

Abb. 4: Äußere Kolbenform

Die kleine Achse der Ovalform hat die gleiche Richtung wie die Kolbenbolzenachse. Durch eine ovale **Schaftform** wird die massenbedingte Volumen- und Umfangszunahme in Richtung der Bolzenaugen gelenkt und den Schaftverformungen durch die Kolbenseitenkraft entgegengewirkt.

→ Das **Kolben-Einbauspil** ist die Differenz zwischen dem Zylinderdurchmesser und dem größten Kolbendurchmesser, der durch die Balligkeit und Ovalität vorgegeben wird.

Das **Kolben-Einbauspil** hängt von der Kolbenbauart, dem Zylinderdurchmesser und der Werkstoffpaarung Kolben/Zylinderlaufbahn ab. Es beträgt z. B. für Ottomotoren mit Gusseisen-Zylinderlaufbahnen 0,2 mm, bei einer Zylinderlaufbahn aus einer AlSi-Legierung, z. B. 0,016 mm.

Die Tab. 1, S. 208 zeigt einige Kolbenformen.

### 23.3.4 Kolbenwerkstoffe

Die Kolbenwerkstoffe müssen die folgenden **Anforderungen** erfüllen:

- niedrige Dichte,
- hohe Wärmeleitfähigkeit,
- geringer Verschleiß auch bei hohen Temperaturen,
- geringe Wärmedehnung,
- hohe Warmfestigkeit und
- hoher Widerstand gegen Deformation und Dauerbruch.

Kolben für Verbrennungsmotoren werden überwiegend aus **Aluminium-Silizium-Legierungen** gefertigt. Die Legierungsbestandteile sind 11 bis 26 % Silizium, bis zu 5 % Kupfer, bis zu 4 % Nickel und 2 % Magnesium sowie geringe Legierungsanteile von Eisen, Titan und Zink (unter 1 %). Mit diesen Legierungen wird eine hohe Wärmeleitfähigkeit, Warmfestigkeit und Verschleißfestigkeit erreicht.

Mit größer werdendem **Siliziumanteil** sinkt die Wärmeausdehnungszahl und steigt die Verschleißfestigkeit.

Kolben mit hohem Siliziumanteil werden in Motoren mit hoher thermischer Belastung (Dieselmotoren, aufgeladene Motoren) eingesetzt.

### 23.3.5 Kolben für Nutzfahrzeuge

Für hoch belastete Nfz-Motoren werden auch einteilige, **geschmiedete Stahlkolben** eingesetzt (Abb. 5). Die Kolbenmasse ist durch die geringe Höhe der Kolbenringzone und die Werkstoffaussparungen oberhalb der Kolbenaugen sehr gemindert. Die Federblechhälften trennen den äußeren Kühlraum vom Kolben. Dadurch wird die Kolbenkühlung verbessert.

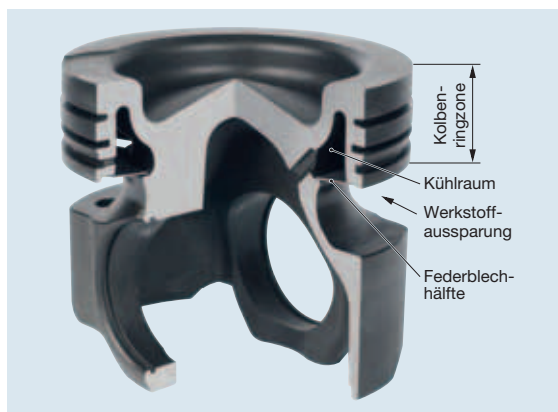


Abb. 5: Geschmiedeter Stahlkolben für Nfz

**Ölgekühlte Kolben** (Kühlraumkolben, Abb. 3a) für großvolumige Dieselmotoren werden aus mehreren Teilen zusammengebaut (gebaute Kolben). Der Kolbenboden aus hochwertigem Stahl oder Gusseisen wird mit dem Kolbenunterteil **verschraubt**.

Kolben mit einer **geringen Kompressionshöhe** benötigen eine Verschraubung, die die auftretenden Kräfte aufnimmt. Der Kolbenboden (Kolbenoberteil) enthält einen Dehnschaft, der mit der **Druckhülse** verbunden ist (Abb. 6). Die Druckhülse überträgt die auftretenden Kräfte an einen elastisch verformbaren Dehnskragen vom Kolbenunterteil. Der Kolbenunterteil besteht aus einer gepressten AlSi-Legierung, aus Gusseisen mit Kugelgraphit oder aus geschmiedetem Stahl.

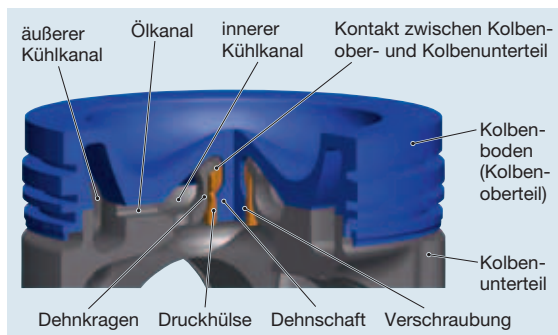


Abb. 6: Verschraubter Kolben mit Druckhülse

## 23 Kurbeltrieb

Tab. 1: Kolbenformen

 <p><b>Voll- oder Glattschaftkolben</b> sind gegossene bzw. geschmiedete Kolben aus einer Al-Legierung. Vollschafkolben werden bevorzugt in Gusseisenzylinder, Glattschaftkolben in thermisch hoch belasteten Ottomotoren mit Al-Zylindern eingebaut.</p>	 <p><b>Kastenkolben</b> sind geschmiedete oder gegossene, wärmebehandelte Kolben mit großer Festigkeit bei geringer Masse. Durch geringe tragende Kolbenflächen wird eine deutliche Minderung der Reibfläche erzielt. Er wird auch in thermisch hoch belasteten Ottomotoren (z. B. bei Direkteinspritzverfahren) eingesetzt.</p>
 <p><b>Voll- und Kastenkolben</b> für Dieselmotoren sind geschmiedete und geschweißte Kolben aus Stahl (42CrMo4). Durch die geringe Kolbenhöhe und die geringe Wärmeausdehnung des Stahls wird die Berührungsfläche zwischen Kolben und Zylinderwand kleiner. Dadurch vermindert sich die Reibung und der Kraftstoffverbrauch wird gesenkt.</p>	 <p><b>Ringträgerkolben (Fensterkolben)</b> haben häufig die obere, aber auch die zweite Ringnut in einem fest mit dem Kolbenwerkstoff verbundenen Ringträger. Er wird in Dieselmotoren eingebaut.</p> <p><b>Ringträgerkolben mit Öl-Kühlkanal</b> haben ein geringeres Temperaturniveau bei hohen Verbrennungsdrücken. Er wird in Dieselmotoren mit höheren Motorleistungen eingesetzt.</p>

### 23.3.6 Kolbenlaufflächenschutz

Ein Abreißen des Ölfilms nach mehreren Kaltstarts, eine kurzzeitige Überlastung (hohe Drehzahlen) des Motors oder eine nicht ausreichende Schmierung (Ölvolumen zu gering) führen häufig zum „Fressen“ des Kolbens.

Für das Einlaufen des Motors und für ungünstige Betriebszustände wird die Kolbenmanteloberfläche mit einem **Laufflächenschutz** beschichtet, um

- die Gleitfähigkeit zu erhöhen und damit die Reibung zu vermindern,
- die thermische Belastbarkeit zu erhöhen,
- die Motoreinlaufzeit zu verkürzen und
- die Notlaufeigenschaften zu erhöhen.

#### Zinnbeschichtung

In einem Schmelzbad wird der Kolben mit einer Zinnschicht überzogen. Einem „Fressen“ des Kolbens wird

vorgebeugt, z. B. bei nicht ausreichender Schmierung. Eine dünne Zinnschicht auf der Leichtmetalloberfläche erhöht die **Gleitfähigkeit** während des Kaltstarts und in der Warmlaufphase.

Die 1 bis 2 µm dicke Metallschicht bewirkt außerdem sehr gute Notlaufeigenschaften.

#### Grafit-Beschichtung

Zunächst wird in alkalischen Bädern eine dünne Metallphosphatschicht auf die äußere Oberfläche des Kolbens erzeugt. Die ungefähr 1 µm dicke Schicht dient als vorbereitende metallische Oberfläche für die Kunstharzgrafitschicht. Sie besteht aus Grafit, gebunden in Phenol-Resol-Harz.

Die ungefähr 10 bis 20 µm dicke Schicht wird bei hohen Temperaturen eingebrannt. Grafit hat gute Schmier- und Ölhafteigenschaften. Die Notlaufeigenschaften werden wesentlich verbessert.