

# Bewertung von Kegelrädern

Um die Auslegung von Kegelrädern zu bewerten gibt es verschiedenen Methoden. Ob die eine Kombination aus FE und Normrechnung eine geeignete Methode ist?

DIPL.-ING. JÜRGEN LANGHART, KISSOFT

Der Auslegungsprozess bei Kegelradsätzen ist eine Herausforderung. Es gibt zahlreiche Bewertungsmethoden, die jeweils bestimmte Möglichkeiten und Vorteile bieten. Die Resultate bei Spannungen und Sicherheitsfaktoren können jedoch unterschiedlich ausfallen. Welcher Methode soll ein Konstrukteur vertrauen? Und wie die verschiedenen Werkzeuge miteinander kombinieren, um das zuverlässigste Resultat zu erzielen?

### Bewertungsstandards

Wird die Festigkeit von Kegelrädern nach Normen wie AGMA, ISO oder DNV bewertet, stützt sie sich auf formelbasierte Berechnungen. Dabei wird die Kegelradgeometrie in ein Ersatzstirnrad überführt und anschließend dieselben Berechnungsansätze wie bei Stirnrädern angewendet. Diese werden mittels verschiedener spezifischer Kegelradfaktoren angepasst, um die spezifischen Eigenschaften von Kegelrädern zu berücksichtigen.

Mithilfe von Festigkeitsnormen lassen sich auftretenden Spannungen (Flankenpressung, Fussspannungen, etc.) sowie die zulässigen Spannungen ermitteln, die zum Berechnen der Sicherheitsfaktoren und der Lebensdauer genutzt werden. Der Vorteil einer Bewertung mit Normen sind einen vereinfachten Berechnungsansatz und eine schnell ermittelbare Makrogeometrie. Besonders hilfreich ist diese Bewertung in der Auslegungsphase, da sie sich mit einer Variantenrechnung kombinieren lässt.

### ISO 10300

Die ISO 10300 umfasst die Bewertung von Zahnbiegung, Grübchen und Fressen bei Kegel- und Hypoidrädern. Die Berechnungen zum Bewerten der Schadensarten „Flankenbruch“ und „Graufleckigkeit“ befinden sich derzeit in einer Entwurfsphase. Mit der ISO 10300 können Konstrukteure zahlreiche Parameter hinsichtlich der aktuellen Konstruktion und Anwendung von Kegelrädern anpassen.

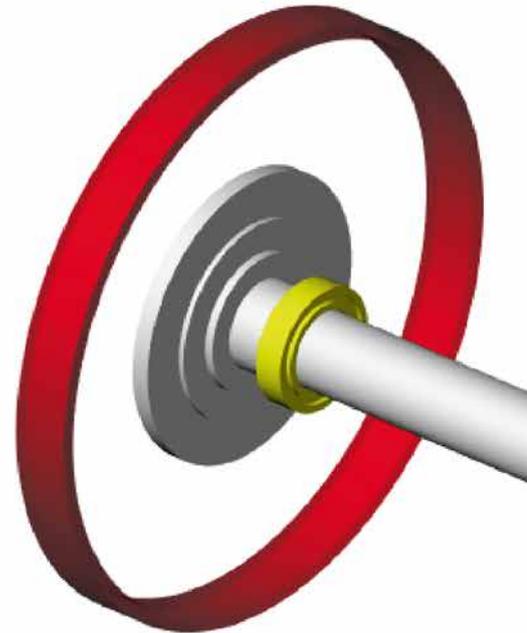
### Kontaktanalyse unter Last

Um die Beanspruchungen von Kegel- und Hypoidrädern zu berechnen, eignet sich Finite-Elemente-(FE-)Software im Rahmen einer Kontaktanalyse unter Last (LTCA). In dieser Analyse werden individuelle Flankenmodifikationen wie Balligkeit oder Verschränkung berücksichtigt sowie Verschiebungen zwischen Ritzel und Tellerrad.

Bei der Zahnflankenanalyse unter Last und lastfrei wird die exakte Flankentopologie berücksichtigt, die während des Herstellverfahrens durch die Maschineneinstellungen und Werkzeuggeometrie erzeugt wird. Dadurch lässt sich das Abrollverhalten des später hergestellten Kegelradsatzes simulieren.

### Spannungen berechnen

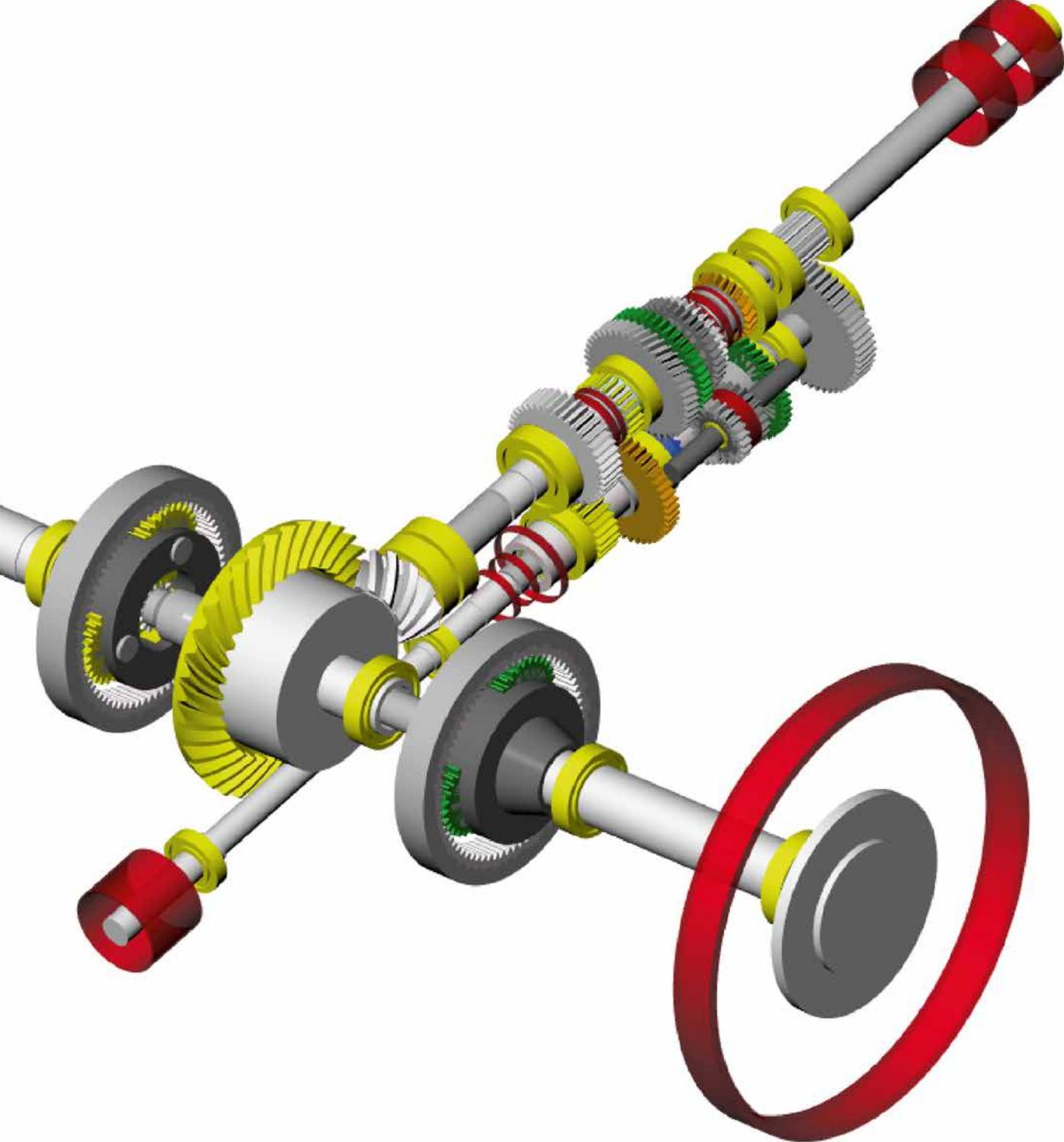
Allgemeine FE-Tools bieten in der Regel keine Möglichkeit, die zulässigen Spannungen zu berechnen. Daher können sie nicht genutzt werden, um die Sicherheit und die Lebensdauer zu bewerten. Um



Getriebe und Hinterachse eines Traktors dienen als Berechnungsbeispiel, um die Methoden zur Bewertung von Kegelrädern zu vergleichen.

Foto: KISSOFT

Eine Kombi aus Auslegungssoftware und Herstellsimulation ergeben ein vollständiges und zuverlässiges Bild.



dieser Problematik zu begegnen, hat Gleason eine Methode entwickelt, bei der die Fussspannungen und Flankenpressung mit zulässigen Spannungen auf Grundlage von Materialeigenschaften verglichen werden. Auf diese Weise lässt sich die Lebensdauer vergleichbar zu ISO oder AGMA bestimmen. Die Parameter werden im Kreuzungspunkt des Kegelradsatzes definiert.

#### Verlagerungswerte E, P, G und Alpha

Unter Last verlagern sich Ritzel und Tellerad infolge der Reaktionskräfte und der Steifigkeiten von Wellen, Lagern und Gehäusestruktur. Die Verlagerungen werden über die vier Parameter E, P, G und Alpha definiert.

Der Kegelradsatz der Hinterachse eines Traktors dient als Beispielkonstruktion. Der Antriebsstrang wird in Kisssoft modelliert. Er umfasst den gesamten Antriebsstrang einschliesslich des Handschaltgetriebes, das aus einer Getriebegruppe für die hohen Gänge (H) und einer für die niedrigen Gänge (L) mit jeweils 4 Gängen besteht.

Der Kegelradsatz der Hinterachse wurde mit einem Tellerradaussendurchmesser von 310 mm konstruiert. Die Nennbetriebslasten lauten 1.500 Nm und 165 U/min am Ritzel des Kegelrads.

Die Verlagerungswerte E, P, G und Alpha wurden wie folgt berechnet:  $E = -0.3 \text{ mm}$ ,  $P = 0.14 \text{ mm}$ ,  $G = -0.23 \text{ mm}$ . Diese

Werte wurden in der Zahnkontaktanalyse unter Last zum Entwickeln des Tragbilds verwendet.

#### Herstellsimulation des Radsatzes

Um die exakte Topologie des Kegelradsatzes zu erhalten, wurden zuerst die Makrogeometrie und die Werte für E, P, G und Alpha über die XML-basierte Schnittstelle von Kisssoft nach GEMS übertragen. Im Anschluss wurde das Tragbild unter Berücksichtigung der Werte für E, P, G und Alpha unter Nennlast entwickelt. Hinsichtlich der Position in Längsrichtung wurde das Tragbild für die größtmögliche Ausbreitung in Flankenrichtung entworfen, um eine möglichst ►