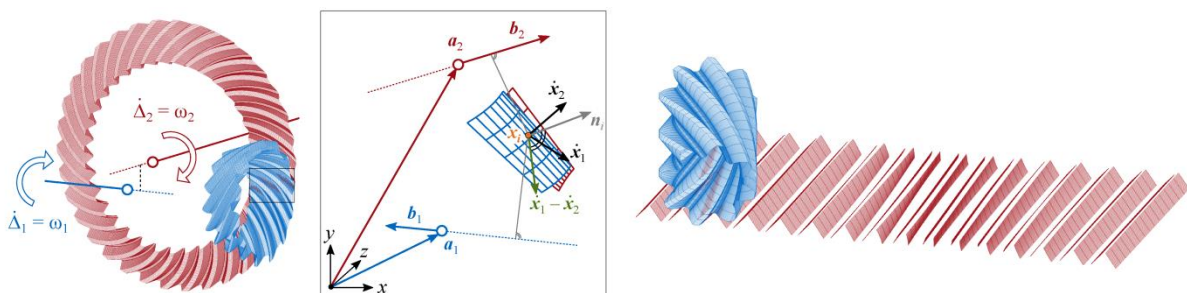


Bild 1: Schematische Darstellung des räumlichen Verzahnungsgesetzes (links) und beispielhafte Anwendung auf ein PKW-Zahnstangenlenkgetriebe mit variabler Übersetzung und veränderlicher Zahnstangengeometrie (rechts)