

# Energie aus Gas – ohne Verbrennung?

**Ronald Fischer\***

**Erdgas gilt als besonders umweltfreundlicher Energieträger. Eine raffinierte Methode, aus Erdgas zusätzliche Energie zu gewinnen, ist bei den Stadtwerken Lübeck realisiert worden. Dabei muss das Gas nicht einmal verbrannt werden.**

Seit den 60er Jahren durchzieht Europa ein weites Netz von Erdgaspipelines. Diese Ferngasleitungen werden mit Drücken bis zu 60 bar betrieben, um bei großen Gas-mengen mit kleinen Rohrdurchmessern auszukommen. An den Endpunkten der Hochdruckleitungen, an denen das Gas an regionale Versorgungsunternehmen übergeben wird, muss der Gasdruck für das weiterführende Mittel- oder Niederdrucknetz herabgesetzt (entspannt) werden. Das geschieht mit Druckminderern, die nach dem Prinzip eines Gasflaschenreduzierventils arbeiten. So auch in Lübeck, wo eine Hochdruckleitung endet und die Stadtwerke das Gas für das Versorgungs-



Bei einer Erdgasübergabestation wird der Leitungsdruck von z. B. 60 auf 6 bar reduziert. Die dabei frei werdende Energie nutzen die Stadtwerke Lübeck zur Stromerzeugung . . .

netz entspannen müssen. Bei dieser Druckminderung (Fachausdruck: Drosselung) wird die im Druck enthaltene Energie üblicherweise vernichtet. Die Stadtwerke Lübeck aber setzen eine Maschine ein, mit der sie auch den Gasdruck in mechanische Arbeit umwandeln und damit einen Generator zur Stromerzeugung antreiben.

## **Robert Mayer lässt grüßen**

Die Physik lehrt, dass sich die verschiedenen Formen von Energie und Arbeit wie mechanische, elektrische oder chemische (z. B. Heizöl) ineinander umwandeln lassen. So macht der Elektromotor aus elektrischer Energie mechanische Arbeit, mit der beispielsweise der

Bohrhammer angetrieben wird. Eine Wärmekraftmaschine, egal ob Verbrennungsmotor, Dampfmaschine, Dampf- oder Gasturbine, „arbeitet“ zwischen einem Druck- und Temperaturgefälle. In einem Verbrennungsmotor dehnt sich heißes Abgas aus und bewegt den Kolben, wobei es sich abkühlt. In einer Dampfmaschine ist es der Dampf, der sich im Zylinder ausdehnt und abkühlt. Am Ende des Arbeitstaktes verlässt das Arbeitsmedium (Gas oder Dampf) die Maschine. Wie viel Arbeit eine Wärmekraftmaschine leisten kann, hängt von Druck und Temperatur des Arbeitsmediums am Anfang und am Ende des Arbeitstaktes ab. In Lübeck wird das Gas mit einem Druck von 45 bar angeliefert und mit 6 bis 16 bar in

\* Ronald Fischer, freier Fachautor, 71229 Leonberg, Tel. (07 15) 22 88 44



**... hierfür wird ein sechszylinderiger Spilling-Dampfmaschine als Gasexpansionsmaschine genutzt. Im Hintergrund ist der gekapselte Generator mit Zu- und Abluftkanal zu sehen**

mehr nötig, und der Spilling-Dampfmaschine wartungsfreundlich und wirtschaftlich im Betrieb. Er besteht aus einem Kurbelgehäuse und einem darüber liegenden Zylinderblock. Dazwischen befindet sich ein Hohlraum. Dieses „Zwischendeck“ (Fachausdruck „Laterne“) hält Wärmeverluste vom heißen Dampfzylinder an die Kurbelwelle und das Ölbad gering. Außerdem verhindert die Laterne, dass kondensiertes Wasser mit dem Öl in Berührung kommt und es verdirbt.

Der Spilling-Dampfmaschine ist nach dem Baukastenprinzip aufgebaut. Das sorgt für eine kostengünstige Fertigung, spart Konstruktionskosten und vereinfacht die Instandhaltung. Wird eine größere Leistung verlangt, lassen sich bis zu sechs Motorenblöcke zusammenkuppeln. Was beim Verbrennungsmotor die Ventile sind, ist bei der Dampfmaschine der Schieber. Bei letzterer wird der Schieber von einem Exzenter auf der Kurbelwelle angetrieben. Der Verbrennungsmotor hat zum Antrieb der Ventile eine Nockenwelle. Im Spilling-Dampfmaschine befindet sich eine Kombination aus Exzenter und Nockenwelle, die Steuerwelle. Die Exzenter sind auf der Steuerwelle drehbar gelagert. Durch die Stellung des Exzenters lässt sich der Hub des Schiebers einstellen und damit die Dampf- oder

das städtische „Mitteldrucknetz“ gespeist. Nach einer weiteren Druckminderung erreicht das Gas dann durch die Niederdruckleitung den Verbraucher. Bei starker Gasentnahme werden bis zu 45 000 m<sup>3</sup>/h entspannt, woraus sich eine beachtliche Energiemenge gewinnen lässt.

### **Alte Technik neu**

Hersteller der Maschine, die die bei der Reduzierung des Gasdruckes freiwerdende Energiemenge nutzt, ist die Hamburger Firma Spilling, die 1890 als Reparaturbetrieb von Schiffsdampfmaschinen gegründet wurde. Später produzierte das Unternehmen selbst Schiffsmaschinen und entwickelte die Dampfmaschine zum Dampfmaschine weiter. Der Spilling-Dampfmaschine ist eine schnelllaufende, vollständig

eingekapselte Dampfmaschine. Er schafft eine Drehzahl von 750 bis 1500 U/min (min<sup>-1</sup>), die mit den Drehzahlen serienmäßiger Drehstromgeneratoren für Dieselaggregate übereinstimmen. Das macht die teure Sonderanfertigung von Generatoren für niedrige Drehzahlen überflüssig, wie sie früher für die langsamer laufenden Dampfmaschinen nötig waren. Verglichen mit konventionellen Dampfmaschinen sieht der Spilling-Motor so nüchtern aus wie ein Schaltschrank. Die raffinierte Technik verbirgt sich hinter der Verkleidung. Das Schwungrad ist eine einfache Scheibe und wegen der hohen Drehzahl ziemlich klein. Die Kurbelwelle läuft wie bei einem Verbrennungsmotor in einem Ölbad. Der Maschinist mit der Ölkanne ist somit nicht

Gasmenge, die der Zylinder erhält. Über den Schieberhub lassen sich Leistung und Drehzahl stufenlos regeln.

### Gas, Strom und Wärme

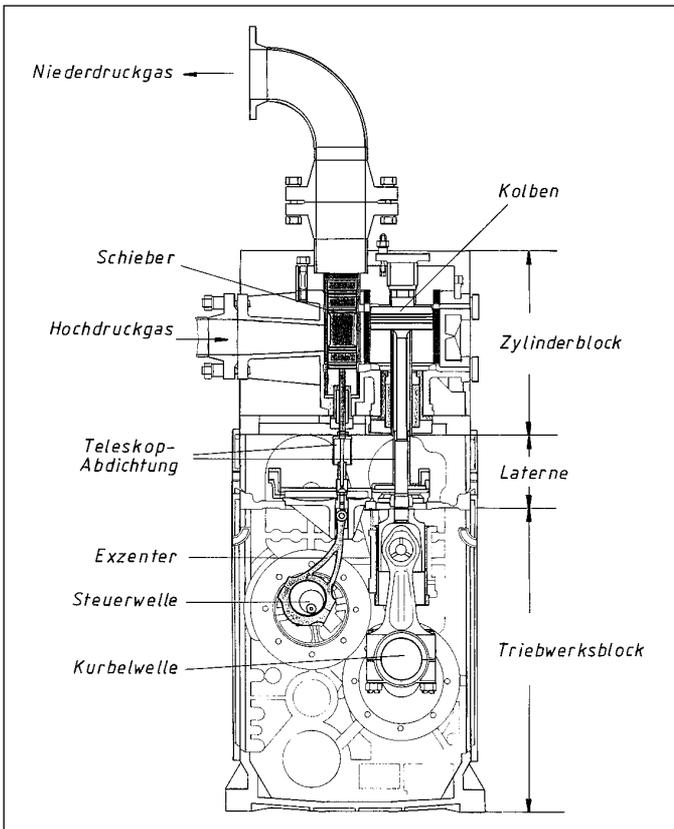
Als Mitte der 80er Jahre der Elektrizitätsmarkt liberalisiert wurde – Stichwort „Stromeinspeisungsgesetz“ – planten auch die Stadtwerke Lübeck, eine Elektrizitätsversorgung mit Kraftwärmekopplung (Block-

heizkraftwerk) zu bauen. Die Planung sah vor, Wärme und Strom mit drei Gasmotoren und Strom zusätzlich mit einer Gasexpansionsmaschine zu erzeugen. Für das „Nebenprodukt Wärme“, das bei der Stromerzeugung in Wärmekraftwerken stets anfällt, hatten die Stadtwerke selbst Verwendung. Zu den „betriebseigenen“ Wärmeverbrauchern zählen die Gebäude auf dem Gelände des ehemaligen Gas-

werks und die Gasvorwärmung. Es war geplant, die größtenteils veralteten Heizungen zu einem „Miniferneheiznetz“ zusammenzufassen. Zur Gebäudeheizung und zur Gasvorwärmung sollte die Abwärme der drei Gasmotoren dienen. Großen Wärmebedarf hat – weitgehend unabhängig von der Jahreszeit – die Gasvorwärmung. Verantwortlich dafür ist, dass sich Gas bei der Entspannung abkühlt (Joule-Thompson-Effekt). Um das Einfrieren der Druckminderer zu verhindern, muss das Erdgas auf 25 °C vorgewärmt werden. Das geschieht in warmwasserbeheizten Wärmetauschern und Vorwärmern, die direkt mit Erdgas befeuert werden. In der Gasexpansionsmaschine ist die Temperaturabsenkung noch stärker als im Druckminderer, da hier Wärme in mechanische Arbeit umgewandelt wird. Für die Expansionsmaschine muss daher das Gas auf 90 °C vorgewärmt werden.

### Explosions- und Schallschutz

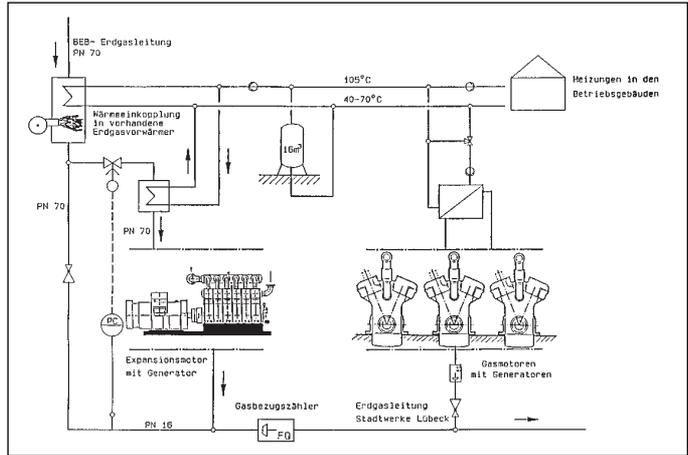
Ein Problem für die Ingenieure der Spilling-Werke war, die Maschine gasdicht zu bekommen. Wenn es sich schon bei einer Dampfmaschine nicht vermeiden lässt, dass trotz Patentstopfbuchsen geringe Dampfmenge austreten, so wird das bei einer Gasexpansionsmaschine zu einem ern-



Schnitt durch einen Spilling-Dampf- bzw. Gasmotor [3]

sten Problem. Auch wenn die Gasmenge noch so gering ist, bildet sich schnell ein explosionsfähiges Erdgas-Luftgemisch, dessen untere Explosionsgrenze bei gerade mal fünf Prozent Erdgasanteil liegt. Im Fall des Expansionsmotors wird das Leckgas aus der Laterne abgesaugt und über einen Zähler in die Niederdruckleitung gefördert.

Die elektrische Ausrüstung des Gebäudes aber muss explosionsgeschützt sein. Und der Generator wurde völlig eingekapselt. Das Lüfterrad saugt die Kühlluft über einen Kanal von außen an und bläst sie über einen zweiten Kanal wieder nach draußen. Außerdem steht das Kühlsystem gegenüber dem Aufstellungsraum unter einem leichten Überdruck. Auch das verhindert, dass Gas eindringen kann. Druckminderer erzeugen Geräusche (Rauschen, Zischen). Solche Strömungsgeräusche entstehen immer bei Querschnittssprüngen, wenn Gase oder Flüssigkeiten in ein weites Rohr oder ins Freie strömen. Druckminderer arbeiten mit dieser Querschnittserweiterung. In großen Druckmindereranlagen sind daher Schalldämpfer eingebaut. Strömungsgeräusche erzeugt auch der Spilling-Motor, da die Schieberbewegung den Dampf- oder Gasstrom „zerhackt“. Das rhythmische pulsierende Auspuffgeräusch der Dampflok-



**Anlagenschema des Blockheizkraftwerks der Stadtwerke Lübeck**

omotive ist ein Paradebeispiel dafür. Die sechszyindrische Bauweise der Lübecker Gasexpansionsmaschine dämpfen die Pulsationen natürlich stark. Trotzdem sollen diese Schwingungen nicht ins Gasnetz weitergeleitet werden. Deshalb sind je ein Schalldämpfer in die Zu- und die „Auspuffleitung“ eingebaut worden.

**B**esucher stellen immer wieder die Frage, woher die Energie stamme, die die Stadtwerke Lübeck in Elektrizität verwandeln. Die Energie stammt aus dem Gasdruck, den die Kompressoren innerhalb des Erdgasverbundes erzeugen. Sie entspricht der mechanischen Arbeit der Kompressoren. Von dieser Arbeit ist zwar noch die Wärmemenge abzuziehen, die durch die Kühlung verloren

geht. Doch durch die Vorwärmung wird dieser Energiebetrag dem Gas in etwa wieder zugeführt. Die Gasexpansionsmaschine wandelt Gasdruck und Wärme in mechanische Arbeit und Elektrizität um und das mit dem verblüffend guten Wirkungsgrad von 80 Prozent. Seit der ersten probeweisen Inbetriebnahme im November 1988 hat sich die Lübecker Gasexpansionsanlage so gut bewährt, dass Spilling mittlerweile in Deutschland und anderen europäischen Ländern (Italien, Spanien, Niederlande) fast dreißig Expansionsanlagen installiert hat und heute Marktführer im Leistungsbereich unter 1500 kW ist.

**Literatur- und Bildnachweis:**  
 [1] Stadtwerke Lübeck  
 [2] BEB Erdöl- und Erdgas GmbH  
 [3] Spilling Energiesysteme

## **Der Kadi entschied**

### **Kein Urlaubsgeld**

Wenn ein Arbeitnehmer langfristig erkrankt ist und damit im Betrieb fehlt, sodass er den Jahresurlaub nicht antreten konnte, dann kann er auch kein Urlaubsgeld verlangen. Wenn das Urlaubsgeld bereits gezahlt wurde, kann der Arbeitgeber den Betrag mit dem nächsten Lohn verrechnen. (Bundesarbeitsgericht Az 9 AZR 255/96)

### **Verlängerung der Ausbildungszeit**

Wenn ein Ausbildungsverhältnis mit Zustimmung der Handwerks-/Industrie- und Handelskammer verlängert wurde, dann hat der Lehrling einen Anspruch darauf, weiter ausgebildet zu werden. So entschied (Landesarbeitsgericht Mainz Az 10 Sa 981/96)

### **Mitnahme von Betriebseigentum**

Wer Betriebseigentum mit nach Hause nehmen will, braucht dazu die Genehmigung des Vorgesetzten. Das gilt auch für den Fall, wenn es sich um die Mitnahme von Abfall oder um das Ausleihen von Werkzeugen handelt. Eine Küchenangestellte musste diese Erfahrung machen, als sie Essensreste als Abfall

mitnahm und dabei erwischt wurde. Das wurde ihr als Diebstahl ausgelegt, und sie erhielt darauf eine Kündigung. Das Arbeitsgericht entschied, dass nur der Chef darüber entscheidet, was weiterverwertbar ist oder als Abfall mitgenommen werden kann. (Landesarbeitsgericht Köln 5 Sa 504/95)

### **Fundsachen**

Wenn ein Arbeitnehmer im Betrieb einen fremden Gegenstand findet z. B. einen Ring, dann muss er diesen Fund sofort dem Vorgesetzten melden. Tut er das nicht, dann riskiert er eine fristlose Kündigung. Das bestätigte ein Gerichtsurteil. (Arbeitsgericht Frankfurt 9 Ca 459096)

### **Übernahme nach Krankheitsvertretung**

Wer als Job eine Krankheitsvertretung in einem Betrieb übernimmt, kann dann eine Weiterbeschäftigung fordern, wenn der erkrankte Kollege nicht mehr an den Arbeitsplatz zurückkehrt. Der Betriebschef kann nur dann die Einstellung verwehren, wenn die Aushilfe sich nicht für eine Dauerbeschäftigung eignet. (BAG Az 7 AZR 669/96)