

Downsizing-Motoren und Lebensdauer. Eine technische Einordnung

In den letzten Jahrzehnten hat sich das Motorendesign im PKW-Bereich deutlich verändert. Anstelle großvolumiger Motoren werden zunehmend kleinvolumige, aufgeladene Motoren eingesetzt. Dieses Konzept wird als *Downsizing* bezeichnet, bei welchem der Hubraum und häufig auch die Anzahl der Zylinder reduziert wird. Heute ersetzt ein 1-Liter-Dreizylinder-Turbomotor einen früher üblichen Saugmotor mit 1,8 bis 2,5 Liter Hubraum und vier Zylindern.

Um bei geringerem Hubraum eine vergleichbare Leistung zu erreichen, wird in der Regel eine Turboaufladung eingesetzt. Dies führt regelmäßig zu höheren Zylinderdrücken und damit zu größeren Kräften sowie zu einer höheren thermischen Belastung. Höhere Kolbenbodentemperaturen und eine stärkere Beanspruchung der Kolbenringe, der Lager und des Kühlsystems sind die Folge. Technisch ist festzustellen: Mit einer höheren spezifischen Leistung – ausgedrückt in Kilowatt (kW) pro Liter Hubraum – geht bei vergleichbarer konstruktiver Auslegung und Nutzung tendenziell eine höhere Bauteilbeanspruchung einher.

Auch der Turbolader selbst ist ein hochbelastetes Aggregat mit Drehzahlen über 200.000 U/min und Abgastemperaturen bis knapp unter 1.000 °C. Ölqualität und Ölwechselintervalle wirken sich auf die Lebensdauer stärker aus als bei großvolumigen Motoren früherer Bauart.

Bei einzelnen Modellvarianten früherer Downsizing-Motoren, etwa von 2008 bis 2015, wurden Schadensbilder wie Steuerkettenlängung, erhöhter Ölverbrauch, Verkokung von Kolbenringen, Low Speed Pre-Ignition (LSPI) und Turboladerschäden beobachtet. Seither wurden die Motoren weiterentwickelt, unter anderem durch verbesserte Kolbenbeschichtungen, optimierte Ringpakete und angepasste Kühlstrategien. Zur Vermeidung von LSPI – einer Vorentflammung bei niedriger Drehzahl und hoher Last – wurden überdies angepasste Ölspezifikationen eingeführt.¹

Lebensdauerbetrachtung

Seinerzeit wurde von einem neuen großvolumigen Motor eine Laufleistung von **250.000 bis 350.000 km** ohne grundlegende Motoreingriffe erwartet.² Moderne 1 bis 1,2-Liter-Turbomotoren können bei ordnungsgemäßer Wartung Laufleistungen von **200.000 bis 300.000 km** und mehr erreichen. Eine modellübergreifende typische Laufleistung lässt sich jedoch nicht verlässlich angeben.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass die erreichbare Lebensdauer stärker streuen kann. Hochleistungskleinmotoren können empfindlicher auf verspätete Ölwechsel, ungeeignete Schmierstoffe, Beeinträchtigungen der Kühlleistung und auf überwiegenden Kurzstreckenbetrieb reagieren.

Statistische Betrachtung mittels Weibull-Verteilung

Zur statistischen Beschreibung des Ausfallverhaltens technischer Systeme kann die sogenannte Badewannenkurve herangezogen werden. Sie umfasst (a) frühe Ausfälle infolge konstruktiver oder fertigungstechnischer Schwächen, (b) eine stabile Nutzungsphase und (c) eine mit zunehmendem Verschleiß ansteigende Ausfallrate. Die einzelnen Phasen lassen sich grundsätzlich mittels Weibull-Verteilungen modellieren. Für eine belastbare Anwendung auf eine bestimmte Fahrzeug- oder Motorenbaureihe wäre allerdings eine hinreichende Zahl verlässlicher Felddaten erforderlich.

Technisches Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Downsizing mit einer höheren spezifischen Bauteilbelastung verbunden sein kann. Die Lebensdauer von Downsizing-Motoren ist stärker konstruktions-, wartungs- und nutzungsabhängig. Ein heutiger 1-Liter-Turbomotor toleriert technische Vernachlässigung, Störungen im Kühlsystem und der Schmierstoffversorgung weniger als ein großvolumiger Motor früherer Bauart.

Unter Berücksichtigung der erhöhten Belastung und der zusätzlichen Systemkomplexität durch Turboaufladung ist es technisch plausibel, dass Downsizing-Motoren eine geringere statistische Lebensdauer oder eine größere Streuung der Lebensdauer aufweisen können als frühere großvolumige Sauger vergleichbarer Leistungsabgabe.

¹ Motorölspezifikationen definieren, welche konkreten Eigenschaften ein Öl erfüllen muss. Die Anforderungen ergeben sich aus Viskositätsklasse, Leistungsniveau und Herstellerfreigabe. API, ILSAC und ACEA sowie die Fahrzeughersteller legen Leistungsanforderungen fest, etwa hinsichtlich Verschleißschutz, Ablagerungsneigung und Oxidationsstabilität.

² Fürbeth, Lebensdauer und Gesamtfahrleistung von PKW – erwartet, berechnet und im Feld, VKU 2018, 146.

Eine absolute, modellübergreifende Pauschalfeststellung ist jedoch mangels öffentlich zugänglicher Langzeit-Seriendaten nicht möglich. Die erwartbare Laufleistung muss daher im Einzelfall sachverständig beurteilt werden.