

Schraubenmaschinen Nr. 4/1996

## Schraubenmotor

Prof. Dr.-Ing. Knut Kauder

---

Inhalt

Kühlverfahren der Heißgasschraubenmaschine (Teil 1) .....	4
Auslegung von Schraubenmotoren mit Flüssigkeitseinspritzung.....	7
Schraubenmotoranlage - Teil der Energieversorgung der Universität Dortmund ...	9
Wirtschaftlichkeit von Schraubenmotor-Anlagen .....	10
Ein Programm zur Profileingriffsspaltberechnung von verformten Schraubenmaschinen .....	11
Anhang .....	12

You will find the English title and abstract below the respective German section.

ISSN 0945-1870

# Stationäres und instationäres Betriebsverhalten der Heißgasschraubenmaschine

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. H. Dosdall

erschienen: 1996

in: Schraubenmaschinen Nr.4, S. 10 bis 30,  
Universitätsdruckerei Dortmund

Zusammenfassung: Im vorgelegten Bericht werden die mit Hilfe von Simulationssystemen gewonnenen Ergebnisse einer Untersuchung des stationären und instationären Betriebsverhaltens der Heißgasschraubenmaschine zusammenfassend vorgestellt. Eine gezielte Variation ausgewählter Maschinen- und Anlagenparameter verdeutlicht deren Einfluß auf das Betriebsverhalten der Maschine, so daß einerseits das Entwicklungspotential der Heißgasschraubenmaschine diskutiert werden kann und andererseits eine Beurteilung der Maschinen- und Energiewandlungsgüte möglich ist. Eine abschließend durchgeführte Analyse der Simulationsergebnisse zeigt, daß die Heißgasschraubenmaschine ein beachtliches Entwicklungspotential besitzt. Dabei gilt es zu berücksichtigen, daß sich die Energiewandlungsgüte beispielsweise durch die Wahl eines für den Einsatz in der Heißgasschraubenmaschine geometrisch optimierten Profils noch weiter verbessern läßt. Selbst bei der Realisierung des hier vorgestellten Entwicklungspotentials zeigt die Heißgasschraubenmaschine jedoch schon ein ähnlich gutes und teilweise auch besseres Betriebsverhalten wie die zu Vergleichszwecken herangezogene Fahrzeuggasturbine. In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, daß die Heißgasschraubenmaschine als Verdrängermaschinenanlage keine die Betriebsgrenze einengende Pumpgrenze kennt. Gegenwärtig befindet sich die eigentliche Expansionsstrecke der Heißgasschraubenmaschine, bestehend aus dem Heißgasschraubenmotor und der Brennkammer, in der Verifikationsphase.

Title: **Steady and nonsteady behaviour of the hot-gas screw-type engine**

Abstract: In this summarising report the results of a study about the steady and nonsteady behaviour of the hot-gas screw-type engine will be presented. A specific variation of selected machine and power package parameters is carried out in

order to show their influence on the behaviour of the engine. On the one hand this allows a discussion of the development potential. On the other it enables to assess the efficiency of the machine and of the energy transformation. A final analysis of the simulated results shows, that the hot-gas screw-type engine possesses a remarkable development potential. In this context it has to be taken into consideration, that the efficiency of energy transformation could be even further improved for example by the use of a geometrically optimised rotor profile. Nevertheless the realisation of the development potential described on the following pages will already create a hot-gas screw-type engine, which shows a comparable or even better behaviour than an automotive gas turbine. Furthermore it is worth to be noticed, that the operation of the hot-gas screw-type engine is not restricted by the surge limit. At the moment the expansion stage of the hot-gas screw-type engine, consisting of the hot-gas screw-type motor and the combustion chamber, is in the stage to be verified..

## Kühlverfahren der Heißgasschraubenmaschine (Teil 1)

- Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. G. Keller  
erschienen: 1996  
in: Schraubenmaschinen Nr.4, S. 31 bis 47,  
Universitätsdruckerei Dortmund
- Zusammenfassung: Der vorgelegte Beitrag dokumentiert erste Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Realisierbarkeit des Motors einer Heißgasschraubenmaschine. Hierbei liegt der Schwerpunkt in der Berechnung von Temperaturverteilungen unter Berücksichtigung verschiedener Kühlkonfigurationen. Es hat sich gezeigt, daß eine Verrippung des Gehäuses aufgrund der relativ hohen Wandstärke keine nennenswerten Vorteile hinsichtlich der Absenkung des Temperaturniveaus bringt. Als vorteilhaft hat sich die Beschichtung der am Energiewandlungsprozeß beteiligten Oberflächen, erwiesen. Der größte Fortschritt läßt sich durch Implementieren von Kühlbohrungen sowohl in den Rotoren als auch im Gehäuse erreichen.
- Title: **Cooling methods for the hot-gas screw-type engine (Part 1)**  
Abstract: This paper describes first results of the research regarding the realisation of the engine of a hot-gas screw-type machine. The part of concentration is set to the calculation of the temperature distribution considering different cooling methods. Because of the thickness of the casing of casing-walls, ribbing shows no significant advantages regarding temperature lowering. Surfaces, coated with thermal insulation, lead to lower node-temperatures but best progress could be reached by pouring in cooling bores through both rotors and the casing.

### Automatisiertes Verfahren zur Verarbeitung thermischer Randbedingungen am Beispiel des Schraubenmotors

- Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.Ing. G. Keller, Dipl.-Ing. T. v. Unwerth  
erschienen: 1996  
in: Schraubenmaschinen Nr.4, S. 48 bis 59,  
Universitätsdruckerei Dortmund
- Zusammenfassung: Die realitätsnahe Berechnung von Temperaturfeldern mit Hilfe der Methode der Finiten-Elemente (FE) setzt eine funktions- und lagerelevante Belegung der Modellnetzelemente mit thermischen Randbedingungen voraus.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Kategorisierung von Oberflächenelementen vorgestellt, das in erster Linie durch eine Erkennung von Innen- und Außenoberflächenelementen eine automatische Zuordnung der Wärmeübergangsrandbedingungen zu den entsprechenden Flächen eines beliebigen Geometriemodells ermöglicht. Das Verfahren ist in die Abschnitte

- die geometrieunabhängige Unterscheidung von Innen- und Außenflächenelementen,
- die geometrieabhängige Einteilung von Innenelementen bezüglich ihrer Lage und Funktion,
- die geometrieabhängige Einteilung von Außenelementen ebenfalls nach ihrer Lage und Funktion gegliedert.

Nach Einordnung aller Elemente in vorgegebene Elementkategorien können den so erzeugten Elementgruppen auf Basis ihrer Kennzeichnung thermische Randbedingungen zugewiesen werden.

Title: **Automatic method for the management of thermal boundary conditions on the example of a screw-type engine**

Abstract: For nearly realistic calculating of temperature-fields by finite-element-methods, a function- and position-relevant reservation of modelnet-elements with thermal boundary conditions is needed. This paper describes a procedure for categorising surface-elements, which renders possible an automatic assignment of heat transfer boundary conditions to the related areas of any geometric model by distinguishing inner and outer surfaces. The procedure is subdivided in the following sections:

- the geometric independent distinction of inner and outer surface-elements,
- the geometric dependent classification of inner surface-elements with reference to their position and function,
- the geometric dependent classification of outer surface-elements with reference to their position and function.

After the classification of all elements to specified categories, it is possible to appropriate thermal boundary

conditions to the kept element-groups on the basis of their registering mark.

# Auslegung von Schraubenmotoren mit Flüssigkeitseinspritzung

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. R. Zellermann

erschienen: 1996

in: Schraubenmaschinen Nr.4, S. 60 bis 83,  
Universitätsdruckerei Dortmund

Zusammenfassung: Ziel der Untersuchung ist ein Beitrag zur Optimierung flüssigkeitseingespritzter Schraubenmotoren mit Hilfe einer für Anlagenbauer und -betreiber als auch für Maschinenentwickler einfach handhabbaren Methode. Mit ihr kann die Güte der Energiewandlung im Schraubenmotor schon im Auslegungsstadium bestimmt und verbessert werden. Aus Kräfte- und Energieverhältnissen werden dimensionslose Kennzahlen entwickelt und anhand von Meßwerten einer weitgehend optimierten Versuchsmaschine quantifiziert. Das Schraubenmotor-Kennfeld stellt den Anlagenbetreibern die Betriebskenngrößen effektive Leistung  $P_e$ , effektiv isentroper Gütegrad ( $\eta_{es}$  und Liefergrad ( $L$  zur Einbindung in die Gesamtanlage bereit. Die Füllungsgrad-Messung ist Voraussetzung zur Beschreibung eines angepaßten idealen Vergleichsprozesses mit hoher Abbildungsgüte der gemessenen Innenarbeiten. Eine rezeptartige Anleitung zur Auslegung von Schraubenmotoren mit Flüssigkeitseinspritzung nutzt die Quantifizierung der dimensionslosen Kennzahlen der optimierten Versuchsmaschine und den einfachen Vergleichsprozeß zur Bestimmung der Hauptabmessungen eines optimal ausgelegten naßlaufenden Schraubenmotors.

Title: **Design of liquid injected screw-type engines**

Abstract: An easy to handle method for the design of liquid injected screw-type engines is presented. It can be used to quantify its energy efficiency in the design process. Therefore dimensionless numbers are defined by balances of forces and of energy flows and quantified by measurements of an optimised test engine, which is prepared to optimise the liquid injection, to make the performance measurements, to visualise the liquids distribution in space and time and to measure the internal pressure during the displacement. The performance graph gives characteristic lines of effective power  $P_e$ , effective isentropic efficiency ( $\eta_{es}$  and volumetric efficiency ( $L$  to a plant designer ready for to adapt the engine into the plants process. The measured filling ratio is the

base to describe an adapted perfect reference calculus of high quality in representing the measured internal pressure. Finally a recipe-like method uses the dimensionless numbers quantified by the data of the test engine to design the main dimensions of an optimised screw-type engine for a given application.



# Schraubenmotoranlage - Teil der Energieversorgung der Universität Dortmund

- Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. B. Kliem, Dr.-Ing. R. Piatkowski
- erschienen: 1996
- in: Schraubenmaschinen Nr.4, S. 84 bis 97,  
Universitätsdruckerei Dortmund
- Zusammenfassung: Beschrieben ist ein Energiewandlungskonzept zur Nutzung von Wärme (Abwärme) im mittleren Temperaturbereich eines Wärmeträgers. Am Beispiel der Kraft-Wärme-Kopplung des universitären Blockheizkraftwerkes wird der Aufbau und die Funktion der Gesamtanlage mit integrierter Schraubenmotor-Anlage erläutert. Hier nutzt ein Schraubenmotor die Abwärme von Gasmotoren zur Wandlung in Wellenarbeit, die zur weiteren Stromerzeugung dient. Erst die Abwärme des Schraubenmotors wird als Restwärme im Fernwärmenetz und zur Kälteerzeugung genutzt. Mit diesem Energiewandlungskonzept kann eine wirtschaftlich höhere Primärenergieausbeute bei sinkender Umweltbelastung erzielt werden.
- Title: **Screw-type engine plant - Part of the energy supply of the University of Dortmund**
- Abstract: Here a concept of energy transformation to use waste heat in the middle temperature range is presented. The function and design of a power plant with cogeneration and an integrated screw-type engine for the energy supply of the University of Dortmund is described. Waste heat of gas engines is used by a screw-type engine to produce electrical energy. The waste heat of the screw-type engine is transmitted to a long distance heating system and a refrigeration plant. Due to this concept of energy transformation a more economical exploitation of primary energy and a lower level of environmental pollution is possible.

# Wirtschaftlichkeit von Schraubenmotor-Anlagen

Autor(en): Prof. Dr.-Ing. K. Kauder, Dipl.-Ing. B. Kliem

erschienen: 1996

in: Schraubenmaschinen Nr.4, S. 98 bis 107,  
Universitätsdruckerei Dortmund

Zusammenfassung: Die verschiedenen Betriebsweisen von Schraubenmotor-Anlagen und deren Entwicklungspotentiale werden dargestellt. Ausgehend von der Kostenaufstellung der Demonstrationsanlage an der Universität Dortmund, wird mit Hilfe der Kapitalwertmethode die Wirtschaftlichkeit dieser Anlage untersucht. Dient diese Anlage zur Grundlastversorgung (8000 Betriebsstunden im Jahr) und kann die produzierte elektrische Energie vom Betreiber selbst genutzt werden, liegt die Amortisationszeit dieser Prototypanlage bereits bei sechs Jahren und drei Monaten. Der besonders kostenintensive Abhitzeessel dieser Anlage erschwert kürzere Kapitalrückflußzeiten. Kann die Schraubenmotor-Anlage eine bestehende oder geplante Anlage ergänzen, in der bereits ein Abhitzeessel installiert ist, stellt sich der Betrieb erheblich günstiger dar. Die Kostenrechnungen für zukünftige Schraubenmotor-Anlagen zeigen, daß ein wirtschaftlicher Betrieb auch bei Verkauf der elektrischen Energie sowie geringerer Anlagenausnutzung möglich ist.

Title: **Economical operation of screw-type engine plants**

Abstract: In this paper the different operation methods of screw-type engine plants and their capability of development are presented. By the method of the net present value the economical viability of the demonstration plant at the University of Dortmund is examined. The calculated repay of the investment costs is about six years and three months, if the produced electrical energy is used by the owner and the plant is working in the base-load operation mode (8000 hours of operation p.a.). The very expensive exhaust-heat boiler results a longer repay time. The operation is more efficiency if the screw-type engine plant is integrated in an existing or planed plant, with an installed exhaust-heat boiler. For future screw-type engine plants an economical operation is even possible with selling of electrical energy and reduced plant working capacity. This is shown by the calculation.

# Ein Programm zur Profileingriffsspaltberechnung von verformten Schraubenmaschinen

Autor(en): Magnus Janicki

erschienen: 1996

in: Schraubenmaschinen Nr.4, S. 108 bis 112,  
Universitätsdruckerei Dortmund

Zusammenfassung: Am Fachgebiet Fluidenergiemaschinen wurde ein Programm entwickelt, das es gestattet, die Größe und den Verlauf des Profileingriffsspalt von trockenlaufenden Schraubenrotorpaaren beliebiger Profilkontur dreidimensional zu berechnen.

Bei der Modellierung der Rotoren werden nach der Methode der finiten Elemente (FE) berechnete Verformungsfelder sowie die Lageänderung der Läufer durch Gehäuseverformung berücksichtigt.

Dem Ingenieur wird damit ein Analysewerkzeug zur Verfügung gestellt, das ihn sowohl in der Konstruktionsphase, als auch bei der Beurteilung von Schadensfällen unterstützt. Das Programm wird eingehen in das System zur Simulation des Betriebsverhaltens von Schraubenmaschinen.

Title: **A program for the calculation of rotor clearance of deformed screw-type machines**

Abstract: A computer program, designed at the Fachgebiet Fluidenergiemaschinen, enables the user to calculate the measure and the shape of the rotor clearance of dry-running screw-type machines completely three-dimensional. The rotors are modelled by taking their deformation-fields and the displacements of the bearings into account, all calculated by using the finite-element method (FE). This gives the engineer an analysis-tool, that helps him in the phase of design or when judging a case of damage. Furthermore the program will become part of a larger system of programs for the simulation of screw-type engines.

## Anhang

- Arbeitsweise der Schraubenmaschine (Screw type machine working principle)
- Funktion des Schraubenkompressors (Screw type compressor operation cycle)
- Funktion des Schraubenmotors (Screw type motor operation cycle)
- Funktion der Heißgasschraubenmaschine (Hot-gas screw type device working principle)
- Arbeitsraumbegrenzende Spalte (Clearances)