

## 3 Generationen Stirlingmotoren

„Öl ist die Seele der Maschine“ Dieser alte Maschinenbauer-Spruch gilt natürlich auch für den Stirlingmotor. Dort, wo es Leistung, Drehmomente und Kräfte gibt, gibt es auch Reibung – meist zwischen metallischen Oberflächen. Um diese Reibung zu minimieren und eine lange Lebensdauer zu erreichen, benötigt man Schmiermittel.

1. Generation

Dieses Schmiermittel war im 19. Jahrhundert ausschließlich Öl. Die großen, langsam laufenden Stirlingmotoren hatten alle Gleitlagerungen mit Tropfölschmierung. Ein Docht beförderte dabei aus einem Vorratsbehälter z.B. 10 Tropfen Öl pro Minute in einen Verteilertopf. Durch weitere Rohre gelangte das Öl dann an die offenen Lagerstellen. Überschüssiges Öl und Schmutzöl aus den Lagern wurden gesammelt und teilweise wiederverwendet. Bei kleineren Maschinen sorgten feinst einstellbare Ölvasen direkt an den Lagern und Gelenkpunkten für ein paar Tropfen pro Stunde. Alle diese Motoren hatten ein offenes Getriebe und waren nicht aufgeladen (bis auf eine Maschine – siehe Beitrag „Dichtigkeit“). Das heißt, der Mitteldruck war gleichzeitig der Atmosphärendruck. Das Leistungsgewicht der ersten Generation Stirlingmotoren lag typischerweise bei 300 kg/kW. Trotzdem gab es 250.000 Heißluftmotoren, davon 170.000 Stirlingmotoren und 80.000 Ridermotoren. Die Wartungsintervalle waren sehr kurz: Jeden Tag ölen und mehrmals pro Jahr musste der Erhitzer abgenommen werden, um ihn innen, je nach Brennstoff auch außen vom Ruß zu befreien – für uns heute inakzeptabel – damals aber völlig normal.
2. Generation

1938 begann die Firma Philips in Holland, Stirlingmotoren mit erhöhtem Mitteldruck und geschlossenem Getriebe zu entwickeln. Dazu wurde die damals bei Ottomotoren eingeführte Technologie der Öldruck-Schmierung übernommen. Es gab einen Ölsumpf am tiefsten Punkt des Getriebekastens, aus dem eine Pumpe Öl in die Lager presste. Die Wartung am heißen Teil des Motors wurde dabei allerdings zum Problem. Selbst feinsten Ölnebel im Arbeitsgas reichte aus, um im Erhitzer Ruß- Ablagerung zu erzeugen. Auch kam man früher immer gut an die großen Wärmeübertragungsflächen heran. Aber bei den aufgeladenen Motoren gab es enge Erhitzerrohre, die schwer zu reinigen waren. Und gerade beim Erhitzer konnte man keinen Ruß gebrauchen, weil er die Wärmeübertragung massiv behinderte, die ja gerade hier stattfinden sollte! Außerdem wollte man längere Wartungsintervalle realisieren, wie sie bereits bei Ottomotoren üblich waren. So fing man an, an der Rückseite der Arbeitskolben Kolbenstangen zu montieren und diese durch Stopfbuchsen zu führen. Schnell konzentrierten sich die Entwicklungsarbeiten auf diese Stopfbuchsen, die das Öl abstreifen sollten. Außerdem sollten sie dichten, denn man wollte

das Leistungsgewicht noch weiter absenken – von bisher 80 kg/kW auf 30 kg/kW. Bald waren die Stopfbuchsen das aufwändigste und teuerste Element am Stirlingmotor. Aber man bekam den Ölnebel aus dem Arbeitsgas heraus und damit einen völlig trockenlaufenden Motorteil. Normale Kolbenringe konnte man jetzt allerdings nicht mehr verwenden. So ging man auf Teflonringe über. Auch verwendete man jetzt Helium als Arbeitsgas, was das Leistungsgewicht noch weiter reduzierte – auf ca. 10 kg/kW. Die Wartung bestand aus einem Ölwechsel alle 600 bis 800 Stunden, dem Ausgleichen von Heliumverlusten und gegebenenfalls Reinigen des Erhitzers von außen. Die letzte heute noch käufliche Maschine aus dieser zweiten Generation ist die V161, die früher von Solo und seit 2012 von Cleanergy produziert wird.

### 3. Generation

Seit den 80-iger Jahren gibt es nur noch Neukonzeptionen der dritten Generation. Wie bei modernen Elektromotoren besitzen die Stirlingmaschinen nun geschlossene und fettgefüllte Wälzlager. Damit brauchte man endlich keine teuren und sensiblen Stopfbuchsen mehr.

Die Querkräfte, die durch die Schiefstellung am Pleuel entstehen und die früher durch ein seitliches Ölpolster am Kolben aufgefangen wurden, müssen jetzt über Anlenkhebel minimiert werden. Teflonbandagen an den Arbeitskolben, die schon bei den Maschinen der zweiten Generation eingesetzt wurden, übernehmen die restlichen Querkräfte (unter 2%). Auch die Kolbenringe bestehen bei diesem extremen Trockenlauf wieder aus einem Teflon-Verbundwerkstoff, hier nicht mit Glasfasern sondern mit Kohlefasern.

Die Wälzlager werden – wie schon gesagt – mit Fett gefüllt. Da die Laufflächen-Temperatur 50K über dem Kühlwasser liegen, wird Fett eingesetzt, das bei Raumtemperatur noch fast fest ist und erst bei 80°C allmählich schmierig wird. Damit sind Testläufe bis 3200 Stunden ohne Nachschmieren möglich. Wenn man alle 500 Stunden Fett nachfüllt – vor allem an den Lagern auf der Welle und der Kurbel – sind Lebensdauer über 10.000 Stunden nachgewiesen und weit über 20.000 Stunden vorstellbar. Damit sind Stirlingmotoren nach heutigen Maßstäben durchaus verkaufbar. Eine Wartung fällt – wenn überhaupt – außen am Erhitzer an, vor allem bei Holzpellets- oder Hackschnitzel-Feuerung.