

## Lebensdauer von Zahnrädern

Die Lebensdauer von Zahnrädern wird durch Schäden im Zahnfuß (Biegeermüdung) oder in der Flanke (Grübchenbildung) begrenzt. Je nach Werkstoff und Belastung sind beide Schadensarten möglich, so daß beide Fälle berechnet werden müssen.

### Zahnfußermüdung

Zahnfußermüdung beruht auf einer dynamischen Biegung des Zahnfußes, was je nach Oberflächenrauigkeit, Spannung, Kerbfaktor zu einem primären Anriß und schließlich zum Bruch des Zahnes führen kann.

Es wurden umfangreiche Wöhlerlinien für Zahnräder ermittelt, so daß eine fundierte Grundlage für die Berechnung existiert, auf der dieses -Modul aufbaut.

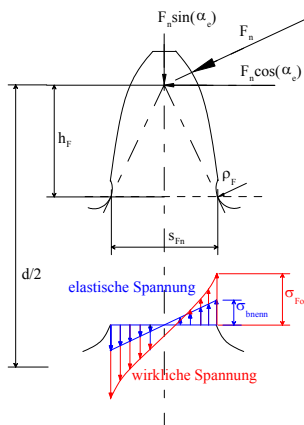


Bild 1: Umfangskraft an einem Zahn und daraus resultierende Biegespannung im Zahnfuß

### Zahnflankenermüdung (Pittings)

Die Übertragung der Zahnkraft in der Zahnflanke bewirkt eine Hertzische Pressung, die zu einer Materialermüdung in Form von Grübchen (oder Pittings) führen kann. Die Lebensdauer läßt sich ebenfalls durch Wöhlerlinien beschreiben.

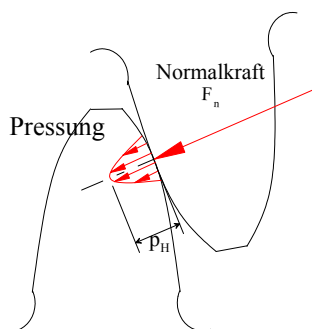


Bild 2: Kraft an einem Zahn und daraus resultierende Pressungsverhältnisse

## Lebensdauer von Wälzlagern



Bild 3: Wälzlager

Die Ursache der Ermüdung von Wälzlagern ist - ähnlich wie die Grübchenbildung der Zahnflanke - die örtliche Hertzische Pressung.

Auch hier können die Ermüdungsphänomene mit exponentiellen Ansätzen beschrieben werden, die ähnlich wie Wöhlerlinien darstellbar sind.

Experimentell abgesicherte Daten der Lagerhersteller stellen eine solide Basis für eine Auslegung dar.

### Wöhlerlinien und deren Modifikation

Für die Berechnung der Lebensdauer aller bisher beschriebenen Elemente können Wöhlerlinien oder ähnliche Zusammenhänge verwendet werden, wobei folgende Modifikationen üblich sind.

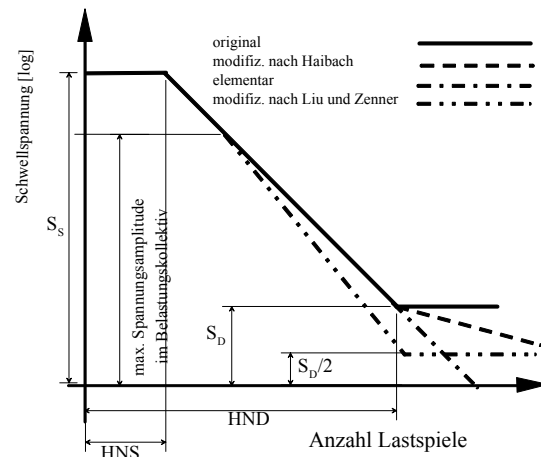


Bild 4: Wöhlerlinien und deren Modifikationen

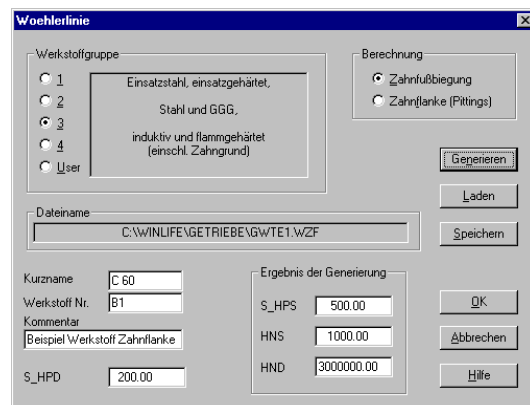


Bild 5: Eingabemaske zur Erzeugung von Wöhlerlinien für Zahnräder

Hinweise zur Ermittlung der Daten der Wöhlerlinien für Zahnräder sind in den DIN-Normen oder FVA-Richtlinien enthalten, die in einen Wöhlerlinien-Generator umgesetzt wurden.

Bild 5 zeigt die Eingabemaske von **win** für einen solchen Generator.

Daten zur Berechnung der Lebensdauer von Wälzlagern sind in den Katalogen der Hersteller enthalten, die entsprechende Berechnungsvorschrift ist in **win** integriert.

## Vorgaben für Lastkollektive

Die Lebensdauer von Zahnrädern oder Wälzlagern hängt von der Anzahl der Umdrehungen und der dabei auftretenden Belastung - Drehmoment oder Lagerkraft - ab.

Als Vorgabe für eine Lebensdauerberechnung kann vom Benutzer eine Belastung in eine Tabelle oder interaktiv in die grafische Darstellung der Verweildauermatrix eingegeben werden.

Bild 6: tabellarische Eingabemaske für die Verweildauermatrix.

Dabei wird für jedes Element einer Drehzahl-Drehmoment-Matrix eine Zeitdauer angegeben. Da typische Matrizen einige hundert Elemente enthalten, wird man solche Verweildauermatrizen nur selten manuell eingeben sondern statt dessen aus Meßdaten oder Simulationsrechnungen entnehmen.

Bild 7 zeigt eine aus dem System winEVA eingelesene Verweildauermatrix. Da die Schnittstelle von **win** gut dokumentiert ist, kann auch sehr schnell zu anderen Systemen eine Verbindung hergestellt werden.

Eine Umrechnung auf die für die Lebensdauerberechnung notwendigen Kollektive Drehmoment (Lagerkraft) - Anzahl Umdrehungen erfolgt dann automatisch und führt zu der Darstellung in Bild 8.

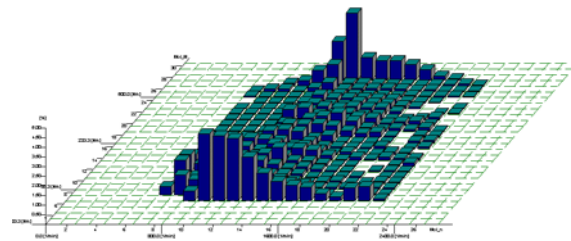


Bild 7. Zeitanteile der Verweildauer von Drehzahl und Drehmoment eines Zahnrades

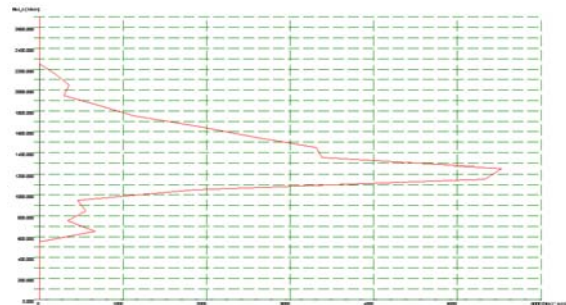


Bild 8. Drehmoment über der Anzahl der Umdrehungen für ein Zahnrad

## Umrechnung auf das Bauteil

Die dem Benutzer vorliegende Belastung bezieht sich meist auf ein charakteristisches Bauteil (z.B. Getriebeeingangswelle), an dem einfach gemessen werden konnte. Eine Umrechnung auf das interessierende Kollektiv am zu untersuchenden Bauteil (z.B. Planetenrad) erfordert die Eingabe entsprechender Faktoren für Drehzahl und Drehmoment. Weitere Faktoren bei Zahnrädern für die Anzahl der Eingriffe pro Umdrehung oder spezielle Einflüsse von Lastwechseln bei Planetengetrieben sind ebenfalls vorzugeben.

## Lebensdauerberechnung

Die eigentliche Lebensdauerberechnung erfolgt nach der linearen Schadensakkumulationshypothese, wie dies auch im **win**-Basismodul realisiert ist. Die Ergebnisse werden in der Protokolldatei detailliert dokumentiert und in der Projektdatei archiviert. Bei Kollektiven wird der Anteil jeder einzelnen Stufe aufgeführt.

## Benutzeroberfläche

Jeder Benutzer des **win**-Basis-Moduls wird das Programm auf Anhieb bedienen können, da die Struktur der Benutzeroberfläche identisch ist.

Preis: 2100 € (zusätzlich zu **win** BASIS)