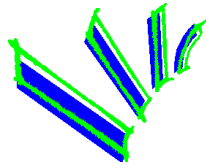


Moderne Dampfmotoren und Biomasse

- Stand der Technik und Entwicklungsbedarf -



Prof. Dr. Klaus Brinkmann

Umwelt-Campus Birkenfeld

Automatisierungstechnik und Energiesystemtechnik

Postfach 1380, D-55671 Birkenfeld

Fax: 0049-6782-17 1454

E-Mail: k.brinkmann@umwelt-campus.de

Internet: www.umwelt-campus.de/~k.brinkmann

Einleitung

Ein Energieversorgungssystem welches sich in zunehmendem Maße auf regenerative Energieträger stützt, muss sich aufgrund des natürlichen Verfügbarkeitscharakters auf eine fortschreitende Dezentralisierung einstellen. Dies wird auch den Dampfkraftprozess betreffen, der sich in besonderem Maße für die Nutzung von Biomasse jeglicher Art anbietet. Da Dampfmotoren bei den dabei erforderlich werdenden Leistungsstufen Vorteile gegenüber Turbinen aufweisen können, ist damit zu rechnen, dass die Nutzung solcher Maschinen zunehmend attraktiver wird, insbesondere bei Kraft-Wärme-Kopplungen.

Dampfmotor

Die Erkenntnis, dass Dampfkraft zur Bewegungserzeugung genutzt werden kann ist schon sehr alt. Schon vor 2000 Jahren gab es erste Versuche, Wasserdampf als Arbeitsmedium zur Bewegung allerlei Vorrichtungen zu benutzen. Es dauerte jedoch bis zum Ende des 18. Jahrhunderts, ehe die ersten Dampfmaschinen in der uns heute bekannten Wirkungsweise entstanden. Die erreichbare Leistungsfähigkeit war eng mit dem Fortschritt beim Druckbehälterbau verknüpft.

Die Erfindung der Dampfturbine in den Jahren 1893 und 1894 durch Gustav de Laval und Charles Algeron Parsons leitete das Ende der Dampfmaschinenzeit ein.

Für die angestrebten immer größeren Leistungen erwiesen sich die Dampfturbinen eindeutig als vorteilhaft gegenüber den Kolbendampfmaschinen, sowohl vom Materialeinsatz als auch bezüglich ihrer Effizienz. Dampfturbinenanlagen leisteten schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts bis zu ein Megawatt. Die zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwartende Dezentralisierung führt jedoch zwangsweise zu einer Umkehr dieser Entwicklungslogik und verschafft damit den Dampfmaschinen wieder einen Einsatzvorteil. Genutzt wird dabei der "Clausius-Rankine-Prozess", der bei Dampfkraftmaschinen, wie Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen, durchlaufen wird, um Wärmeenergie in mechanische Energie umzuwandeln. Hierbei wird im allgemeinen Wasser verdampft bis zu einem definierten Arbeitsdruck und meist anschließend überhitzt, um dann in der Arbeitsmaschine entspannt zu werden. Danach wird der Abdampf in einem Wärmetauscher kondensiert und dem Prozess erneut zugeführt.

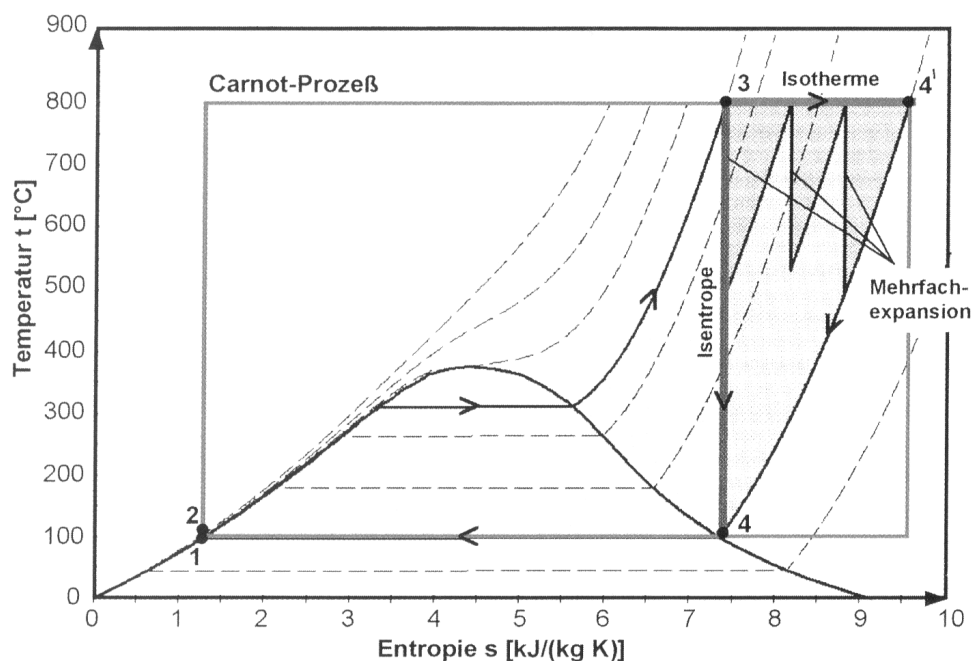


Bild 1: Dampfkraftprozesse

Aktuellere Entwicklungsarbeiten zu Dampfmaschinen zielen darauf ab, eine Modifikation des klassischen Rankine-Prozesses (isentrope Entspannung) zu nutzen.

Entwicklungstendenzen

Eine mögliche Modifikation stellt die sogenannte 'Isotherme Expansion' dar, bei welcher während des Entspannungs Vorgangs Wärme zugeführt wird, um bei möglichst gleichbleibender Temperatur die umspannte Fläche des Kreisprozesses in Bild 1 zu vergrößern. Dies ist gleichbedeutend mit einer Steigerung des Arbeitsvermögens. Würde es gelingen bei einem Druck von 100 bar und 800°C die in Bild 1 dargestellten Prozesse ideal durchzuführen, so ergibt sich für den Rankine-Prozess ein Wirkungsgrad von 36,8%, im Fall der isothermen Entspannung von 50,3%. Dabei markiert der zum Vergleich eingezeichnete ideale Carnot-Prozess mit einem Wirkungsgrad von 65,2% das dabei maximal überhaupt erreichbare obere Limit. Diese angestrebten Temperatur- und Druckbereiche stellen hohe Anforderungen an die Beständigkeit der einzusetzenden Materialien, so dass moderne Hochleistungswerkstoffe zum Einsatz kommen müssen. Mit einem Forschungsmotor ist bisher erfolgreich ein Betrieb bei 500°C und 50 bar getestet worden [1]. Um bis zu 900°C und 100 bar vordringen zu können, wurde an einer Dampfeinspritzung mit Hilfe speziell entwickelter Injektoren gearbeitet. Vorteilhaft ist, dass eine Dampfmaschine bzw. Dampfmotor bis zu einem Viertel der Nennleistung heruntergefahren werden kann, ohne nennenswerte Effektivitätseinbußen [2].

Derzeit lassen sich eine Vielzahl von Neuentwicklungen von Dampfmotoren für einen Leistungsbereich bis zu einigen kW aufzeigen. In der Literatur und den internationalen Internetpräsentationen findet man eine Vielzahl von interessanten Entwicklungen und Produkten aufgeführt, welche veranschaulichen, wie vielschichtig und vielseitig die Entwicklungsaktivitäten zu modernen Dampfmotoren derzeit sind und welches Ideenreichtum dabei zum Tragen kommt. Leider ist es hier nicht möglich alle modernen Dampfmotor-Entwicklungen darzustellen.

Einsatz von Biomasse

Derzeit werden Dampfmotoren hauptsächlich in Blockheizkraftwerken eingesetzt. Das Prinzip der externen Verbrennung erlaubt einen maximalen Freiheitsgrad bezüglich der Brennstoffauswahl.

Daher eignet sich ein Dampfmotor insbesondere vorzüglich für den Einsatz von (fester) Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplungen, wobei diesem Nutzungsprinzip in Zukunft eine gewiss steigende Bedeutung zukommen wird [3]. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit Hilfe von Biomasse ist eine überaus sinnvolle Ergänzung zur Sonnen- und Windenergie. Der prinzipiell steuerbare Einsatz von Biomasse kann zukünftig den stochastischen Angebots- und Verfügbarkeitscharakter von PV-Systemen und Windkraftanlagen ausgleichen, in der Form von geschickt abgestimmten, hybridsystemartigen komplexeren Stromversorgungsstrukturen. Dabei ist es je nach Verbrauchscharakteristik und Auslegung nicht unbedingt erforderlich, allzu hohe Anforderungen an den elektrischen Wirkungsgrad der KWK mit Biomasse zu stellen [4].

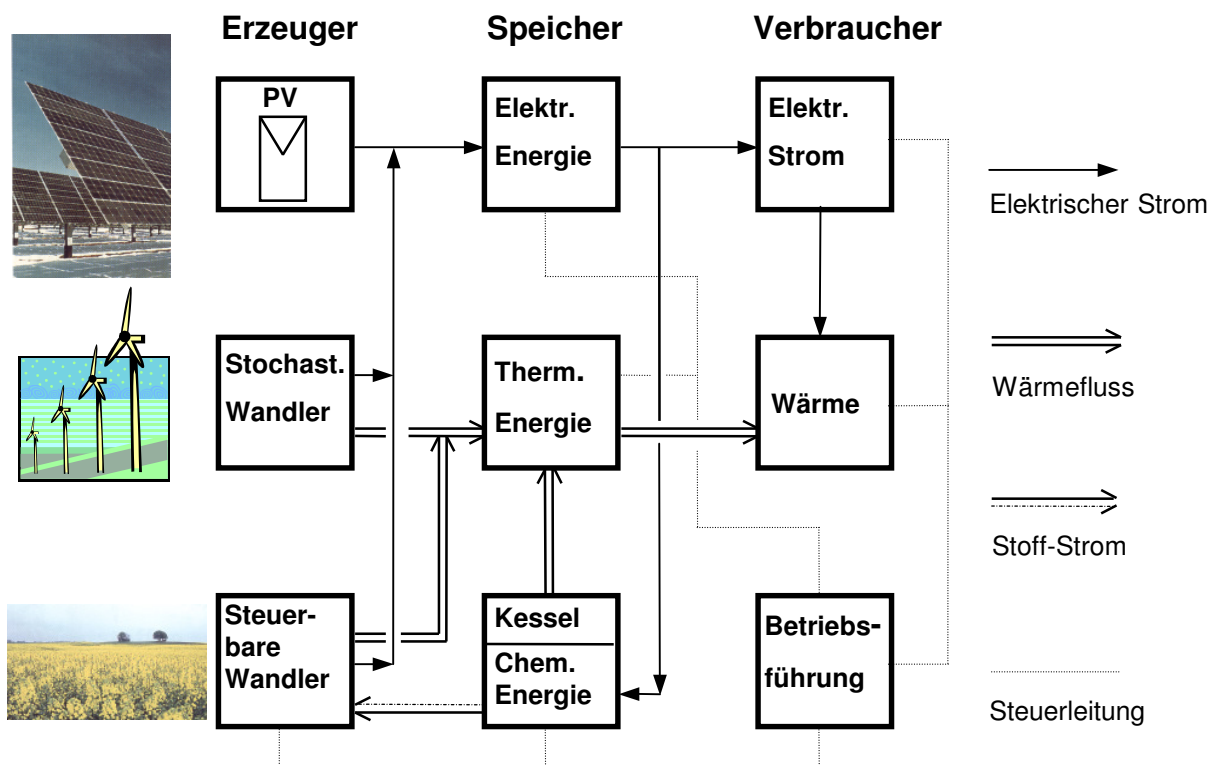


Bild 2: Komplexes Hybridsystem / Basismodell

Aber Dampfkolbenmotoren haben sich auch bei der Nutzung von industrieller Abwärme aus Produktionsanlagen bewährt. Auch für einen GUD-Betrieb im unteren Leistungsbereich lassen sich diese Maschinen durchaus sinnvoll einsetzen.

Feste Biomasse wie Halmgut oder holzartige Stoffe können einer internen Verbrennung nicht zugeführt werden, deshalb stellt hier das Prinzip der Dampferzeugung und Nutzung über einen Dampfmotor eine natürlich bevorzugte Möglichkeit. Größere Dampfmaschinen mit einer Leistung bis hin zu 1.200 kW befinden sich schon erfolgreich zur Biomassenutzung im Einsatz. Neueste Dampfmaschinen-Entwicklungen zielen auch auf den Haushaltsbereich ab. Neuartige Werkstoffe und moderner Maschinenbau haben für diesen klassischen, historisch bedeutsamen Maschinentyp völlig neue Möglichkeiten erschlossen [1], [2]. Die Entwicklungsarbeiten des Autors dienen der Auslegung und Optimierung derartiger KWK-Systeme und zu deren Integration in komplexen hybriden Energieversorgungs-Systemen [5]. Dazu werden z.B. MatLab-Programm-Bibliotheken zur Berechnung der Komponenten und deren Zusammenspiel erstellt. Mit Hilfe derart erstellter Funktionen werden Optimierungsstrategien und Steuerungsvorgaben erarbeitet; insbesondere auch für die Auslegung und den optimierten Einsatz von Dampfmotoren.

Ausblick

Neuartige Werkstoffe und moderner Maschinenbau haben für die Entwicklung von Dampfmotoren völlig neue Möglichkeiten erschlossen. Aus den unterschiedlichsten Zielvorstellungen heraus werden seit einigen Jahren Dampfmotoren im kW-Bereich entwickelt, mit einer aussichtsreichen Wirtschaftlichkeit.

Referenzen:

[1] Buschmann, Clemens, Hoetger, Mayr: Zero Emission Engine – Der Dampfmotor mit isothermer Expansion. MTZ Motorentechnische Zeitschrift 61 (2000) Heft 5, Vieweg, Wiesbaden 2000 / <<http://www.iav.de>>: Tech. Veröffentlichungen 2000.

[2] K. Brinkmann: Moderne Dampfmaschinen. Sechstes Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik, Erneuerbare Energien und Rationelle Energieverwendung,, 'Innovative Energiewandler'. November 2001 Kassel, ISET.

[3] K. Brinkmann: Möglichkeiten und Bedingungen zur energetischen Nutzung von Biomasse in regenerativen Hybridsystemen. Zehntes Symposium Energie aus Biomasse, Staffelstein 2001.

[4] K. Brinkmann: Possibilities and Effects of Biomass Energy Conversion in Renewable Hybrid Systems with Combined Heat and Power, 12th European Conference on Biomass for Energy, June 2002, Amsterdam, The Netherlands.

[5] K. Brinkmann: Potential of Steam Energy in PV-Hybrid Systems. 2nd European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference, September 2003, Kassel, Germany.

Modern Steam Engines and Biomass

- State of the Art and further Development -

Prof. Dr. Klaus Brinkmann

Umwelt-Campus Birkenfeld

Automation and Energy System Technology

P.O. Box 1380, D-55671 Birkenfeld / Germany

Fax: 0049-6782-17 1454

E-Mail: k.brinkmann@umwelt-campus.de

Internet: www.umwelt-campus.de/~k.brinkmann

Abstract

This presentation gives an overview of the state of the art and development tendencies of modern steam engines. It shows some important actual examples with their innovative progress as well as remaining disadvantages. Regarding the fact of the increasing necessity of decentralized combined heat and power systems, many new development activities for modern steam engines for lower power classes have been started, with a hopeful economical potential. Especially the availability of new materials and the progress in modern mechanical engineering give rather new possibilities for this machine. With respect to different implementations in the market, many interesting steam engine constructions were developed, especially during the last 5 - 10 years. The modern steam engines are presented with respect to the possibilities for the use of (solid) biomass as fuel. It follows a presentation of the own development activities concerning the dimensioning and optimisation of complex Hybrid Systems, including modern steam engines.