

6.3 Dauerhaltbarkeit

Für zahlreiche Schraubenverbindungen ist ihre Dauerhaltbarkeit unter schwingenden Lasten der entscheidende Auswahlparameter. Die wirksame Dauerhaltbarkeit ist nicht aus den statischen Festigkeitswerten (Steckgrenze, Bruchlast) zu errechnen, sondern aus eigener, daraus nicht umrechenbarer Festigkeitswert.

Maßnahmen zur Verbesserung der Dauerhaltbarkeit von Schraubverbindungen

Beeinflussung der Dauerhaltbarkeit durch	Wirksamkeit dieser Maßnahme in bezug auf eine Dauerhaltbarkeitssteigerung	Begründung
1) Verkleinerung des Gewindedurchmessers d	Deutliche Verbesserung im Bereich $d < 40$ mm möglich (Bild 48)	Die Dauerhaltbarkeitssteigerung mit abnehmendem Gewindedurchmesser wird auf den spannungsmechanischen Größeneinfluß (Mikrostützwirkungseffekt) zurückgeführt [36]
2) Erhöhung der Vorspannkraft	Deutliche Verbesserung indirekt infolge verminderter Schraubenzusatzkräfte F_{sa} . Keine direkte Verbesserung als Folge erhöhter Bauteiltragfähigkeit	Mit zunehmender Vorspannkraft werden die Restklemmkräfte in der Verbindung größer. Damit wird die Gefahr einseitigen Abhebens in den Trennfugen vermindert. Die Schraube erfährt infolgedessen eine verminderte Zusatzbeanspruchung [37]. Bei schlußgerollten Gewinden nimmt die Dauerhaltbarkeit mit zunehmender Vorspannkraft infolge verminderter Wirkung der Druckeigenspannungen ab [36]. Bei schlußvergüteten Gewinden nicht möglich, hier besteht keine Vorspannkraftabhängigkeit
3) Werkstoff und Werkstofffestigkeit der Schraube	Kaum Verbesserung durch Werkstoffwahl. Kaum direkte Verbesserung durch Werkstofffestigkeit, nur indirekt durch höhere Vorspannkraft, siehe 2)	Die dominierende Kerbwirkung des Gewindes läßt einen Einfluß des Werkstoffs nicht wirksam werden, sofern das Plastifizierungsvermögen des Werkstoffs ausreichend groß ist, frühzeitige Schäden durch Einreißen der hochbeanspruchten Randschicht im Gewindegrund zu verhindern. Ebenso wird die verbessernde Wirkung höherer Festigkeit durch die damit einhergehende höhere Kerbempfindlichkeit kompensiert [36]
4) Schmierung im Gewinde	Begrenzte Verbesserung möglich	Wechselgleitungen zwischen Schrauben- und Muttergewindeflanken werden bei guter Schmierung weniger stark behindert [36]
5) Gewindewalzen nach der Wärmebehandlung (schlußgerollte Gewinde)	Deutliche Verbesserung (bis zu 100%) insbesondere bei kleinen Vorspannkraften. Bei hohen Vorspannkraften geht positiver Effekt zurück	Fertigungsinduzierte Druckeigenspannungen wirken sich insbesondere bei kleinen Vorspannkraften dauerhaltbarkeitssteigernd aus. Mit zunehmender Zugvorspannung nimmt der Einfluß der Druckeigenspannung ab: Vorspannkraftabhängigkeit schlußgerollter Gewinde. Bei Vorspannkraften im Bereich der Schraubestreckgrenze kann die Wirkung der Druckeigenspannungen fast völlig verloren gehen
6) Randaufkohlung bzw. -abkühlung	Begrenzte Verbesserung möglich	Eine spröde, aufgekohlte Randschicht kann infolge verminderten Plastifizierungsvermögens zu frühzeitiger Schädigung führen. Eine abgekühlte Randschicht verändert die Dauerhaltbarkeit dagegen nicht [36]
7) Vergrößerung der Gewindesteigung	Begrenzte Verbesserung möglich	Mit zunehmender Gewindesteigung wird zwar die Kerbwirkung im Gewinde infolge vergrößerter Kernausrundung vermindert. Andererseits nimmt der Kernquerschnitt ab. Damit wird der Einfluß der Kerbwirkung wieder kompensiert. Bei relativ feinen Gewinden ($d/P > 12$) und hoher Werkstofffestigkeit (≥ 12.9) überwiegt der Effekt der Kerbwirkung. Hier bewirkt eine Vergrößerung der Gewindesteigung eine Dauerhaltbarkeitsverbesserung [36]
8) Vergrößerung des Gewindespiels	Verbesserung möglich (z.B. Toleranzlage e)	Eine Vergrößerung des Gewindespiels bedeutet bessere Biegenachgiebigkeit der Gewindezähne. Die Lastverteilung innerhalb der Mutter wird dadurch homogener
9) Unterschied der Gewindesteigung zwischen Schrauben- und Muttergewinde	Erhebliche Verbesserung möglich	Eine gegenüber dem Muttergewinde verkleinerte Gewindesteigung des Schraubengewindes verändert die Belastungsverteilung der Gewindegänge innerhalb der Mutter nachhaltig. Der erste tragende Gewindegang kann bei gezieltem Steigungsversatz deutlich entlastet und damit die Dauerhaltbarkeit heraufgesetzt werden [38]
10) Vergrößerung des Radius R am Gewindegrund	Keine signifikante Verbesserung möglich	Die durch die Verminderung der Spannungskonzentration infolge größerer Kernausrundung und damit verbundener Vergrößerung des Gewinde-Kernquerschnitts zu erwartende Dauerhaltbarkeitssteigerung wird durch den gleichzeitig wirkenden Effekt einer ungleichmäßigeren Spannungsverteilung innerhalb der Mutter zum großen Teil kompensiert [38]
11) Verkleinerung des Elastizitätsmoduls des Mutterwerkstoffs	Deutliche Verbesserung möglich	Mit abnehmendem E-Modul des Mutterwerkstoffs vergrößert sich die Biegenachgiebigkeit der Muttergewindezähne. Die Lastverteilung wird dadurch gleichmäßiger. Der am höchsten beanspruchte erste tragende Schrauben-Gewindegang wird entlastet [39]