



SERVICE LETTER

ERMITTLUNG ABNOMALER VIBRATIONEN AN LUFTFAHRZEUGEN MIT ROTAX[®] MOTOR TYPE 912 S/ULS/ULSFR SL-912-010

Wiederkehrende Symbole

Bitte beachten Sie die folgenden Symbole, die Sie durch dieses Dokument begleiten:

- ▲ **WARNUNG:** Warnhinweise und Maßnahmen, deren Nichtbeachtung zu Verletzungen oder Tod für den Betreiber oder andere, dritte Personen führen können.
- **ACHTUNG:** Besondere Hinweise und Vorsichtsmaßnahmen, deren Nichtbeachtung zu Beschädigungen des Motors und zum Gewährleistungsausschluß führen können.
- ◆ **HINWEIS:** Besondere Hinweise zur besseren Handhabung.

1) Planungsangaben

1.1) **Betreff**

Alle Motoren der Type:

- 912 S alle
- 912 ULS alle
- 912 ULSFR alle

sofern abnormale Vibrationen, wie in Kapitel 1.3 beschrieben, auftreten.

Bei Unklarheiten ist der Luftfahrzeug (LFZ)-Hersteller zu kontaktieren.

1.2) **Zusätzlich zu berücksichtigende ASB/SB/SI und SL**

keine

1.3) **Anlass**

Die Felderfahrung hat gezeigt, dass eine Reihe von mit ROTAX[®] Motortypen 912 S/ULS/ULSFR ausgerüstete Luftfahrzeuge höhere Vibrationsniveaus als normal aufweisen, wenn sie mit einer Kurbelwellendrehzahl zwischen 3600 bis 4800 1/min betrieben werden.

Aufgrund einer oder mehrerer der nachfolgenden Ursachen könnte es zu höheren Vibrationsniveaus im genannten Drehzahlbereich kommen:

- unerlaubte und nicht geprüfte Modifikationen am Motor
- ungeeignete Motoraufhängung / Schwingungsentkopplung (nicht original ROTAX[®] Motorträger)
- Defekte/Schäden an der Motoraufhängung
- Alterung der Dämpfungselemente (Shock Mounts)
- Propellerunwucht außerhalb der Toleranz
- Massenträgheitsmoment des Propellers außer Toleranz
- Vibrationen von Anbauteilen
- Schäden im Auspuffsystem
- Reibmoment im Totgangbereich des Getriebes ist außerhalb der Toleranz
- Wartungsmängel
- Bodenberührung
- schlechte Vergasersynchronisierung

▲ **WARNUNG:** Diese Ursachen sind unverzüglich abzustellen.

1.4) **Gegenstand**

Ermittlung abnormaler Vibrationen an Luftfahrzeugen mit ROTAX[®] Motor Type 912 S/ULS/ULSFR.

1.5) Fristen

Es liegt ausschließlich im Ermessen des Besitzers, eine der empfohlenen Inspektionen und Abhilfemaßnahmen gemäß nachstehendem Kapitel 3.1 durchzuführen. Die im nachfolgenden Kapitel 3.1 empfohlenen Inspektionen und Abhilfemaßnahmen sollten unverzüglich nach Auftreten abnormer Vibrationen durchgeführt werden.

Bei Unklarheiten ist der LFZ-Hersteller zu kontaktieren.

▲ **WARNUNG:** Nichtbeachtung dieser Anweisung kann zu Motor- und Personenschaden oder Tod führen!

1.6) Arbeitszeit

Geschätzte Arbeitszeit:

Im Flugzeug - - - einbauabhängig und somit keine Angaben vom Motorenhersteller möglich.

1.7) Querverweise

Ergänzend zu dieser Information sind nachfolgende Dokumente in der letztgültigen Ausgabe zu beachten:

- Betriebshandbuch (HB)
- Ersatzteilkatalog (ETK)
- Einbauhandbuch (EBHB)
- Wartungshandbuch (WHB)

2) Material Information

2.1) Material - Preis und Verfügbarkeit

- Die Ausrüstung und geeignetes Zusatzmaterial zur Schwingungsmessung ist nicht im ROTAX[®] Lieferumfang enthalten.
- Bei Umrüstung auf Ausführung mit Überlastkupplung werden Preise und Verfügbarkeit auf Anfrage vom ROTAX[®] autorisierten Vertriebspartner bzw. deren Service Center bekanntgegeben.

2.2) Firmenunterstützungsinformation

Nachdem sich gemäß Kapitel 1.3 die Gründe und Ursachen dem Einfluss des Motorherstellers entziehen, ist eine anteilige Kostenübernahme beim Durchführen der Vibrationsmessung und dem damit verbundenen Aufwand nicht vorgesehen. Dies gilt ebenso für einen nachträglichen Umbau des Getriebes auf Ausführung mit Überlastkupplung.

2.3) Spezialwerkzeuge - Preis und Verfügbarkeit

Zur Hilfe bei der Diagnose des grundlegenden Vibrationsproblems wird ein Frequenzanalysator (Bild 1) mit Beschleunigungsaufnehmer (Bild 2) eines entsprechenden Herstellers benötigt. Der Einsatz eines digitalen Tonbandes zum Aufnehmen des Vibrationsverhaltens während des Tests wäre ebenfalls hilfreich.

◆ **HINWEIS:** Die Adapterplatte (4) sowie der Impulshammer (3) zum Anregen der Meßschwingung ist nicht im ROTAX[®] Lieferumfang enthalten, genauso wenig wie Frequenzanalysator (1) und Beschleunigungsaufnehmer (2).

Teileumfang:

Bild Nr.	Pos. Nr.	TNr.	Menge/Motor	Bezeichnung	Alte TNr.	Verwendung
(1, 5, 8)	(1)	n.a.	1	Frequenzanalysator	n.a.	
(2, 8)	(2)	n.a.	1	Beschleunigungsaufnehmer	n.a.	
(5, 8)	(3)	n.a.	1	Impulshammer	n.a.	
(7, 8)	(4)	n.a.	1	Adapterplatte	n.a.	

Bild / fig. 1

Frequenzanalysator



05476

Bild / fig. 2

Beschleunigungsaufnehmer



05289

◆ **HINWEIS:** Die Bilder zeigen eine mögliche Ausrüstung, welche bei ROTAX[®] Versuchen verwendet wurde. Sie dienen nur zur Visualisierung der Geräte, stellen jedoch keine Notwendigkeit zur Verwendung des angegebenen Produkts oder Marke dar.

3) Allgemeine Beschreibung

3.1) Erkenntnisse

Es wurden zahlreiche Vibrationsanalysen an verschiedenen betroffenen Flugzeugtypen vorgenommen. Diese Tests zeigten eine starke Vibration im Bereich von 60 bis 80 Hz an der Zelle. Dieser Frequenzbereich entspricht bei einer Anregung durch die erste Motorordnung einer Motordrehzahl von 3600 bis 4800 1/min.

◆ HINWEIS: Üblicherweise tritt die Drehungleichförmigkeit zweiter Ordnung bei Vierzylinder-, 4-Takt-Motoren konstruktiv bedingt stark auf. Tatsächlich kommt jedoch aufgrund der geringen Anregung (geringe Drehzahl und schwache Leistungsimpulse) im erhöhten Leerlaufbereich zwischen 1800 und 2400 1/min keine spürbare Resonanz zustande, bzw. fällt diese durch den Übergangsbereich zwischen Leerlauf und Lastzustand nicht auf.

Hingegen bewirkt eine relativ schwache Anregung erster Ordnung im Betriebsbereich zwischen 3600 und 4800 1/min schon eine Resonanz, welche aber durch konstruktive Maßnahmen nicht zur Gänze unterdrückt werden kann.

In den betroffenen Fällen wirkten der Motorträger bzw. die Luftfahrzeugzelle als erheblicher Verstärker der normalen Anregung der ersten Motorordnung und dies führte zu einem merklichen Anstieg der Vibrationsniveaus am gesamten Luftfahrzeug. Dadurch müssen die durch die Anregung der ersten Ordnung hervorgerufenen Kräfte und Momente über ein entsprechendes Motoraufhängungssystem kompensiert werden.

3.2) Festgelegte Grenzwerte

Siehe dazu Bild 3 und 4.

Das mit der Anregung der ersten Motorordnung einhergehende Vibrationsniveau hängt nicht alleine von der Motorausführung, Nennleistung, Leistungsverhalten, Kurbelwelldrehzahl und Verbrennungsbedingungen, sondern auch vom Motorzustand und den Betriebsstunden des Motors ab. Aus diesem Grunde müssen Motoraufhängungssystem und Luftfahrzeugzelle so konstruiert und abgestimmt werden, dass sie die über einen weiten Bereich hinweg zu erwartende, normale Motorvibrationen isolieren und/oder dämpfen.

Um die zuvor beschriebenen erhöhten Vibrationen zu vermeiden, dürfen weder an der Luftfahrzeugzelle noch an allen anderen Komponenten, die als Verbindungselemente zwischen Luftfahrzeugzelle und Motor dienen, Resonanzen auftreten. Dies bedeutet, dass im gesamten Bereich zwischen 50 bis 200 Hz keine Auslenkung des Übertragungssignals außerhalb des 3 Dezibel (dB) Beschleunigungsbereichs vorhanden sein darf.

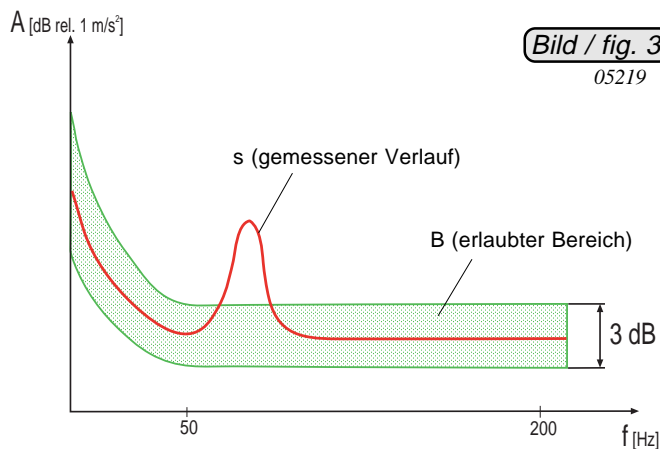
Zum Herausfinden und Beheben der Gründe für die erhöhte Vibration ist eine Vibrationsanalyse vorzunehmen und die mechanischen Übertragungselemente des Motoraufhängungssystems dahingehend modifizieren, dass das Übertragungssignal innerhalb des zulässigen Bereiches zu liegen kommt.

◆ HINWEIS: Auch ein nachträglicher Einbau einer Überlastkupplung kann durch Verschiebung der Vibrationen in einen anderen Bereich zur Abhilfe führen. Siehe Kapitel 4.3.

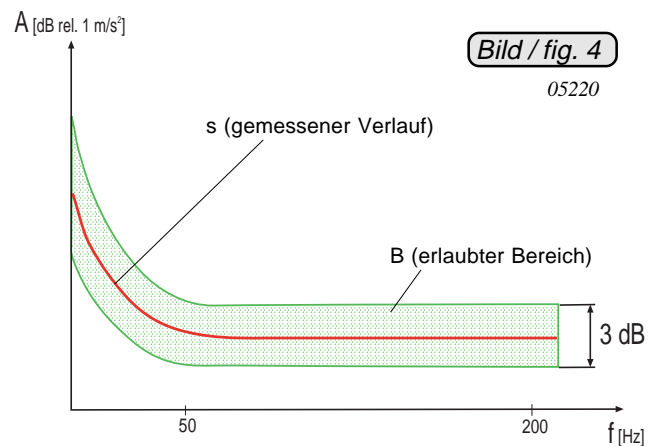
3.2.1) Festgelegter und erlaubter Bereich des Übertragungssignals

A Amplitude [dB relativ 1 m/s²]
B erlaubter Bereich

s gemessener Verlauf des Übertragungssignals
f Frequenz [Hz]



Messung mit ausgeprägter Resonanz



optimaler Meßverlauf

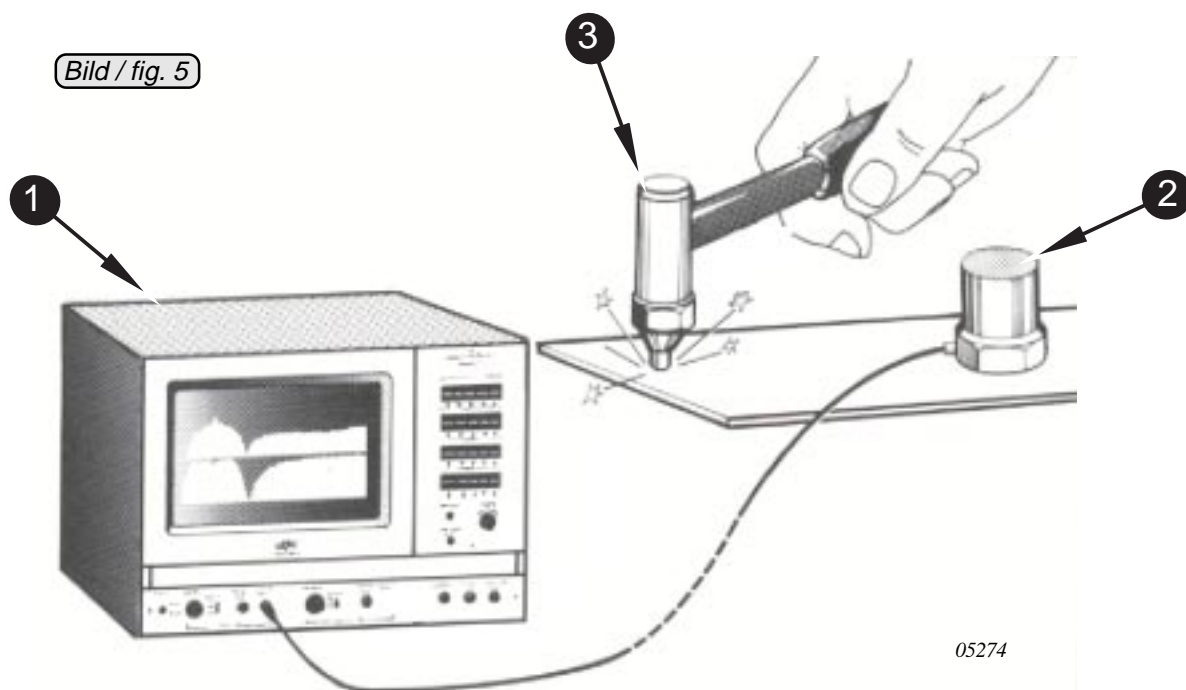
4) Ermittlung der Schwingungseigenschaften

Die nachfolgend beschriebene Messung des Übertragungssignals vom Motor auf die Luftfahrzeugzelle erfolgt mittels Anschlagversuch.

4.1) Beschreibung des Meßprinzips

Siehe dazu Bild 5.

Die Krafteinwirkung des Impulshammers (3) verteilt die dadurch ausgelöste Erregungsenergie gleichmäßig über den gesamten Frequenzbereich des Systems. Ein Frequenzanalysator (1) empfängt über den Beschleunigungsaufnehmer (2) (vorzugsweise 3-Achsgeber) das Antwortsignal und stellt die Übertragungsfunktion graphisch dar.



◆ HINWEIS: Schematische Darstellung zur Erregung eines Systems und Ermittlung der Übertragungsfunktion

4.2) Durchführung

Siehe dazu Bild 6,7 und 8.

Gemäß Zuständigkeit sind die Maßnahmen von einer der nachstehenden Personen bzw. Organisationen durchzuführen und zu bescheinigen:

- LFZ-Hersteller
 - ROTAX[®]-Vertriebspartner bzw. deren Service Center
 - Personen mit entsprechender luftfahrtbehördlicher Genehmigung
 - Personen mit entsprechender typenspezifischer Schulung (nur für nicht zertifizierte Motoren zutreffend)
- ▲ **WARNUNG:** Diese Arbeiten nicht bei offenem Feuer, Rauchen, Funkenbildung etc. durchführen! Zündung „AUS“ und Motor gegen ungewollte Inbetriebnahme sichern. Fluggerät gegen ungewollte Inbetriebnahme absichern. Minuspol der Bordbatterie abklemmen.
- ▲ **WARNUNG:** Arbeiten nur am kalten Motor durchführen.
- ▲ **WARNUNG:** Sollte während dem Zerlegevorgang/Zusammenbau das Entfernen einer Sicherungseinrichtung (wie z.B. Drahtsicherung, selbstsichernde Schraube, etc.) notwendig sein, so ist diese immer durch eine Neue zu ersetzen.
- ◆ **HINWEIS:** Sämtliche Arbeiten sind gemäß entsprechendem Wartungshandbuch durchzuführen.
- **ACHTUNG:** Die nachfolgenden Arbeiten dürfen nur von qualifizierten Personen, welche mit der Meßausrüstung und deren Funktion vertraut sind, durchgeführt werden.
- ◆ **HINWEIS:** Zur Ermittlung der Schwingungseigenschaften wird die in Kap. 2.3 „Spezialwerkzeuge“ beschriebene Meßausrüstung empfohlen.

4.2.1) Folgende Voraussetzung am Luftfahrzeug müssen getroffen sein

- Die Installationen am Luftfahrzeug (LFZ) müssen abgeschlossen sein.
- Das LFZ muß den Originalzustand aufweisen.
- Das LFZ muß im betriebsbereiten Zustand sein.

4.2.2) Anbringung/Aufbau der Testausrüstung

Siehe dazu Bild 7 und 8.

- Adapterplatte (4) mit Zylinderschraube (5) M6X20 am Befestigungspunkt (6) des Zylinder Nr.1 oder Nr.2 montieren und mit einem Anzugsdrehmoment von 8 Nm festziehen.
- Beschleunigungsaufnehmer (2) gemäß Herstellerangaben an Verbindungselementen (8) zur Luftfahrzeugzelle anbringen (siehe Bild 8).
- ◆ **HINWEIS:** Die Anbringung des Beschleunigungsaufnehmers (2) hängt von der Konstruktion der Motoraufhängung (8) ab und muß daher individuell gewählt werden. Der Beschleunigungsaufnehmer (2) sollte jedoch möglichst nahe an der Schnittstelle zur Zelle (z.B. Brandschott) oder direkt an der tragenden Struktur der Luftfahrzeugzelle montiert werden.
- Sämtliche Anschlüsse zum Meßaufzeichnungsgerät (1) anbringen und Betriebsbereitschaft herstellen.

4.2.3) Durchführung der Messung

- **ACHTUNG:** Messung erfolgt bei abgestelltem Motor, Zündung „AUS“.
- Die Adapterplatte (4) mit dem Impulshammer (3) (eventuell auch Schonhammer mit max. 150 g) in einer Koordinatenrichtung leicht anschlagen und Schwingungsaufzeichnung abspeichern.
- Diesen Vorgang bei allen drei Koordinatenachsen (Längs-, Quer- und Hochachse) durchführen und aufzeichnen.
- ◆ **HINWEIS:** Für jede Messung empfiehlt es sich mindestens fünf Wiederholungen durchzuführen, um Fehlmessungen zu erkennen und auszuschließen.
- Den beschriebenen Arbeitsablauf an allen vorhandenen Verbindungselementen zur Luftfahrzeugzelle wiederholen.

4.2.4) Auswertung der Messung/Abhilfe

Jene durch die beschriebene Methode gewonnenen Spektralverläufe an den Verbindungselementen (8) des Motoraufhängungssystems müssen den im Kapitel 3.2.1 beschriebenen Verläufen entsprechen.

Falls Resonanzspitzen außerhalb des in Bild 3 festgelegten Bereichs auftreten, sind konstruktive Maßnahmen an den zellenseitigen Übertragungselementen (8) oder sogar an der Zelle (9) selbst durchzuführen, bis die Übertragungsfunktion im erlaubten Bereich liegt (siehe Bild 4).

- ◆ **HINWEIS:** Für detaillierte Information ist der Luftfahrzeughersteller zu kontaktieren.

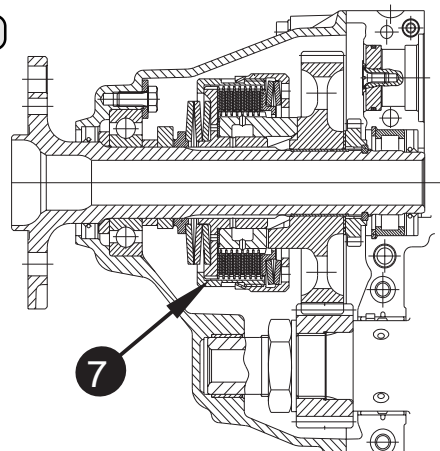
4.3) Motorseitige Behelfsmaßnahmen

Siehe dazu Bild 6.

In einer Reihe von Tests wurde eine Reduktion der Vibrationsniveaus durch Einbau einer Überlastkupplung (optionales Zubehör) (7) in das Untersetzungsgetriebe erreicht. In diesen Fällen lassen sich Vibrationen durch das Profil der Getriebeklauen dämpfen, so dass die Resonanz an der Luftfahrzeugzelle weniger stark ausgeprägt ist. Es kann jedoch in allen Fällen, bei denen eine Verbesserung zu beobachten war, übermäßiger Verschleiß von Getriebe und Motorteilen nicht ausgeschlossen werden, weil die originäre Quelle abnormer Vibration nicht eliminiert wurde. In einigen Fällen könnte die dem Einbau der Überlastkupplung zugeschriebene Verbesserung tatsächlich auf andere Motorvibrationen zurückzuführen gewesen sein, die dann im Zuge des Einbaus der Überlastkupplung korrigiert wurden. Aus diesem Grunde können keine Schlüsse hinsichtlich einer Langzeitwirkung durch den Einbau einer Überlastkupplung zur Vibrationsverminderung gezogen werden.

- **ACHTUNG:** Es kann keine Aussage bezüglich eines Langzeit-Motorleistungsverhaltens unter den beschriebenen Bedingungen getroffen werden.
- ◆ **HINWEIS:** Die Überlastkupplung (7) ist serienmäßig bei sämtlichen zertifizierten Flugmotoren und bei nicht zertifizierten Flugmotoren der Ausführung 3 installiert. Für detaillierte Beschreibung der Ausführung siehe letztgültiges, entsprechendes Betriebshandbuch.
- ◆ **HINWEIS:** Das Bild zeigt ein Getriebe "Ausführung 3" mit integrierter Überlastkupplung (7).

Bild / fig. 6



- ◆ **HINWEIS:** Informationen betreffend Einbau und Verfügbarkeit einer Überlastkupplung erhalten Sie durch Anfrage beim ROTAX® autorisierten Vertriebspartner bzw. deren Service Center

4.4) Zellenseitige Behelfsmaßnahmen

- ◆ **HINWEIS:** Grundsätzlich sind die Angaben des Zellenherstellers zu beachten.
- ◆ **HINWEIS:** Da die im Kapitel 1.3 beschriebenen erhöhten Vibrationen außerhalb des Einflusses vom Triebwerkhersteller liegen, stellen die angeführten Maßnahmen nur mögliche Korrekturmaßnahmen dar und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Jegliche ergriffene Modifikationsmaßnahme muß vor der Einbindung vom Zellenhersteller überprüft und genehmigt werden.

4.4.1) Motoraufhängungselemente

Die Abmessungen der Elemente sind so auszulegen, dass die im Kapitel 3.2.1 festgelegten Grenzwerte nicht überschritten werden.

4.4.2) Motorträger (zellenseitig)

Die Abmessungen des Motorträgers sind so auszulegen, dass die im Kapitel 3.2.1 festgelegten Grenzwerte nicht überschritten werden.

4.4.3) Einbindungselemente in die Zelle

Die Abmessungen von Einbindungselementen (Motoraufhängung in der Luftfahrzeugzelle) sind so auszulegen, dass die im Kapitel 3.2.1 festgelegten Grenzwerte nicht überschritten werden.

4.4.4) Propeller

Das Propellersystem ist unter Berücksichtigung der Herstellerangaben so auszuwuchten, dass die im Kapitel 3.2.1 festgelegten Grenzwerte nicht überschritten werden.

- Originalbetriebszustand des Luftfahrzeuges wiederherstellen.
- Minuspol der Bordbatterie anklemmen.

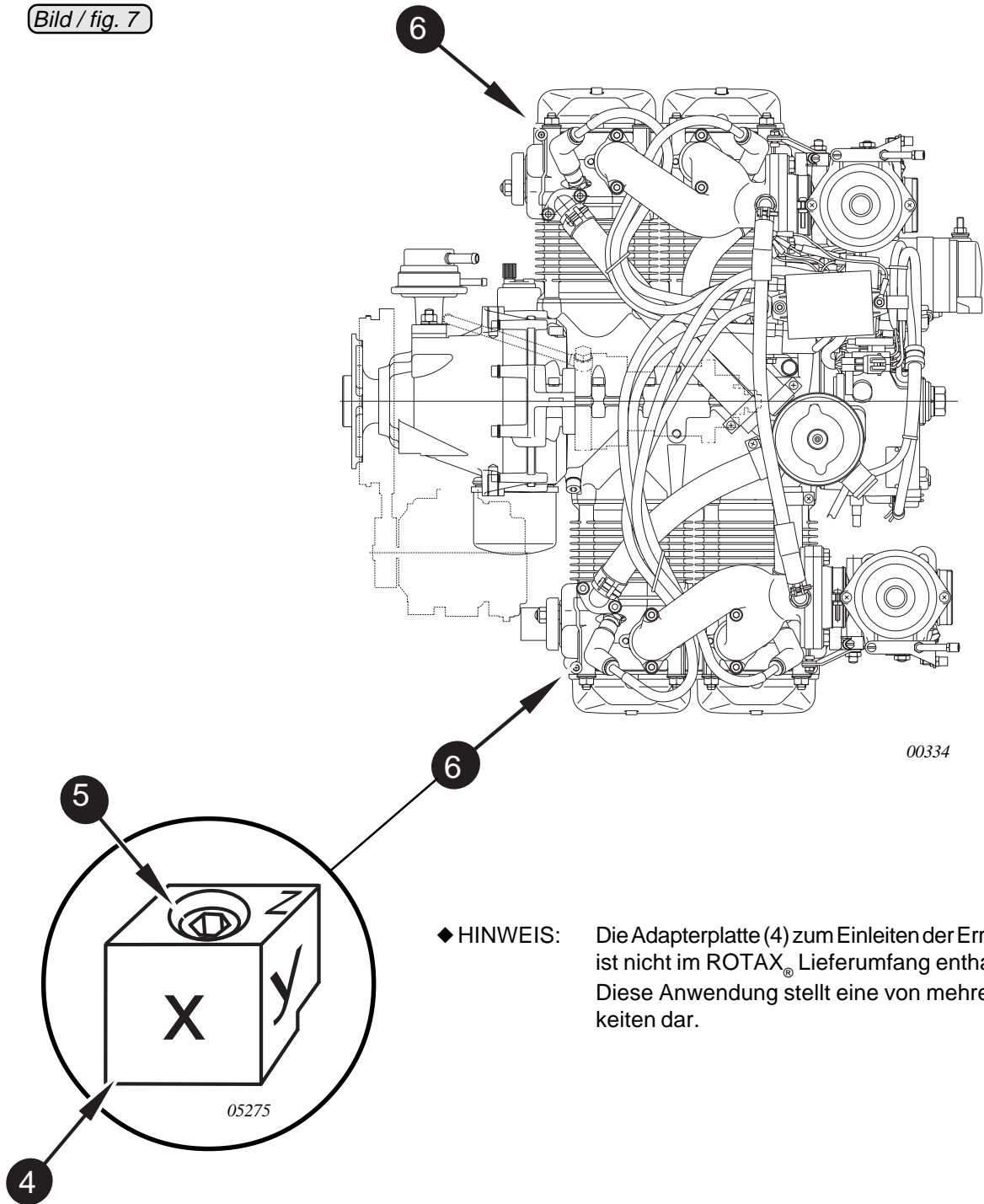
4.5) Probelauf

Motorprüflauf mit Magnetcheck und Dichtheitskontrolle durchführen.

5) Anhang

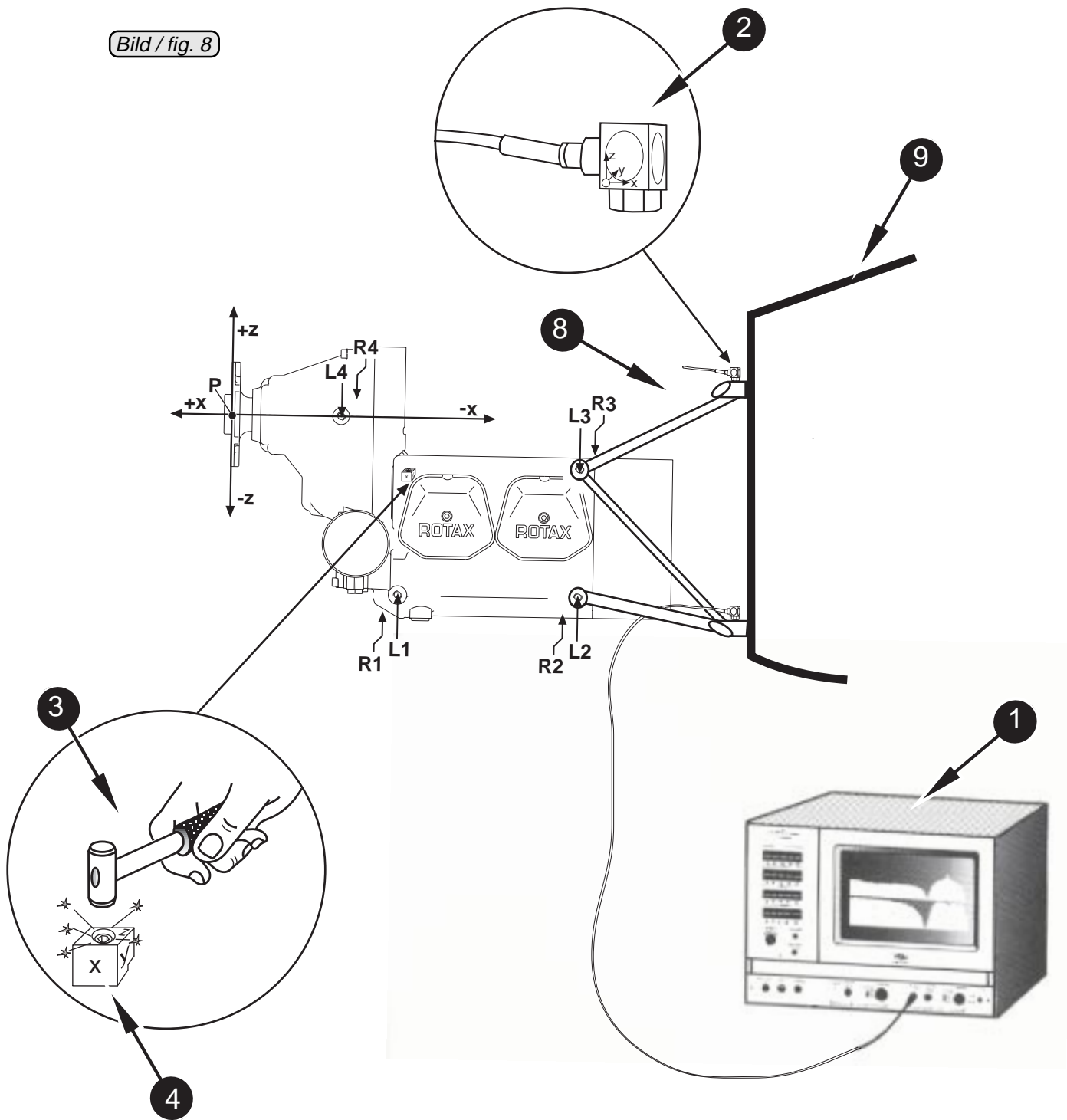
Folgende Zeichnungen sollen zusätzliche Information bieten:

Bild / fig. 7



Anbringung der Meßausrüstung (Adapterplatte)

Bild / fig. 8



Meßaufbau /- vorgang

05276

◆ **HINWEIS:** Die Illustrationen in diesem Dokument zeigen eine typische Ausführung. Möglicherweise entsprechen sie nicht in jedem Detail oder in der Form dem tatsächlichen Teil, stellen aber Teile gleicher oder ähnlicher Funktion dar.

Unsere Explosionszeichnungen sind **keine technischen** Zeichnungen und sollen lediglich zu Anschaulichkeit dienen. Spezielle Daten sind den letztgültigen Dokumenten der jeweiligen Motortype zu entnehmen.