

Zylinderkopf- schrauben in der Praxis



Optimale Sicherheit:
Zylinderkopfdichtung und Zylinder-
kopfschrauben aus einer Hand



Das Original



Inhalt

Seite

1	Zylinderkopfverspannung	6
2	Funktion	8
3	Schraubentypen	10
4	Alles dreht sich um Sicherheit, und wir haben den Dreh raus!	12
5	Die fachgerechte Reparatur	15
6	Qualitätsprüfung	16
7	Technische Merkmale	18
8	Verpackung	19

Sicherheit ist kein dehnbarer Begriff

Elring schraubt den Service hoch

Die fachgerechte Instandsetzung des Zylinderkopfdichtverbunds erfordert bei der heutigen Motorgeneration die Erneuerung beider Komponenten: Zylinderkopfdichtung und Zylinderkopfschrauben.

Mit dem Zylinderkopfschrauben-Komplettprogramm von Elring sparen Sie Zeit und Geld. Hier gibt es alles aus einer Hand: die Zylinderkopfdichtung und den passenden Zylinderkopfschraubensatz

- für nahezu alle Pkw und Nkw
- in geprüfter Qualität
- pro Motorreparatur zusammengestellt
- in einem Spezialkarton mit Gewindeschutz verpackt
- bequem und schnell
- direkt vom Dichtungshersteller



Der richtige Dreh
für optimale Sicherheit



Zylinderkopfschrauben



Zylinderkopfdichtung



Zylinderkopfreparatur

100% sichere
Abdichtung
und optimale
Motorleistung

Elring-Zylinderkopfschrauben gibt es für:

ALFA ROMEO | AUDI | BMW | BUICK | CADILLAC
CHEVROLET | CHRYSLER | CITROËN
CUPRA | DACIA | DAEWOO | DAF | DEUTZ | DODGE
DS | FIAT | FORD | GMC | HOLDEN | HONDA
HYUNDAI | ISUZU | IVECO | JAGUAR | JEEP | KIA
LADA | LAND ROVER | LANCIA | MAN
MAZDA | MERCEDES-BENZ | MINI | MITSUBISHI
NISSAN | OLDSMOBILE | OPEL | PEUGEOT
PONTIAC | PORSCHE | RENAULT | ROVER | SAAB
SATURN | SCANIA | SEAT | ŠKODA
SSANGYONG | SUBARU | SUZUKI | TOYOTA
VAUXHALL | VOLKSWAGEN | VOLVO

Zylinderkopf- verspannung

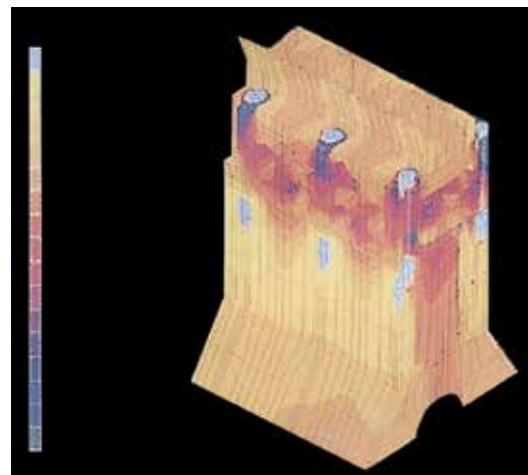
Spannende Sicherheit

Nachzugsfreie Zylinderkopfverspannungen sind im Motorenbau Standard. Dafür sprechen technische und wirtschaftliche Gründe bei der Motorenfertigung und bei der Montage im Reparaturfall:

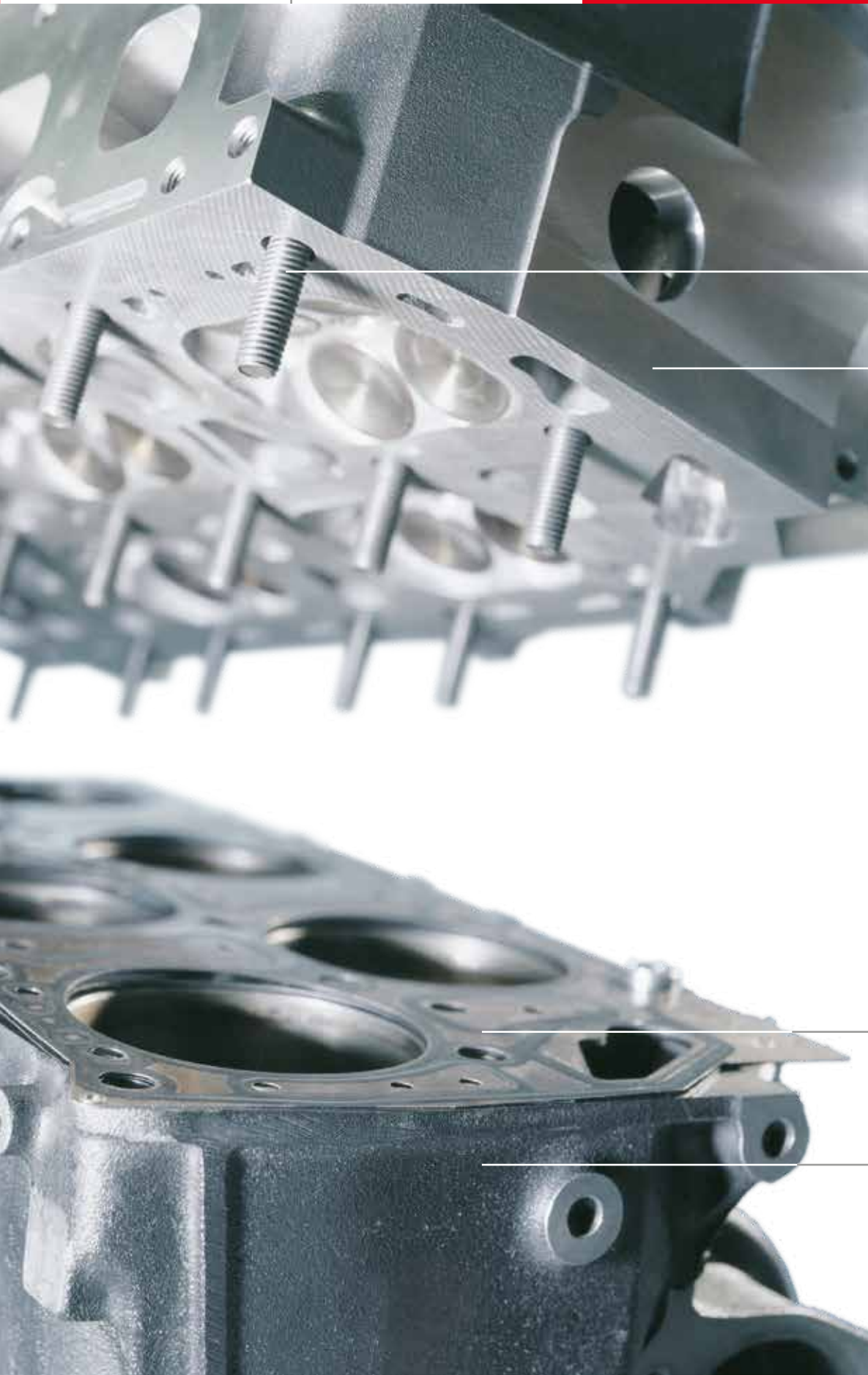
- gleichmäßig hohes Kraftniveau aller Schrauben
- zuverlässige, funktionierende Dichtverbindung
- Kosteneinsparung

Damit Nachzugsfreiheit bei gleichzeitig zuverlässiger Zylinderkopfverspannung erreicht werden kann, müssen die beteiligten Bauteile des Zylinderkopfdichtverbunds bereits bei der Entwicklung konstruktiv aufeinander abgestimmt werden.

So trägt die Zylinderkopfschraube mit ihrer konstruktiven Ausführung sowie der Werkstoffqualität wesentlich zur sicheren Abdichtung des Dichtverbunds bei.



Zug- und Druckspannungen im Zylinderkopfdichtverbund – sichtbar gemacht mit der Finite-Elemente-Methode



Der Zylinderkopf- dichtverbund

Zylinderkopfschrauben

Zylinderkopf

Zylinderkopfdichtung

Kurbelgehäuse
Laufbuchse
(je nach Motorkonstruktion)

Funktion



Wirkungsvolle Kräfte

Zylinderkopfschrauben sind die Konstruktionselemente des Zylinderkopfdichtverbunds, welche die notwendige Flächenpressung erzeugen und auf die Motorbauteile übertragen. Dazu müssen die Zylinderkopfschrauben nach genau festgelegten Anziehverfahren und Anziehreihenfolgen eingeschraubt werden.

Die Zylinderkopfdichtung kann lediglich die ihr zur Verfügung stehende Gesamtkraft auf die verschiedenen abzudichtenden Bereiche (Gas-, Wasser- und Ölabdichtung) verteilen. Man spricht hier von der spezifischen Dichtpressungsverteilung.

Deshalb gilt:

Die von den Zylinderkopfschrauben erzeugte Gesamtkraft sowie deren gleichmäßige Verteilung über den gesamten Dichtverbund ist eine wesentliche Voraussetzung für die Funktion der Zylinderkopfdichtung.

Um den Anforderungen moderner Leichtbaumotorkonstruktionen wie

- höhere Zünddrücke (bis zu 220 bar)
- wachsende Relativbewegung der Motorbauteile
- sinkende Motorsteifigkeiten und größere thermische Bauteil-
dehnungen aufgrund der Aluminium-Magnesium-Bauweise
- Verzugsreduzierung von Zylinderbohrungen und Zylinderkopf
(Stichwort: reduzierte Schraubenkräfte)

gerecht zu werden, hat auch die Zylinderkopfschraube im Laufe der letzten Jahrzehnte im Motorenbau einen bedeutenden Wandel erfahren. Ihre Eigenschaften müssen den Motoranforderungen bis ins Detail entsprechen.

Neben den verbesserten Werkstoffen und Fertigungsverfahren der Schrauben wurden die wichtigsten Änderungen dabei in

- der Schraubenausführung
 - dem Anziehverfahren
- vorgenommen.

Darüber hinaus wurden die Oberflächenbeschichtungen der Schrauben im Hinblick auf günstige Reibbedingungen weiterentwickelt.

Schraubentypen

Erste Wahl für Leichtbaumotoren

Leichtbaumotorkonstruktionen wie

- Zylinderkopf aus Aluminium und Kurbelgehäuse aus Grauguss
- Zylinderkopf und Kurbelgehäuse aus Aluminium

weisen gegenüber Zylinderkopfschrauben aus Stahl ein verändertes Wärmeausdehnungsverhalten auf. Die Wärmeausdehnung der Aluminium-Motorbauteile ist etwa doppelt so groß wie die der Zylinderkopfschrauben.

Die Verwendung von Leichtbauwerkstoffen für Motorkomponenten und die veränderten Anziehverfahren sind die Gründe dafür, dass bei heutigen Motorkonstruktionen vorrangig folgende Schraubengeometrien zur Zylinderkopfverspannung verwendet werden:

Rollschaftschrauben.

Verwendung vorwiegend bei Pkw-Motoren. Rollschaftschrauben sind gekennzeichnet durch ein Gewinde, das auf den Schaft aufgerollt wird. Die Schraube wird nicht zusätzlich spanend bearbeitet. Die Elastizitätseigenschaften der Rollschaftschraube mit langem Gewinde kommen der Dehschaftschraube, die spanabhebend nachbearbeitet werden muss, sehr nahe. Sie wird deshalb auch als eine kostengünstige Art von „Dehschaftschraube“ bezeichnet.

Rollschraubschrauben mit kurzem Gewinde.

Bei diesen Schrauben ist das Gewinde nur bis zur maximalen Einschraubtiefe aufgerollt. Der oberste Gewindengang nimmt dabei die größte Kraft auf und erfährt deshalb meist eine bleibende plastische Verformung.



Dehnwendelschrauben.

Das sind Schrauben, in deren Schaft ein grobes ein- oder mehrgängiges Gewinde als „Dehnwendel“ eingewalzt ist. Die „Dehnwendel“ erhöht auch hier die Elastizität und sorgt für gleichmäßige Spannungsverteilung. Die elastische Nachgiebigkeit der Dehnwendelschraube hängt vom Kerndurchmesser des gewählten Dehnwendelprofils ab: Je kleiner dieser Durchmesser ist, umso mehr nähert man sich der Charakteristik einer Dehnschaftschraube an.

Rollschraubschrauben mit langem Gewinde.

Diese Schrauben haben einen sehr langen Gewindeteil, der meist bis kurz unter den Schraubenkopf reicht. In diesem Bereich erfolgt die elastische und plastische Längung der Schraube beim Anzug und im befeuerten Motorbetrieb. Die Ausführung mit langem Gewinde erhöht die Elastizität, sorgt für eine gleichmäßige Spannung entlang des Schafts und gibt der Schraube ein ausreichendes plastisches Verformungsvermögen. Damit ist die Dauerhaltbarkeit der gesamten Zylinderkopfdichtverbindung gesichert.



Dehnschaftschrauben (Fliebschaftschrauben).

Diese Schraubenausführung wird häufig bei Nkw-Motoren verwendet und ist gekennzeichnet durch einen verjüngten Schaft vom Gewinde bis kurz unter den Schraubenkopf. Aufgrund des kleineren Querschnitts gegenüber den Vollschaftschrauben wird eine größere elastische und plastische Nachgiebigkeit erreicht. Die für den Reparaturfall relevante plastische Längung erfolgt im nicht eingeschraubten, verjüngten Schaftteil der Schraube.



Alles dreht sich um Sicherheit, und wir haben den Dreh raus!

Der Dreh für mehr Sicherheit

In Zusammenarbeit von Motorenherstellern und der Zulieferindustrie wurden umfangreiche Untersuchungs- und Entwicklungsprogramme durchgeführt, um mit verbesserten Motor-komponenten und Techniken wie

- „Metaloflex“-Zylinderkopfdichtungen mit hohem Abdichtungspotenzial und geringerem Setzverhalten
- Zylinderkopfschrauben mit besonderer plastischer Verformungscharakteristik
- neuen Anziehverfahren für Zylinderkopfschrauben deutlich verbesserte Dichtverbindungen darzustellen, die insbesondere im Langzeitverhalten eine sichere Abdichtung gewährleisten.

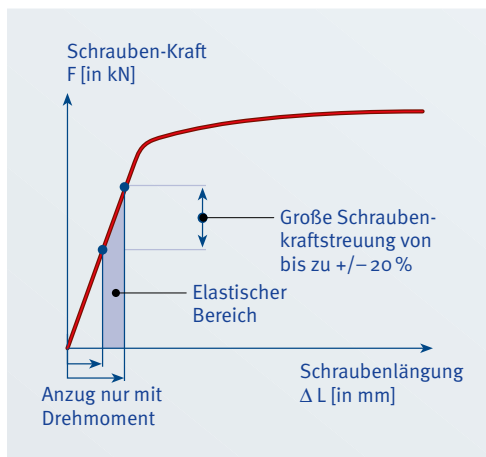
Schraubenanzug mit Drehmoment

Früher wurden die Zylinderkopfschrauben mit einem genau definierten Drehmoment in mehreren Stufen im elastischen Dehnbereich des Schraubenwerkstoffs angezogen (Diagramm links außen).

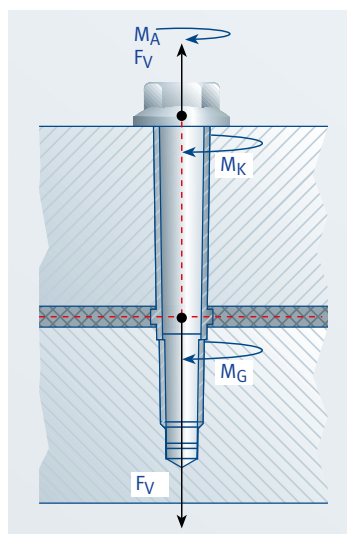
Besonderheiten des Drehmoment-Anzugs:

1. Beim Aufbringen des Anzugsmoments M_A treten Schraubenkraftschwankungen der Vorspannkraft F_V von $\pm 20\%$ aufgrund der unterschiedlichen Kopfreib- (M_K) und Gewindereibmomente (M_G) auf (Abbildung links Mitte). Eine gleichmäßige Verteilung des Druckes über dem gesamten Dichtverband war mit diesem Verfahren nicht zu erzielen.

2. Infolge von kaltstatischen Setzvorgängen der Weichstoffdichtung nach Einbau (= Vorspannkraftverlust) und einem weiteren Krafrückgang im befeuerten Motorbetrieb, mussten die Schrauben nach einer vorgegebenen Laufleistung des Motors nachgezogen werden. Mit dem Nachzug der Zylinderkopfschrauben war jedoch keinesfalls die Streuung der Schraubenkräfte beseitigt.



Elastischer Schraubenanzug



Kräfte und Momente beim Anzug



Schraubenanzug mit Drehmoment und Drehwinkel bei aktuellen Motorgenerationen

Bei diesem Verfahren wird die Zylinderkopfschraube nicht nur elastisch gedehnt, sondern auch plastisch gelängt, dies hat wesentliche Vorteile gegenüber dem Schraubenanzug mit Drehmoment.

Beschreibung des kombinierten Verfahrens.

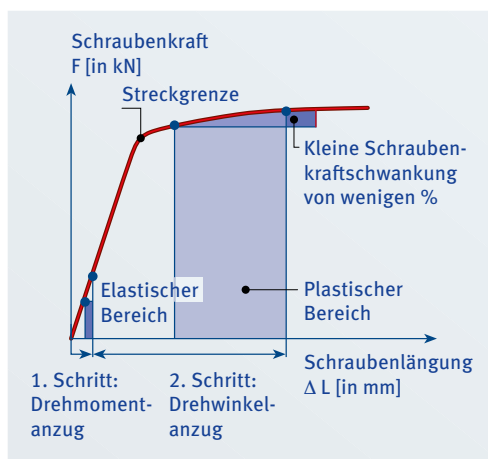
Beim Drehmoment-Drehwinkel-Verfahren wird die Schraube im ersten Schritt mit einem definiert niedrigen Drehmoment in den elastischen Bereich der Schraubenkennlinie angezogen (Diagramm unten).

Im Anschluss an den Momentenanzug wird um einen bestimmten Drehwinkel weiter angezogen. Der Schraubenwerkstoff wird dabei über die Streckgrenze hinaus (die den Übergang vom elastischen in den plastischen Bereich kennzeichnet) plastisch verformt.

Vorteile des Drehwinkel-Anzugs:

1. Diese Anziehmethode kann, in Verbindung mit den neuen Schraubenausführungen, den Streubereich der Schraubenvorspannkraft deutlich reduzieren. Die Aufbringung des Drehwinkels wird nicht in größere Vorspannkraft, sondern lediglich in plastische Schraubenlängung umgesetzt. So wird ein gleichmäßig hohes Schraubenkraftniveau aller Zylinderkopfschrauben erreicht – dies ist eine wichtige Voraussetzung für die Dichtheit des Gesamtverbands.

2. Das Nachziehen der Zylinderkopfschrauben entfällt. Metalllagen-Dichtungen begünstigen dabei die Nachziehfreiheit, da hier nur geringe Setzbeträge auftreten. Die noch verbleibenden Schraubenkraftschwankungen sind auf maßliche Fertigungstoleranzen der Schrauben und Festigkeitstoleranzen des Werkstoffs zurückzuführen.



Plastischer Schraubenanzug

Anziehreihenfolge

Die Zylinderkopfschrauben (z. B. 1 – 10 beim 4-Zylinder-Motor; Bild unten) sind nach genau definierten Anziehreihenfolgen einzuschrauben (siehe Herstellerangaben). Diese werden, wie die Anziehmomente und Anziehungswinkel, von den Motoren- und Dichtungsherstellern vorgegeben und sind der jeweiligen Motorkonstruktion angepasst. Jeder Zylinderkopfdichtung und jedem Dichtungssatz von Elring liegen mehrsprachige motorspezifische Anziehvorschriften bei.

Der Schraubenanzug erfolgt in mehreren Schritten, wobei die einzelnen Schritte z. B. so aussehen können:

- 1. Schritt 20 Nm (d. h. Schrauben 1 – 10 mit Anziehdrehmoment 20 Nm anziehen)
- 2. Schritt 60 Nm (d. h. Schrauben 1-10 mit Anziehdrehmoment 60 Nm anziehen)
- 3. Schritt 90° (d. h. Schrauben 1 – 10 mit Anziehungswinkel 90° anziehen)
- 4. Schritt 90° (d. h. Schrauben 1 – 10 nochmals mit Anziehungswinkel 90° anziehen)

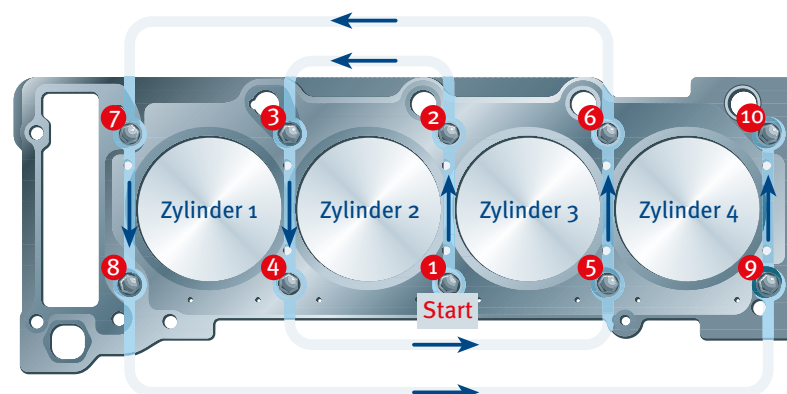
Jeder Anziehreihenfolge liegt folgende Gesetzmäßigkeit zugrunde:

Die einzelnen Schritte des Schraubenanzugs beginnen immer in der Motorenmitte (zwischen Zyl. 2 und Zyl. 3; siehe Bsp.) und setzen sich spiralförmig bzw. über Kreuz nach beiden Seiten zu den äußeren Schrauben von Zyl. 1 und Zyl. 4 hin fort.

Damit bleibt gewährleistet, dass der Zylinderkopf und die Zylinderkopfdichtung optimal mit dem Kurbelgehäuse verspannt werden.

Werden die Vorschriften nicht beachtet, so kommt es zu ungewollten Verspannungen und Verzügen der Motorbauteile.

Die Folge: Es können Leckagen im Zylinderkopfdichtverbund auftreten.



Anziehreihenfolge für Zylinderkopf (Beispiel)

Die fachgerechte Reparatur

Nur neue Zylinderkopfschrauben sind 100 % sicher

Die aktuellen Motorgenerationen besitzen verbesserte, der Motor-konstruktion angepasste Dichtkonzepte. Die Funktion der Zylinderkopfschrauben spielt dabei eine elementare Rolle.

Die Zylinderkopfschrauben können aufgrund

- des neuen Anziehverfahrens mit Drehmoment plus Drehwinkel (= plastische Längung der Schraube) sowie
- der modernen Motorkonstruktionen, z. B. Aluminium-Aluminium-Paarung (= zusätzliche plastische Längung während des ersten Warmfahrens des Motors),

um den Betrag von mehreren Millimeter plastisch gegenüber dem Originalzustand gelängt werden.

Neben der Änderung der Festigkeits- und Dehneigenschaften des Schraubenwerkstoffs ist mit der Längung der Schraube auch eine Verkleinerung des Querschnitts verbunden. Bei erneuter Verwendung dieser Schraube besteht die Gefahr, dass die aufgebrachte Schraubenkraft vom verkleinerten Querschnitt nicht mehr aufgenommen werden kann. Die Folge ist ein Schraubenabriss.

Untersuchungen ergaben: Bei einer M10-Schraube mittlerer Festigkeit 10.9 kann die Belastbarkeit um 10 – 15 % abnehmen, wenn nur 0,3 mm des Durchmessers eingeschnürt werden. D. h. die Dichtung wird mit unzureichender Kraft verpresst und kann nach kurzer Zeit undicht werden. Für eine fachgerechte Reparatur des Zylinderkopfdichtverbunds gilt deshalb die Vorgabe der Motoren- und Dichtungshersteller:

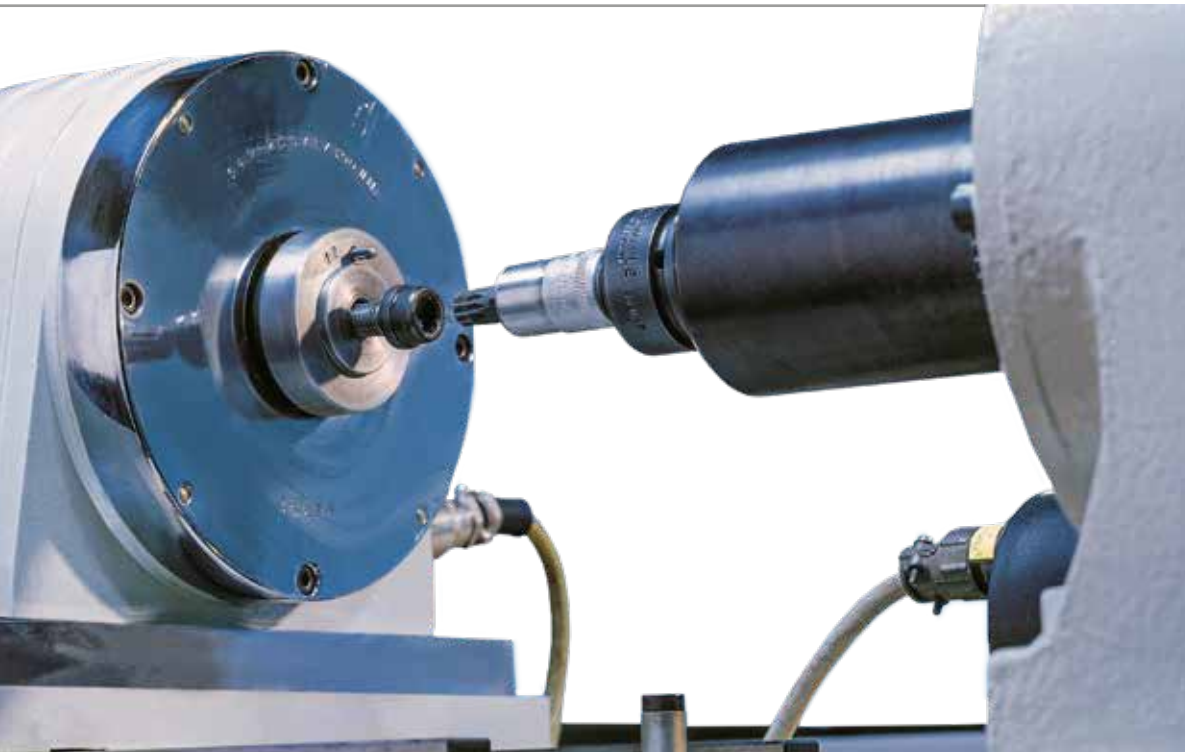
- stets neue Zylinderkopfschrauben und eine neue Zylinderkopfdichtung verwenden
- Anziehungsmomente und Anziehungswinkel beachten
- die Anziehreihenfolge einhalten
- verzugsfreie, gereinigte Motorbauteile einsetzen
- Einbau nur durch geschultes Fachpersonal
- Qualitätswerkzeuge verwenden

Nur bei Einhaltung dieser Vorgabe ist eine optimale Verspannung und funktionierende Dichtverbindung möglich. Bereits verwendete und plastisch gelängte Schrauben dürfen auf keinen Fall wiederverwendet werden. So beugt man möglichen Folgeschäden wie Leckagen und den daraus resultierenden diversen Reparaturkosten, verärgerten Kunden und Imageverlust vor.



Plastisch gelängte
und verjüngte
Zylinderkopfschraube

Qualitätsprüfung



Schraubenprüfstand – die sichere Prüfung zur Ermittlung der Schraubenkennlinie

Geprüfte Sicherheit

Jedes Motorbaumuster stellt bestimmte Anforderungen an die Zylinderkopfschrauben, die diese zwingend erfüllen müssen, um die Funktion der gesamten Dichtverbindung zu garantieren.

Deshalb werden für jeden Schraubentyp die jeweiligen Zeichnungen, Erstmusterprüfberichte sowie diverse chemische und dimensionale Nachweise umfassend überprüft.

Vor der Freigabe zusätzlich durchgeführte Messungen auf einem Schraubenprüfstand sichern den Qualitätsstandard.

Erstellung einer Schraubenkennlinie am Schraubenprüfstand

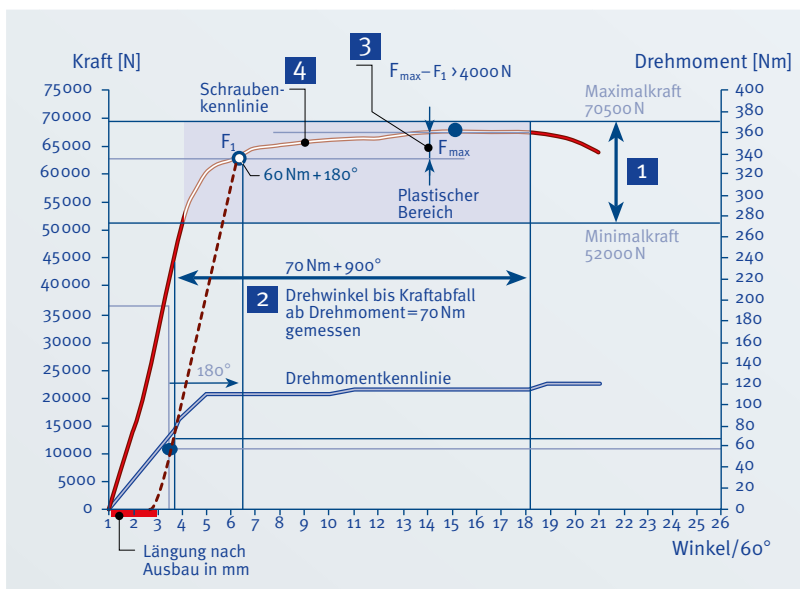
Bei der Prüfung wird die Schraube über das vorgegebene Anzugsverfahren (hier Drehmoment 60 Nm + Drehwinkel 180°) hinaus weiter angezogen, um eine detaillierte und aussagefähige Schraubenkennlinie zu erhalten. Die beim Anziehen aufgezeichnete Kennlinie wird nach folgenden Kriterien beurteilt:

1. Die erreichte Schraubenkraft F_1 nach Anzug mit vorgeschriebenem Drehmoment und Drehwinkel (hier 60 Nm + 180°) muss in einem definierten Kraftbereich zwischen der Minimal- und der Maximalkraft liegen (10 N ~ 1 kg).
2. Nach Aufbringung eines bestimmten Drehmoments (hier 70 Nm) muss sich die Schraube noch um mindestens 2 Umdrehungen ($\pm 90^\circ$ Drehwinkel, herstellerabhängig) weiter drehen lassen. Die Schraubenkraft darf dabei nicht wesentlich abnehmen.
3. Die Differenz der gemessenen Maximalkraft F_{\max} und der Kraft nach Anzug F_1 muss größer als ein vom Hersteller gegebener Wert (hier 4000 N) sein.

4. Die Schraubenkennlinie (rot-gelb) muss dem hier dargestellten Verlauf beim Anzug folgen. Sie darf dabei keine Sprünge oder sonstige Abweichungen aufweisen.

Die Erfüllung dieser vier wichtigsten Kriterien am Schraubenprüfstand sowie die begleitenden Berichte zur Dimension und chemischen Konsistenz stellen sicher, dass der getestete Schraubentyp das Potenzial zur sicheren Abdichtung des Motors besitzt.

Zur Abrundung der Kennlinie wird in der unteren linken Ecke des Diagramms noch die bleibende Längung der Schraube nach Ausbau aus dem Prüfstand sichtbar. Beim Lösen der Schraube bewegt sich die Kennlinie vom Wert F_1 entlang der rot gestrichelten Linie nach unten. Die rote Strecke ist dann gleichzusetzen mit der bleibenden Längung der Schraube nach dem Ausbau.



Schraubenkennlinie

Technische Merkmale

Beispiel

M10 x 140 x 1,5 Innensechskant 10.9

Nenndurchmesser (in mm)
z. B. M10, M11, M12, M16

Nennlänge (in mm)

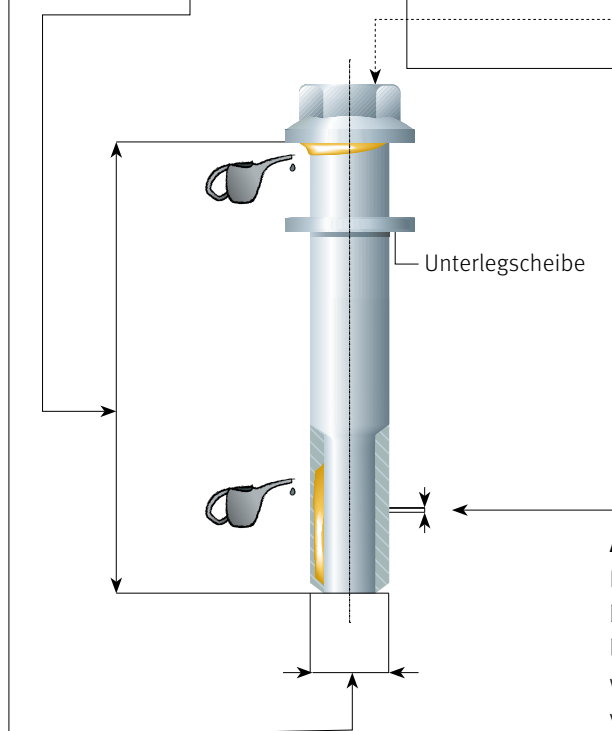
Gewindesteigung (in mm)
d. h. bei einer Umdrehung der Schraube wird sie um diesen Betrag (in mm) eingeschraubt z. B. 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2

Gewindeprofil
Metrisches ISO-Gewinde
Sonderausführungen:
Feingewinde, Sägewinde, Whitworth-Gewinde

Festigkeitsklassen

z. B.	8.8	10.9	12.9
	=	=	=
Zugfestigkeit in N/mm ²	800	1000	1200
Streckgrenze in N/mm ²	640	900	1080

Kopfform (auch „Antrieb“ genannt)



Achtung

Die Nennlänge wird immer bis unter die Kopfauf­lage­fläche gemessen, auch wenn eine Unterlegscheibe vorhanden ist.



Einbauhinweis

Die Schraubenkopfauf­lage­fläche sowie das Gewinde sind vor dem Einschrauben zu ölen, damit die Reibwerte nicht zu hoch werden und die erforderliche Schraubenvorspannkraft erreicht wird.

Verpackung



Zylinderkopfschrauben – sicher ankommen

Wir legen großen Wert darauf, dass unsere Zylinderkopfschrauben bei unseren Kunden in geprüfter Qualität, transportsicherer Verpackung und ohne Beschädigung ankommen. Deshalb werden die Zylinderkopfschrauben motorgerecht zusammengestellt und in umweltverträglichen Faltschachteln konfektioniert. Darüber hinaus ermöglichen individuelle Schachteinsätze, dass ca. 95 % der über 200 Schraubentypen mit verschiedensten Längen und Durchmessern wirtschaftlich in einer Faltschachtelgröße verpackt werden können. Dadurch wird die Lagerung wesentlich vereinfacht.

Mit dieser Verpackungslösung erzielen wir eine Optimierung der Schutz- und Logistikfunktionen und stellen sicher, dass die Schrauben der geforderten Funktionalität und damit den Ansprüchen unserer Kunden entsprechen.

Die zuverlässige Versorgung unserer Kunden mit identischer Produktqualität und bestem Service rund um den Globus ist Teil unserer Unternehmensphilosophie – und die Basis für eine langfristige und konstruktive Zusammenarbeit mit unseren Kunden.



Die hier gemachten Angaben – aus langjähriger Erfahrung und Erkenntnis – erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Etwaige Ersatzansprüche aufgrund dieser Informationen können nicht anerkannt werden. Einbau aller Ersatzteile auf durch geschultes Fachpersonal. Änderungen im Leistungsspektrum und technische Änderungen vorbehalten. Keine Gewähr bei Druckfehlern.

ElringKlinger AG | Geschäftsbereich Ersatzteile
Max-Eyth-Straße 2 | D-72581 Dettingen/Erms
Fon +49 7123 724-799 | Fax +49 7123 724-798
service@elring.de | www.elring.de

C510287 0522 DE



Das Original