



Laufzeit: 01.03.2011-31.12.2014

ENTWICKLUNG EINER STIRLINGMASCHINE AUF BASIS VON FLÜSSIGKEITSKOLBEN- VERDICHTERN UND ENTSPANNERN



Gefördert durch das



Der Stirling-Kreisprozess und dessen Realisierung in Form von Wärmekraftmaschinen, gelten seit dem 19. Jahrhundert als hinlänglich bekannt. Aufgrund seiner Fähigkeit, thermische Energie unter Annäherung des Carnot-Wirkungsgrades in hochwertige mechanische Energie zu transformieren, gewinnt dieses Anlagenprinzip in Zeiten knapper Energieressourcen zunehmend an Bedeutung. Angesichts vielfältiger Einschränkungen bei der praktischen Umsetzung des Verfahrens, insbesondere in konstruktiver und materieller Hinsicht, ist der tatsächlich erreichte Wirkungsgrad stets kleiner als theoretisch möglich.

Ein typischer Nachteil von herkömmlichen Stirlingmotoren, besteht in der vergleichsweise geringen Wärmeübertragung während des Verdichtung- bzw. Entspannungs Vorgangs des Arbeitsgases. Daher verlaufen in der Realität, die beiden Bestandteile des thermodynamischen Kreisprozesses, abseits der idealisierten isothermen Zustandsänderung, vornehmlich im polytropen Bereich. Um Leckagen zu Vermeiden, muss der Arbeitsraum mit niedermolekularen Arbeitsgasen wie Helium oder Wasserstoff unter hohem Druck, gegen Umgebungsbedingungen abgedichtet werden. Hierzu wird in diesem Bereich häufig ein Kompromiss zwischen Gasverlusten und Reibungsverlusten, infolge der aufwendigen Abdichtung eingegangen. Weiterhin entstehen durch Anwendung kontinuierlicher, meist sinusförmiger Antriebskonzepte, Überlagerungen der Prozessschritte. Die beschriebenen Probleme führen in Summe nach Abbildung 1 zu drastischen Leistungs- und Wirkungsgradabweichungen im Vergleich zum Idealprozess.

Mit Hilfe eines neuartigen Flüssigkeitskolbenverdichters bzw. -entspanners, können die beschriebenen Problemstellungen eliminiert und die Annäherung des Idealprozesses weiter forciert werden. Das Grundkonzept umfasst die Verdrängung des Arbeitsgases durch eine pumpfähige Flüssigkeit in einem abgeschlossenen Arbeitsraum, anstelle eines metallischen Kolbens. Hierdurch eröffnen sich viele Gestaltungsmöglichkeiten für die innere Zylinderoberflächen, da sich eine Flüssigkeit jeder Oberfläche anpasst und gleichzeitig den Arbeitsraum, bei minimalen Reibungsverlusten, perfekt abdichtet.

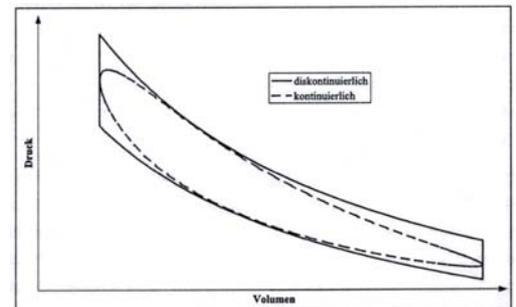


Abb.:1 p,V-Diagramm bei kontinuierlicher und diskontinuierlicher Kolbenbewegung

Somit ist es möglich, das Verhältnis von Übertragungsoberfläche zu Gasvolumen beliebig zu vergrößern, verbunden mit dem Ziel, durch verbesserte Wärmeübertragung, die Temperaturänderung während der Verdichtung/Entspannung zu reduzieren. Bei Betrieb mehrerer Arbeitszylinder können die einzelnen Prozessschritte klar abgegrenzt und örtlich getrennt ablaufen. Diese Konstruktionsweise ermöglicht einen diskontinuierlichen Anlagenbetrieb, mit zusätzlichen Anpassungsvariationen im Bereich der Verdrängungsgeschwindigkeit. Vor dem Hintergrund der Leistungsoptimierung durch kurze Zykluszeiten, kann das Profil der Verdrängungsgeschwindigkeit den Prozessgegebenheiten angepasst werden. So könnte beispielsweise im Verdichtungsfall die Geschwindigkeit des Flüssigkeitskolbens zum Ende hin abnehmen, um der druckabhängigen Wärmefreisetzung Rechnung zu tragen. Die Voraussetzung für die Funktion des Flüssigkeitskolbenkonzepts ist ein signifikanter Dichteunterschied zwischen Arbeitsgas und Verdrängerfluid. Weiterhin dürfen die Komponenten nicht mischbar oder ineinander lösbar sein.

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb eines Stirling-Kreisprozesses auszuarbeiten, verbunden mit der Intention den Wirkungsgrad des Kraftmaschinenprozesses entscheidend zu steigern.

Projektleiter

Prof. Dr.-Ing. Michael Deichsel
Fakultät Maschinenbau und
Versorgungstechnik
Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

Ansprechpartner

M. Eng. Magnus Schober
Tel.: +49.911.5880.1320
Fax: +49.911.5880.5135
magnus.schober@th-nuernberg.de
www.webadresse.de





>>
 ENTWICKLUNG EINER STIRLINGMASCHINE AUF BASIS VON
 FLÜSSIGKEITSKOLBENVERDICHTER UND -ENTSPANNERN

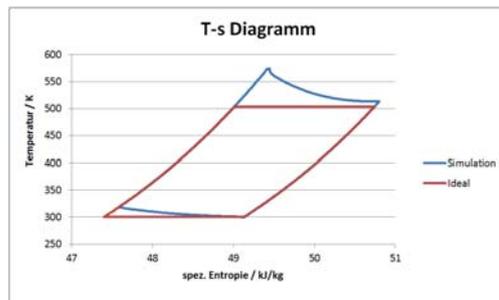


Abb.:2 T,s-Diagramm des Kreisprozesses im Dimensionierungswerkzeug

Da die Anwendung der Flüssigkeitskolbentechnologie im Rahmen von Stirlingmaschinen ein Novum darstellt, müssen zunächst die grundsätzlichen Anforderungen hinsichtlich Konstruktion und Betriebsweise, nach optimalen Gesichtspunkten erarbeitet werden. Der Fokus liegt hierbei im grundlegenden Verständnis der auftretenden Wärmeübertragungsvorgänge und deren Einflussfaktoren, wie Zylindergeometrie, Zykluszeit und Verdrängungsprofil. Unter Berücksichtigung der Isolationswirkung, mit Verdrängerfluid benetzten Zylinderoberflächen und dem Aufwand zur Kühlung/Beheizung der Zylinderstruktur, ist der Mehrwert des Maschinentyps nachzuweisen. Zu diesem Zweck wird die Apparatur mit Hilfe numerischer Strömungssimulation untersucht. Die Verifizierung der Simulationsergebnisse erfolgt anhand von Messwerten aus einer Versuchsanlage. Ein Teilziel ist es, nach erfolgreichem Abgleich der Ergebnisse, die Betrachtungen auf Basis der Simulation fortzusetzen. Durch Erstellung von Parameterstudien können die Verknüpfungen der Einflussgrößen, bezogen auf die Wärmeübertragung, herausgearbeitet werden. Im Anschluss ist es möglich die gefundenen Gesetzmäßigkeiten analytisch zu beschreiben. Hauptziel der Untersuchungen ist es, ein Planungswerkzeug

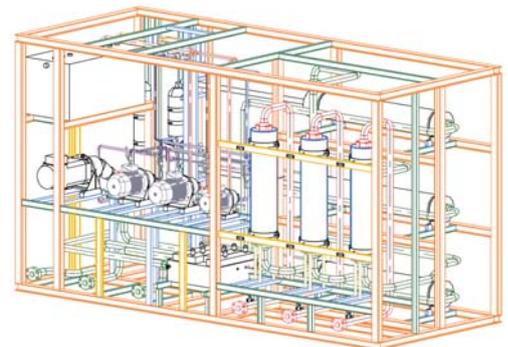


Abb.:3 Teilzeichnung des Anlagenprototyps

für Flüssigkeitskolbenverdichter und -entspannern für den Einsatz in Stirlingmaschinen zu implementieren und den Anwendern zugänglich zu machen. Hierbei wird auf Basis von Excel-VBA, der gesamte Prozess unter Berücksichtigung aller instationären Vorgänge, sämtlicher Druckverluste und Bauteilwirkungsgrade nachgebildet. Abbildung 2 zeigt die erhaltenen Ergebnisse. Die konkrete Anwendung umfasst, in Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner, die Weiterentwicklung des Maschinenkonzeptes zum Prototyp nach Abbildung 3. Die AGO AG sieht als Anlagenbauer im Bereich der dezentralen Energieerzeugung mittels BHKW-Anlagen, großes Potential für den Einsatz einer Stirlingmaschine. Es ist vorgesehen dem Kunden ein zusätzliches Feature zur Effizienzsteigerung der Gesamtanlage anzubieten. Die Stirlingmaschine würde die ansonsten ungenutzte Abwärme, aus dem Abgas der Anlage, zur regenerativen Stromerzeugung heranziehen. Das Maschinenkonzept kann daher einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz und zur nachhaltigen Energieversorgung zukünftiger Generationen leisten.

www.webadresse.de