



## LAGERSPIEL AUSLEGUNG

Eine der wichtigsten und für den Erfolg eines Hochleistungsmotors ausschlaggebenden Variablen, ist das Lagerspiel (auch Ölspiel genannt). Einfach ausgedrückt ist dies der Spalt zwischen dem Lager und der Welle, in dem das Schmiermittel die Trennung der beiden Flächen aufrechterhält. Die Größe dieses Spiels beeinflusst:

1. Die Bildung von Ölfilmen unter sehr hohem Druck, die die Trennung von Welle und Lager gewährleisten. Hinweis zur Terminologie: Die Ölfilmdicke ist eine Eigenschaft, die häufig bei der Bewertung des Betriebs des Lagersystems erwähnt wird. Dies bezieht sich auf das Maß der Trennung zwischen Lager und Lagerzapfen, das diese Hochdruckölfilme bewirken. Wenngleich das Spiel diese Filme beeinflusst, werden sie jedoch durch die relative Bewegung der Welle und des Lagers sowie durch die Größe und Richtung der übertragenen Last erzeugt. Im Allgemeinen ist die „Ölfilmdicke“ deutlich kleiner als das „Nennspiel“.
2. Den Schmiermittelfluss, der für die notwendige Kühlung sorgt.
3. Die Erzeugung des Schmiermittelzufuhrdrucks, der eine gleichmäßige Verteilung im gesamten Motor gewährleistet.



Diese Anforderungen können sich im Zusammenhang mit dem Spiel als gegensätzlich erweisen. Insbesondere kann ein größeres Spiel den Schmiermitteldurchfluss und damit die Kühlung verbessern, wirkt sich aber im Allgemeinen negativ auf die Bildung flächendeckender Hochdruckölfilme zur Aufnahme der Betriebslasten aus. Die Auslegung des Spiels ist weitgehend ein geschickter Balanceakt, der einerseits ausreichend Freiraum für einen angemessenen Ölfluss zulassen und andererseits eine enge Passform gewährleisten muss, die die Bildung flächendeckender Hochdruckölfilme zur Aufnahme der Betriebslasten fördert.

## LAGERGRÖSSEN OPTIONEN

Um Hochleistungsmotorenbauern bei der Optimierung des Spiels für ihre jeweilige Motoranwendung zu unterstützen, bietet ACL eine Auswahl von drei Lagergrößen für Standard-Kurbelwellenzapfen (STD) an. Diese sind:

GRÖSSE	Auswirkung auf das Spiel (bei paariger Verwendung)
H-STD	Die Lagerdicke ist präzisionsgefertigt, um ein Nennspiel basierend auf den OEM-Spezifikationen und bewährten Konstruktionsstandards der ACL Race Series zu gewährleisten.
HX-STD	Ein zusätzliches Spiel von 0,025 mm (0,001“) im Vergleich mit den Lagern der Größe H-STD.
H-001 / H-.025	Ein um 0,025 mm (0,001“) reduziertes Spiel im Vergleich mit den Lagern der Größe H-STD.



PERFORMANCE ENGINE BEARINGS

# LEITLINIEN FÜR DIE AUSWAHL DER LAGERGRÖSSE UND DIE OPTIMIERUNG DER SPIELMASSE

Die folgenden Leitlinien sollen Motorenbauern allgemeine Ausgangspunkte für die Wahl des geeigneten Ölspiels bieten. Obwohl es bedeutende Auswirkungen hat, ist das Spiel nur eine von vielen Variablen, die die Robustheit des Systems bestimmen (Ölviskosität, Lastzyklen und Betriebstemperaturen sind einige andere\*). Motorenbauer sollten deshalb bei der Bestimmung eines geeigneten Spiels alle Faktoren verstehen und in Betracht ziehen.

ACL folgt dem Ansatz, den Motorenbau mit robusten, anpassbaren und präzisionsgefertigten Lagern zu beliefern, die strengste Dickenspezifikationen erfüllen.

In Verbindung mit den oben genannten Größenoptionen können Hochleistungsmotorenbauer so ihre Fertigkeiten und Kenntnisse bei der Spielmaßoptimierung für die jeweilige Endanwendung einbringen.

## ① SPIEL EINSTELLEN

Das Ölspiel lässt sich mit Messschrauben und Innenmesslehren am genauesten messen.



Die Messung der Lagerwanddicke erfolgt bei 90 Grad zur Trennlinie (d. h. an der Lagerkrone) und mit einer Messschraube mit kugelförmigem Amboss zur Verwendung am Innendurchmesser des Lagers.



Das vertikale Ölspiel lässt sich am besten messen, indem das Lager in sein Gehäuse eingebaut wird und die Schrauben mit dem vorgeschriebenen Anzugsmoment festgezogen werden. Anschließend wird der Innendurchmesser der Lager im montierten Zustand mit einer Innenmesslehre in einem Winkel von 90 Grad zu den Trennflächen gemessen. Die Größe des zugehörigen Kurbelwellenzapfens wird gemessen, und durch Subtraktion dieses Messwerts von der Lagerbohrungsgröße ergibt sich das Ölspiel im montierten Zustand.



Das Spiel im montierten Zustand kann mit ACL Flexigauge bestätigt werden (siehe ACL Engineering Bulletin EB003/2016).





Die Lager der ACL Race-Serie für Hochleistungsmotoren können mit 0,020-0,025 mm pro 25 mm Zapfendurchmesser (0,00075 – 0,001“ pro 1“ Zapfendurchmesser) plus 0,013 mm (0,0005“) montiert werden.

Beispiel für einem Zapfendurchmesser von 50 mm (2,000“):  
 $50/25 \times 0,025 = 0,050 + 0,013 = 0,063$  mm (2,000  $\times$  0,001 = 0,002 + 0,0005 = 0,0025“).

Die Lageroberfläche darf nicht mit Schleifklötzen oder -papier poliert werden, um das Ölspiel zu ändern.

## ② AUSWAHL VON LAGERN DER ACL RACE-SERIE FÜR HOCHLEISTUNGSMOTOR-KURBELWELLEN IN STANDARDGRÖSSEN

Im Folgenden finden Sie einige allgemeine Leitlinien für den Einbau der Lagergrößen STD, HX und .001.

GRÖSSE	Verwendung
<b>H-STD</b>	Geeignet für alle Anwendungen mit nach OEM-Spezifikationen gefertigten Kurbelwellen.
<b>HX-STD</b>	Geeignet für Anwendungen mit hoher bis extremer Leistung, bei denen ein zusätzliches Spiel vorteilhaft ist für <ul style="list-style-type: none"><li>• Zusätzlichen Ölfluss durch die Lager, um sowohl die Zufuhr in Hochlastzonen als auch die Kühlung zu verbessern.</li><li>• Stärkere Gehäuseverformung bei sehr hohen Trägheits- und Zündlasten.</li><li>• Stärkere Biegung der Kurbelwelle im Hochlastbetrieb.</li><li>• Raum für spezielle Gleitbeschichtungen, die Wechselwirkungen zwischen Lager und Wellenoberfläche positiv moderieren</li></ul>
<b>H-001 / H-.025</b>	Geeignet zum Einstellen des Spiels zur Kompensierung von: <ul style="list-style-type: none"><li>• Oberflächennachbearbeitung (Polieren) der Kurbelwellenzapfen.</li><li>• Verwendung von Schmiermitteln mit niedriger Viskosität. Ohne das Spiel zu verringern, führt die Verwendung von Schmiermitteln mit niedriger Viskosität zu konzentrierteren Ölfilmen mit höherem Druck bei reduzierter Ölfilmstärke. Dieser Ansatz sollte jedoch mit Vorsicht angegangen werden, da das geringere Spiel auch den Freiraum für die Verformung des Gehäuses und das Biegen der Kurbelwelle unter hoher Last verringert.</li></ul>

## ③ AUSWAHL VON LAGERN DER ACL RACE-SERIE FÜR HOCHLEISTUNGSMOTOREN

Es ist gängige Praxis, das Ölspiel durch eine Kombination von Lagern benachbarter Maßstufen anzupassen, z. B. HX-STD mit H-STD oder H-STD mit H-001 oder H-0,025, um das gewünschte Ölspiel zu erhalten. Die Verwendung von HX-STD mit H-STD ergibt ein zusätzliches Spiel von 0,013 mm (0,0005“) im Vergleich mit zwei H-STD-Schalen. In ähnlicher Weise reduziert sich das Spiel bei Verwendung von H-STD und H-001 um 0,013 mm (0,0005“). Dem Motorenbauer stehen damit 5 potenzielle Spielmaßstufen\* in Schritten von 0,013 mm (0,0005“) zur Verfügung. Die Tabelle auf der Rückseite zeigt dies ausführlicher.

Lagerschalen mit einer Wandgröße von 0,013 mm (0,0005“) oder weniger können an einem Zapfen eingebaut werden. Das Lager mit der größeren Wanddicke sollte in der am höchsten belasteten Position eingebaut werden, d. h. die obere Hälfte der Pleuelstangenschale und die untere Hälfte oder Hauptlager-Deckelposition.





## AUSWIRKUNG AUF DAS SPIEL

\*Hinweis OEMs spezifizieren häufig die Wahl von Lagern in Größenstufen auf Basis individuell gemessener Gehäuse- und Zapfengrößen. Dies ermöglicht eine genaue Kontrolle der Spielmaße in ähnlicher Weise wie bei den oben beschriebenen Optionen. Der Grund für die genaue Spielmaßkontrolle durch OEMs ist häufig die Geräuschübertragung im Motor, ein Faktor, der im Hochleistungsmotorenbau eher weniger bedeutend ist. Da die OEM-Spezifikationen für Betriebsbedingungen festgelegt werden, die durch zulässige Höchstdrehzahlen und mäßige Lasten umrissen werden, sind die OEM-empfohlenen Spielmaße nicht unbedingt für Hochleistungsanwendungen mit hohen Lasten und Drehzahlen optimiert.



### Lagerauswahl für optimierte Passgenauigkeit (für Kurbelwelle mit „STD“-Größe)

LAGERGRÖSSE	Auswirkung auf das Spiel			
	Pro Lager	Lagerkombinationen		Ungleiche Paare
		Gleiche Paare		
H-001 / H-.025	-0,0005" / -0,0125 mm	H-001 / H-.025	-0,001" / -0,0250 mm	H-001 / H-.025 -0,0005" / -0,0125 mm
		H-001 / H-.025		
H-STD	0,0	H-STD	0,0	H-STD
		H-STD		H-STD +0,0005" / +0,0125 mm
HX-STD	+0,0005" / +0,0125 mm	HX-STD	+0,001" / +0,0250 mm	HX-STD
		HX-STD		