

*Kurzfassung Dissertation von Albert J. Wimmer, 2006*

## **Lastverluste von Stirnradverzahnungen - Konstruktive Einflüsse, Wirkungsgradmaximierung, Tribologie**

Grundlegendes Ziel der Arbeit ist es, die Einflussgrößen und ihre Wirkung auf die lastabhängige Verzahnungsverlustleistung zu bestimmen, um eine Reduzierung der Verluste und eine Steigerung des Wirkungsgrades zu erreichen. Gleichzeitig werden aber andere Auslegungskriterien wie die Tragfähigkeit oder die Schwingungsanregung nicht vernachlässigt.

Theoretische Untersuchungen führen zunächst zu Erweiterungen des Zahnverlustfaktors nach Ohlendorf  $H_V$ . Durch die Einführung des lokal-geometrischen Zahnverlustfaktors  $H_{VL}$  wird der Ansatz auf Hoch-, Schräg- oder Sonderverzahnungen und vor allem bei Flankenkorrekturen ausgedehnt. Diese Größe resultiert aus der numerisch errechneten Lastverteilung über der Eingriffsstrecke.

Für die Untersuchungen zu den geometrischen Einflüssen auf die lastabhängigen Verzahnungsverluste wird eine Referenztriebstufe modelliert, an der unter Variation der einzelnen Einflussparameter wie Eingriffswinkel, Modulgröße, Schrägungswinkel, etc. die Auswirkungen auf den Zahnverlustfaktor  $H_{VL}$ , die Tragfähigkeit und das Anregungsverhalten analysiert werden.

Die theoretische Arbeit wird durch ein umfangreiches Versuchsprogramm begleitet. In Anlehnung an die theoretischen Parametervariationen werden die geometrischen Einflussgrößen auf das Verlustverhalten – in geringerer Variantenzahl – vor allem in ihren Extremwerten im FZG-Wirkungsgradprüfstand experimentell untersucht.

Ein Klassifizierung von Verzahnungen hinsichtlich Wirkungsgrad wird vorgestellt. Des Weiteren wird aus den herausgearbeiteten Zusammenhängen ein Konstruktionskatalog abgeleitet. Es werden Beispielverzahnungen vorgestellt, die gegenüber einer jeweiligen Ausgangsverzahnung mit Hilfe des Katalogs hoch effizient ausgelegt sind, gleichzeitig aber rechnerisch keine Einbußen an Tragfähigkeit aufweisen. Dabei ergeben sich Verlustreduzierungen von teils deutlich über 50 % der Gesamtverluste. Da die Verzahnungsauslegung stets einen Kompromiss zwischen Tragfähigkeit, Anregung, Bauraum und Wirkungsgrad finden muss, sind für effizientere Verzahnungen jedoch oft Einbußen entweder bei Bauraum, Tragfähigkeit oder Anregungsverhalten hinzunehmen.

Die unkonventionelle Geometrie von hoch effizienten Verzahnungen lässt einige Fragen offen, die es zu klären gilt: Insbesondere Tragfähigkeit, auch hinsichtlich Flankenbruch, und Anregungsverhalten sind von grundlegender Bedeutung, aber auf Grund der Berechnungsmöglichkeiten nur unzureichend abgesichert.

Der letzte Teil der Arbeit setzt sich mit der Tribologie im Zahnkontakt auseinander. Eine Reihe von gemachten Beobachtungen im Rahmen von Verlust- und Reibungszahlmessungen im Zahn- und Scheibenkontakt stellen die bisher weit verbreitete Annahme einer nahezu konstanten Reibungszahl über der Eingriffsstrecke in Frage. In einem neuen Versuchsaufbau wird die

Schmierfilmdicke im Zahnkontakt genauer untersucht. Damit können erstmals Aussagen über den qualitativen Verlauf der Schmierfilmdicke über der gesamten Eingriffsstrecke aus Experimenten gewonnen werden. Die vorgestellten Untersuchungen und Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Reibungszahl im Zahnkontakt keinem konstanten Wert folgt, sondern zu Beginn des Eingriffs eine erhebliche Störung mit deutlich höherem Reibungszahlniveau vorliegt. Es wird der Reibungszahlverlauf über der Eingriffsstrecke abgeleitet und eine modellhafte Beschreibung des Reibungszahlverlaufs im Zahnkontakt vorgenommen.