

Beim Raupenantrieb (Bild 1) werden Zahnriemen mit AT-Profil eingesetzt, die sowohl mit einer Normlückengeometrie als auch mit Null-Lückengeometrie Scheibe/Stange gepaart werden. In einem praktischen Einsatzfall dieses Getriebes mit Null-Lücke traten anormale Verschleißerscheinungen am Riemen auf, deren Ursachen mit Hilfe der FEM-Simulation geklärt werden sollten. Außerdem war zu ergründen, welchen Einfluss die Lückengeometrie der Zahnstange hat und unter welchen Bedingungen welche Geometrie zu bevorzugen ist.

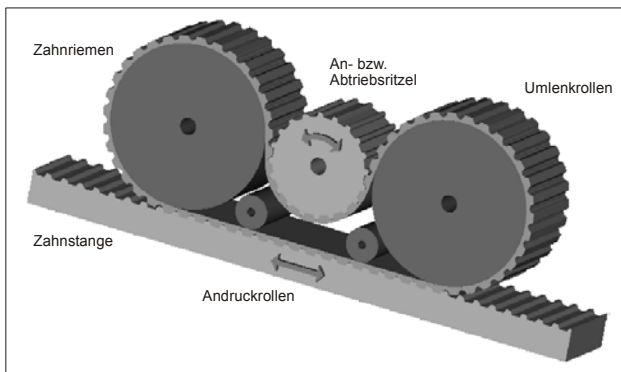


Bild 1: Aufbau des Linearmoduls nach dem Raupenprinzip

Dazu wurde zunächst das reale Getriebe ausgemessen und ein Modell des Systems erzeugt. Für die Simulation des Getriebes mussten außerdem die unterschiedlichen Betriebsarten berücksichtigt werden, da das Linearmodul über die Zahnscheibe einerseits antreibend und andererseits bremsend betrieben werden kann.

Die Simulationsergebnisse zeigten im Ausgangsgetriebe deutliche Unterschiede bei den verschiedenen Betriebsarten auf. So wird beispielsweise das Polyurethan im bremsenden Betriebsfall um bis zu 30% (maximale von Mises-Vergleichsspannung) höher belastet als beim antreibenden Betriebsfall. Die Belastungsverteilung hingegen (Bild 2) ließ geringere Zahnkräfte im bremsenden Fall erkennen. So beträgt die max. Zahnkraft (bremsend) nur etwa $\frac{3}{4}$ der Kraft, die maximal über dem ersten Zahn (antreibend) vom Riemen auf die Stange übertragen wird. Dieser zunächst scheinbare Widerspruch zwischen den maximalen Spannungen und Kräften liegt in der Größe der Berührungsflächen begründet. Damit können kleinere Zahnkräfte durchaus zu höheren Kontaktdrücken und somit zu größeren Vergleichsspannungen führen.

Beim Einlauf des Riemen in die Zahnstange sind in der Analyse deutlich Behinderungen zu erkennen. Diese Eingriffsstörungen führen zu Spannungserhöhungen im Riemen und stellen die maximale Materialbelastung im PUR des Riemen dar. Wenn man sich verdeutlicht, dass der Riemenzahn unter solch hoher Druckbelastung an dieser Flanke

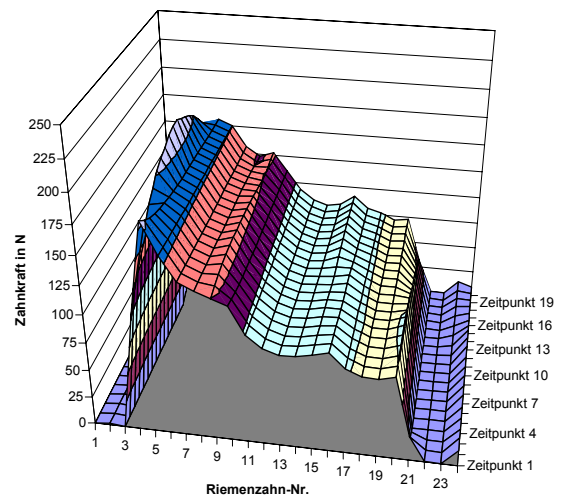
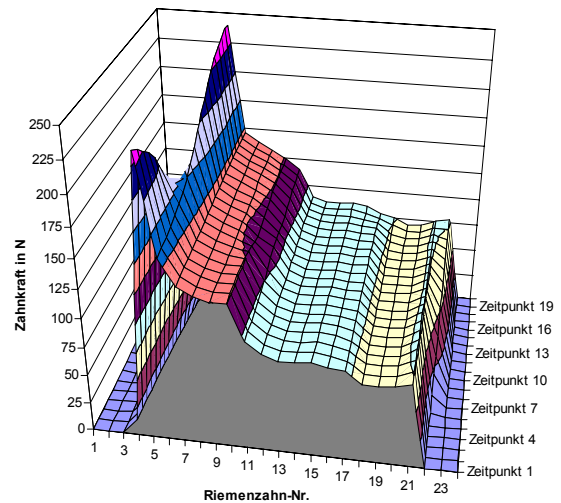


Bild 2: Belastungsverteilung für das Ausgangsgetriebe (Null-Lücke, $\Delta p=0\mu\text{m}$) bei Nennbelastung über einen vollständigen Eingriffszyklus (oben: antreibend; unten: bremsend)

in die Zahnstange eingeleiten muss, so ist ein verstärkter Verschleiß an der Zahnflanke des Riemen zu vermuten.

Des Weiteren belegen die Simulationsergebnisse, dass die jeweilige Zahnbelastung zeitlich nicht konstant ist, sondern von der konkreten Position Modul-Zahnstange abhängt. Deshalb musste bei der Untersuchung des Linearantriebes der vollständige Ein- bzw. Auslauf des Riemen in bzw. aus der Zahnstange über mindestens eine Teilung simuliert werden (Bild 2, Zeitpunkte).

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde deshalb eine Teilungskorrektur vorgeschlagen. Die Simulation eines für den Vorspannungszustand teilungsoptimierten Getriebes (Einzelteilungsdifferenz von $\Delta p = -6,7\mu\text{m}$ gegenüber Ausgangszustand) ergab deutliche Reduzierungen der maximal auftretenden Vergleichsspannungen (antreibend um über 30%; bremsend um über 20%).