

## 9. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Berechnungsschema erstellt, mit dem die statische Nachgiebigkeit von Vorschubgetrieben und deren Getriebewellen ermittelt werden kann. Dieses Berechnungsschema ist anwendbar auf alle üblichen Formen von Vorschubgetrieben mit stirnverzahnten Rädern. Es beschreibt die formalen Zusammenhänge, die zwischen den Elastizitätskomponenten einer Getriebewelle (Torsion, Biegung, ...), dem Aufbau der Welle und ihrem elastischen Gesamtverhalten bestehen. Außerdem enthält das Berechnungsschema die Gleichungen zur Bestimmung der Getriebenachgiebigkeit aus den elastischen Kennwerten der Getriebewellen und abhängig vom Aufbau des Getriebes. Das Berechnungsschema ist einerseits formal so allgemein gehalten, daß die verschiedenen Bauformen von Getrieben und Getriebewellen ausschließlich durch Streichungen von Beiwerten - Bestandteil der Gleichungssysteme des Berechnungsschemas - erfaßt werden. Die im einzelnen notwendigen Streichungen sind aus einer einfach durchzuführenden, qualitativen Analyse des Kraftflusses innerhalb der einzelnen Getriebewelle und innerhalb des Getriebes zu bestimmen. Andererseits bereitet die Erweiterung des Schemas ebenfalls keine Schwierigkeiten, so daß auch Sonderformen von Getrieben und Getriebewellen berechnet werden können. Das konnte im Verlauf der Arbeit an mehreren Beispielen demonstriert werden.

Im einzelnen zeigte sich bei der Zusammenstellung der Gleichungen, daß eine leichte Überschaubarkeit der Zusammenhänge weder für das Getriebe noch für die einzelne Getriebewelle gegeben ist. Damit wird für den Konstrukteur die Abschätzung der Wirkung seiner Entscheidungen wesentlich erschwert. Die Durchführung umfangreicher Berechnungen kann häufig kaum umgangen werden. Als Orientierungshilfen für ein gezieltes Vorgehen wurden vereinfachte Federmodelle unverzweigter und verzweigter Getriebe erstellt, an denen insbesondere die Wirkungsweise der statischen und der elastischen Verspanneinrichtungen verzweigter Getriebe ermittelt wurde. Weiterhin wurden umfangreiche Parameterrechnungen an Getriebewellen durchgeführt sowie die Ergebnisse einer detaillierten Schwachstellenanalyse an einem verzweigten, hydrostatisch verspannten Getriebe angegeben.

Aus den Parameterrechnungen ergab sich, daß es kaum möglich ist, allgemeine Angaben - im Sinne von Richtwerten für den Konstrukteur - zu machen, welche der Elastizitätskomponenten: Torsion, Biegung, ..., die Gesamtnachgiebigkeit einer Getriebewelle dominierend bestimmt. Die Verhältnisse sind stark abhängig von dem Aufbau und der Dimensionierung der Welle. Damit wird der Konstrukteur gezwungen, falls notwendig, eine eingehende rechnerische Analyse der Getriebewelle durchzuführen. Die Ergebnisse der Parameterrechnungen an Getriebewellen können dabei u. U. eine Hilfe bei einer ersten Abschätzung sein. Das gilt insbesondere für die Rechnungen, für die eine Normierung von Daten und Ergebnissen erreicht wurde.

Die detaillierte Schwachstellenanalyse eines verzweigten Getriebes ergab zweierlei: Die letzte, gegebenenfalls auch die vorletzte Welle eines Getriebes bestimmt im wesentlichen die Nachgiebigkeit des gesamten Getriebes. Dort - am Getriebeausgang - ist somit von vorneherein der größte Aufwand zweckmäßig. Sinnvolle konstruktive Maßnahmen ergeben sich aus der Schwachstellenanalyse der betroffenen Wellen. Das zweite Ergebnis betrifft die Wirkung der zur Verspannung des Getriebes eingesetzten hydrostatischen Einrichtung: der gesamte Getriebezweig, dessen Bestandteil die Verspanneinrichtung ist, trägt hier zur Gesamtsteifigkeit des Getriebes nicht bei, ein Resultat, daß bereits aus einem der vereinfachten Federmodelle des verzweigten Getriebes abgeleitet werden konnte. Alternativlösungen mit elastischen Verspanneinheiten ergaben zum Teil eine wesentliche Anhebung der Steifigkeit des Getriebes.

Der abschließende Vergleich von Rechen- und Meßergebnissen für einen Versuchsantrieb bestätigte, daß die Gleichungssysteme zur Durchführung eingehender Schwachstellenanalysen an Vorschubgetrieben eingesetzt werden können und damit auch für die Ermittlung zweckmäßiger Änderungsmaßnahmen zu verwenden sind.