

(ständig 5 bis 25 % der DK-Vollastmenge) und Gas bzw. Alkohol als Hauptkraftstoff, beinhaltet aber in sich den Widerspruch zwischen dem Dieselmotor mit innerer Gemischbildung und dem Zündstrahlmotor mit partiell äußerer Gemischbildung.

Lediglich bei der Alkohol-Direkteinspritzung könnte dieser Widerspruch besser lösbar sein, wobei sich die hohe Verdampfungswärme negativ auswirken könnte. Die Anwendung von Mischkraftstoffen ist, wie bereits festgestellt, auch möglich. Sie kann, vor allem bei Vergaserkraftstoffen, zur Erhöhung der Qualität derselben führen.

Methan als Gaskraftstoff begünstigt im Vergleich zu Flüssigkraftstoffen den Prozeß der Gemischbildung, die vorwiegend als äußere erfolgt. Gas-Ottomotoren weisen deshalb eine deutlich niedrigere (und bleifreie) Schadstoffemission als die jeweilige VK-Ausführung auf. Zündstrahlmotoren laufen nahezu rauchfrei. Reine Gasmotoren und Zündstrahlmotoren mit geringer Ladungsbewegung im Zylinder zeichnen sich durch einen auffallend weichen Verbrennungsablauf aus, während eine intensive Ladungsbewegung, die für die meisten anderen Dieselmotoren charakteristisch ist, einen harten Motorlauf bedingt. Das bestätigen eigene und auch in der Literatur dargelegte Erfahrungen.

Einen Überblick über technische Details von Gas- und Alkoholmotoren enthält Tafel 3. Der Gasbetrieb erfordert eine entsprechende Gasanlage, die vor allem bei Wechselmotoren erhebliche zusätzliche Investitionen bedingt. Hohe Kosten werden in erster Linie durch den als Druckbehälter ausgeführten Gastank, weiterhin durch die Gasarmatu-

ren, vor allem den Druckregler, verursacht. Bei Alkoholmotoren ist das Gemischbildungssystem relativ aufwendig. Bei der Verwendung von Mischkraftstoffen mit Alkohol sind die zusätzlichen Kosten gegenüber einem üblichen Motor gering.

Zusammenfassung

Alternativkraftstoffe, auch auf nichtfossiler Basis, gewinnen an Bedeutung, werden aber insgesamt eine untergeordnete Rolle spielen. Im Rahmen der Erweiterung der Kohleverflüssigung kann u. U. mit dem Einsatz von Methanol als Mischungs-komponente oder evtl. auch als Kraftstoff selbst gerechnet werden.

Innerhalb der Landwirtschaft der DDR könnte in der Perspektive in den Standortbereichen von Biogasanlagen in begrenztem Maß Methan als Alternativkraftstoff eingesetzt werden. Einen größeren Umfang, d. h. in jeder größeren Anlage, könnte der Betrieb stationärer Gasmotoren zum Antrieb von Generatoren und Wärmepumpen annehmen.

Die Hauptaufgaben bei der Anwendung des Verbrennungsmotors bleiben aber für den Landtechniker der Einsatz des Dieselmotors in Bereichen niedrigen spezifischen Kraftstoffverbrauchs, die qualitativ hochwertige Instandhaltung sowie der fachgerechte und energieoptimale Einsatz aller Maschinen.

Literatur

[1] Batel, W., u. a.: Pflanzenöle für die Kraftstoff- und Energieversorgung. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 30 (1980) 2, S. 40-51.

- [2] Batel, W., u. a.: Ethanol aus nachwachsenden Rohstoffen als alternativer Kraftstoff für Fahrzeuge. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 31 (1981) 4, S. 125-137.
- [3] Prescher, K.: Wasserstoffantrieb für Automobile. Neue Speichertechnologie erhöht den Wirkungsgrad. MTZ, Stuttgart 4 (1983) 6, S. 211ff.
- [4] Jante, A.: Vorlesung Verbrennungsmotoren 1.-4. Lehrbrief. TU Dresden, Sektion 16, WB Verbrennungsmotoren und Kraftfahrzeuge, 1972.
- [5] Arndt, A.: Kleines Formellexikon, 10. Auflage. Berlin: VEB Verlag Technik 1972.
- [6] Reinhold, H.: Das Kraftfahrzeug in Formeln und Tabellen. Berlin: VEB Verlag Technik 1966.
- [7] Algenstaedt, K.: Nutzung alternativer Energiequellen in der Landwirtschaft der DDR - ein Beitrag zur Reduzierung des Aufwands an traditionellen Energieträgern. 10. Internationaler Kongreß für Landwirtschaftstechnik Budapest 1984.
- [8] Engshuber, M.; Beyer, G.: Renaissance für Biogas? Technische Gemeinschaft, Berlin 31 (1983) 3, S. 29ff; Korrektur im Heft 6, S. 2.
- [9] Noack, D.: Biogasanlagen in der Wasserwirtschaft. Vortrag auf der KDT-Fachtagung „Gewinnung und Verwertung von Biogas“. TH Merseburg, 25./26. Mai 1984 (nach persönlichen Aufzeichnungen).
- [10] Witt, P.: Nutzfahrzeugtechnik auf der Leipziger Herbstmesse 1983. KFT, Berlin 33 (1983) 11, S. 345ff.
- [11] Baumhchel, G.: Kriterien des Einsatzes von Biogas in mobiler Landtechnik. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 11, S. 502ff.
- [12] Steinmetz, W.: Verflüssigtes Biogas als Alternativkraftstoff. agrartechnik, Berlin 36 (1986) 4, S. 150-153.
- [13] Bartel, W.: Alternative Kraftstoffe für die Landwirtschaft. Landtechnik, Lehrte (1982) 6, S. 278-280. A 4651

Verflüssigtes Biogas als Alternativkraftstoff

Dr. sc. techn. W. Steinmetz, KDT/Prof. Dr. sc. agr. K. Mührel, KDT
Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock der AdL der DDR
Dr. agr. J. Franz, VEG(Z) Tierzucht Nordhausen

1. Einleitung

Biogas hat weltweit wieder das Interesse als Energieträger im allgemeinen und als Alternativkraftstoff im besonderen geweckt. Biogas entsteht durch anaerobe Fermentation organischer Abprodukte, wie sie in der Tierproduktion, an kommunalen Kläranlagen und auf Mülldeponien anfallen. Es stellt somit erneuerbare Energie dar.

In der DDR könnten vom täglichen Gülleanfall her an 290 Standorten der Tierproduktion größere Biogasanlagen errichtet werden. Mit dem Gesamtpotential an Biogas aus diesen Anlagen könnten etwa 8% des DK-Verbrauchs der Landwirtschaft substituiert werden.

Biogas ist ein Gasgemisch, das im wesentlichen zu 60 bis 70% aus Methan und zu 30 bis 40% aus Kohlendioxid besteht. Es ist wie Erdgas ein idealer Kraftstoff für Ottomotoren. Gegenüber Superbenzin hat es eine weit höhere Klopfestigkeit. Die Abgase biogasbetriebener Motoren enthalten bedeutend geringere Schadstoffmengen als die Abgase von konventionellen Motoren. Technisch schwierig ist jedoch die Speicherung des Biogases bei Fahrzeugen. An der Speichertechnik hat sich seit 50 Jahren nichts Grundlegendes verändert. Das Biogas wird ge-

trocknet, gereinigt und als hochprozentiges Methan komprimiert. Das komprimierte Methan wird unter einem Druck von 15 bis 20 MPa in Druckflaschen im Fahrzeug gespeichert. Das gleiche Verfahren wird auch für verdichtetes Erdgas angewendet. International hat sich für verdichtetes Erdgas die Bezeichnung „CNG“ (Compressed Natural Gas) durchgesetzt; sie wurde auch für verdichtetes Biogas übernommen.

Nachteil sind die große Masse der Druckflaschen und die zu kleinen Aktionsradien der CNG-Fahrzeuge. Zur Vermeidung der Nachteile von komprimiertem Biogas wurde im Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock im Rahmen eines Forschungsthemas nach effektiveren Verfahren der Biogasspeicherung gesucht [1].

Als aussichtsreiche Variante erschien die Biogasverflüssigung. Dazu müßte das Biogas durch eine Reinigung in Reinform überführt und anschließend durch Abkühlung auf 161,5°C verflüssigt werden. Solche Anlagen zur Biogasverflüssigung sind bisher noch nicht bekannt geworden. Eine z. T. ähnliche Technologie wird aber in der Erdgaswirtschaft bereits in großtechnischem Maßstab angewendet. Seit 2 Jahrzehnten wird Erdgas in verflüssigtem Zustand auf Spezialtank-

schiffen auf dem Seeweg transportiert. Für das verflüssigte Erdgas wurde international die Abkürzung „LNG“ (Liquefied Natural Gas) eingeführt. Obwohl sich verflüssigtes Biogas in seiner Zusammensetzung von verflüssigtem Erdgas unterscheidet, soll aufgrund der in beiden Produkten enthaltenen Hauptkomponente Methan die gleiche Bezeichnung „LNG“ verwendet werden.

Die Aufgabenstellung der o.g. Forschungsarbeit läßt sich in zwei Schwerpunkten fixieren:

- Bau und Erprobung verschiedener Prototypen von LNG-Fahrzeugen
- Eigenerzeugung von LNG.

2. Kleintechnische Anlage zur Methanverflüssigung

Für die Erprobung der LNG-Fahrzeuge war deren Versorgung mit Flüssigmethan (LNG) die entscheidende Frage. Daher wurde als erstes Problem die Eigenerzeugung von LNG aus Reinformethan in Angriff genommen. Das Reinformethan wurde in komprimiertem Zustand vom VEB Leuna-Werke bezogen und sollte dann in einer zu bauenden Kleinanlage verflüssigt werden.

Die im Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock entwickelte klein-

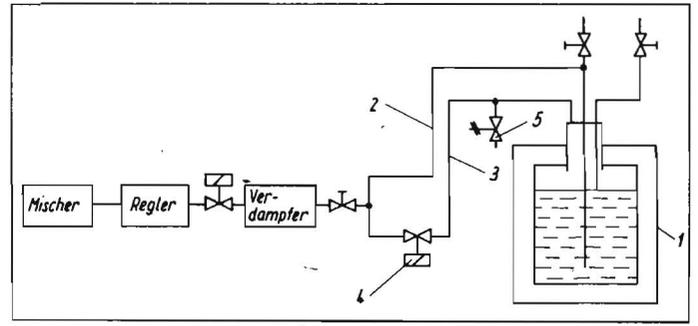
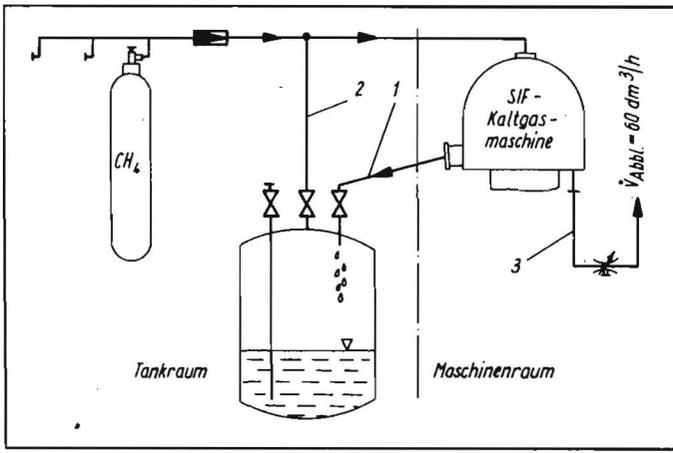


Bild 3. Funktionsschema eines LNG-Fahrzeugs; Erläuterung im Text

Bild 1. Schematische Darstellung einer kleintechnischen Anlage zur Methanverflüssigung; Erläuterung im Text.

technische Anlage zur Methanverflüssigung (KTAM) wird durch das vereinfachte Verfahrensschema im Bild 1 dargestellt. Basis der KTAM ist eine nach dem Stirling-Prozeß arbeitende sowjetische Kaltgasmaschine vom Typ SIF1000. Das gasförmige Methan wird in einer Flaschenbatterie unter einem Druck von 15 MPa gespeichert. Aus der Flaschenbatterie gelangt das Methan über ein Druckreduzierventil in den Verflüssigerkopf der Kaltgasmaschine. Der Verflüssigerkopf stellt einen Wärmeüberträger dar, dessen Primärseite von -200°C kaltem Helium und dessen Sekundärseite vom Methangas beaufschlagt wird. Das verflüssigte Methan verläßt mit $-161,5^{\circ}\text{C}$ den Verflüssigerkopf an der tiefsten Stelle und strömt durch eine flexible isolierte Leitung 1 im natürlichen Gefälle in den Kryotank. Im Tank wieder verdampfendes Methan kann durch eine zweite flexible und ebenfalls isolierte Leitung 2 in den Verflüssigerkopf zurückströmen. Das ganze System ab Druckreduzierventil steht unter dem gleichen Druck von rd. 10 bis 20 kPa (Ü). Antrieb und Regulator für das System ist die Schwerkraft des Flüssigmethans. Funktionswichtig

für einen störungsfreien Betrieb der KTAM ist die Ablaseleitung 3. Sie dient zum kontrollierten Ableiten solcher Gase aus dem Verflüssigerkopf, deren Siedepunkt niedriger liegt als der von Methan. Auch bei Reinstmethan kann man die Anwesenheit solcher niedriger siedenden Komponenten nicht völlig ausschließen. Werden sie nicht abgeführt, sammeln sie sich an der höchsten Stelle des Verflüssigerkopfes und bewirken dessen Einfrieren durch erstarrtes Methan.

Im Beharrungszustand, d. h. bei kalter Anlage, wurden mit der KTAM 13 l/h Flüssigmethan erzeugt. Das entspricht einer Kälteleistung von $\dot{Q}_0 = 1,26 \text{ kW}$.

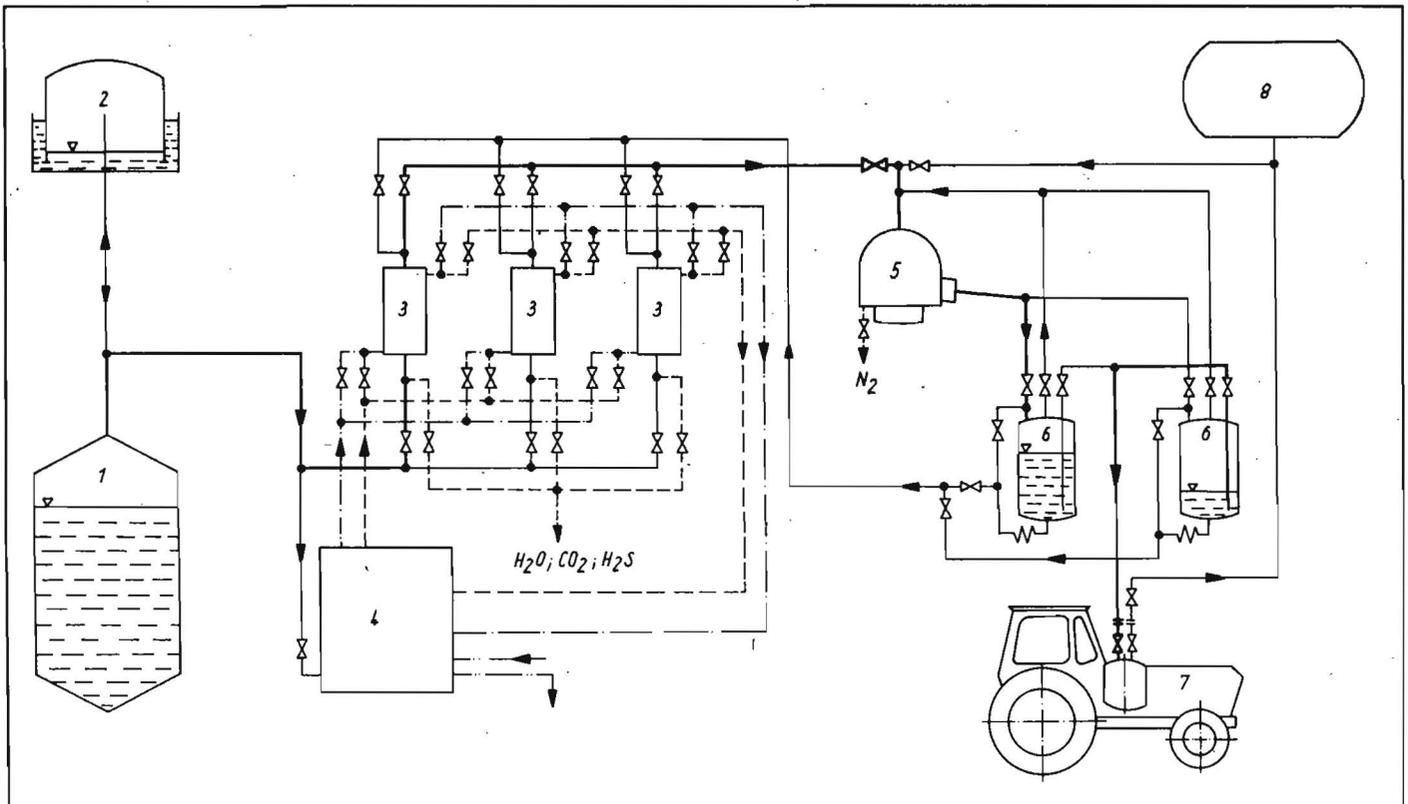
3. Kleintechnische Anlage zur Biogasverflüssigung

Ein konzeptioneller Vorschlag für die Erweiterung der KTAM zu einer kleintechnischen Anlage zur Biogasverflüssigung (KTAB) ist im Bild 2 dargestellt. Zur TT-gerechten Biogasreinigung wurde ein druckloses adsorptives und einstufiges Verfahren der komplexen Gasreinigung gewählt. Die adsorptive Reini-

gungseinheit besteht aus drei in zyklischer Vertauschung in den Phasen „Adsorption“, „Heizen“ und „Kühlen“ zu betreibenden Adsorbern 3. Es handelt sich um ein TSA-Verfahren (Temperature-Swing-Adsorption). Zur indirekten Beheizung und Kühlung der Adsorber ist eine Wärmeträgeranlage 4 vorgesehen. Sie stellt 250°C heißen und rd. 20°C kalten Wärmeträger bereit.

Im Biogasreaktor 1 wird durch anaerobe Fermentation von Gülle Biogas erzeugt und im Gasometer 2 zwischengespeichert. Ein Teilstrom des Biogases wird im Kessel der Wärmeträgeranlage 4 verbrannt. In einem der Adsorber 3 erfolgt die komplexe Reinigung des Biogases von seinen Bestandteilen CO_2 , H_2O , H_2S und NH_3 . Das gereinigte, nur noch mit N_2 beladene Biogas tritt in den Verflüssigerkopf 5 der Kaltgasmaschine ein und fließt von dort als Flüssigmethan (LNG) mit $-161,5^{\circ}\text{C}$ in den LNG-Tank 6. Die gesamte Kette vom Biogasreaktor 1 bis hin zum Kryotank 6, der gerade befüllt wird, steht nahezu unter dem gleichen Druck von 3 bis 4 kPa (Ü) der dem System vom Gasometer aufgeprägt wird. Dagegen steht der zweite Kryotank 6,

Bild 2. Schematische Darstellung einer kleintechnischen Anlage zur Biogasverflüssigung; Erläuterung im Text



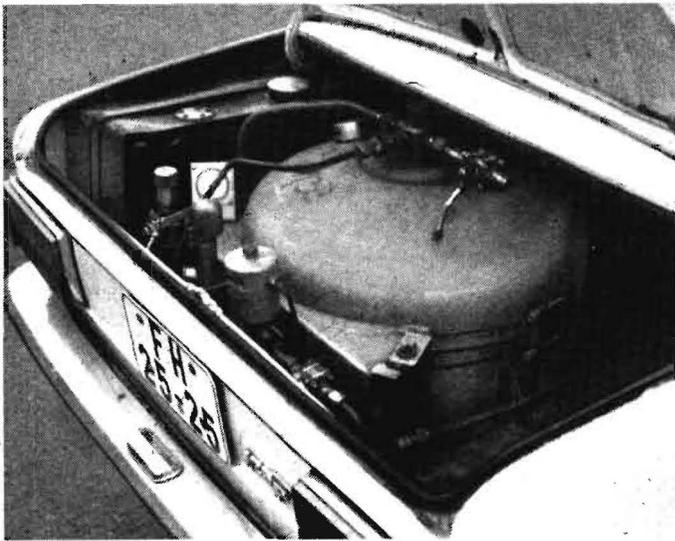


Bild 4. LNG PKW „Polski FIAT“ mit LNG Tank im Kofferraum

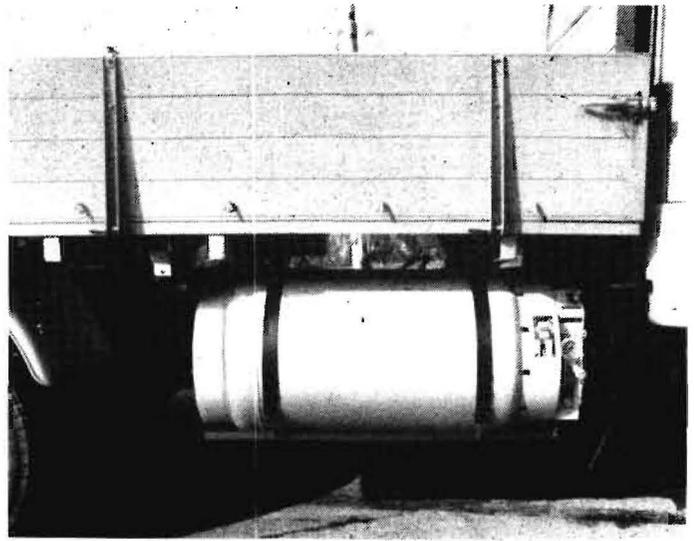


Bild 5. LNG-NKW W50 mit LNG Tank unterhalb der Ladefläche

aus dem die Fahrzeuge 7 betankt werden, unter einem höheren Druck.

4. LNG-Fahrzeuge

Das Grundprinzip der LNG-Fahrzeuge, die im Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock als Prototypen entwickelt wurden, ist im Bild 3 dargestellt. In einem doppelwändigen, vakuumisolierten Kryotank 1 wird das tiefkalte Flüssigmethan im Druckbereich von 0,15 bis 0,5 MPa (Ü) gespeichert. Beim Betreiben des Fahrzeugs wird das Methan durch zwei Entnahmeleitungen 2; 3 entweder aus der Gas- oder aus der Flüssigphase entnommen. Liegt der Tankdruck über $p_T = 0,20$ MPa (Ü), bleibt das Magnetventil 4 geöffnet. Nur über die Leitung 3 wird Methan aus dem Gaspolster entnommen. Der Tankdruck wird infolgedessen zügig abgebaut. Sinkt der Tankdruck unter $p_T = 0,15$ MPa (Ü), schließt das Magnetventil 4 automatisch. Dann wird nur noch Methan aus der Flüssigphase entnommen, und es findet kein weiterer Druckabbau mehr statt. Das in flüssigem oder gasförmigem Zustand aus dem Kryotank entnommene Methan wird dann in einem Verdampfer erwärmt bzw. verdampft. Das auf rd. 40°C erwärmte Methangas wird schließlich im Druckregler auf nahezu Atmosphärendruck entspannt und durch den Mischer der Ansaugluft des Verbrennungsmotors beigemischt.

Grundproblem bei einem LNG-Fahrzeug ist die Isolationsgüte des Kryotanks. Aufgrund des Wärmeeinfalls in den Kryotank steigt bei längerem Stillstand des Fahrzeugs der Tankdruck solange an, bis der Ansprechdruck des Sicherheitsventils 5 erreicht wird. Dann beginnt der Kryotank abzublasen. Wichtig für den Fahrzeugbetreiber ist die verlustfreie Standzeit, in der das Sicherheitsventil noch nicht anspricht. Bisher wurde je nach Tankgröße und Fertigungsqualität eine verlustfreie Standzeit von 1 bis 7 Tagen bei den ausgeführten Fahrzeugen erreicht. Eingeschätzt wird, daß sich diese Zeitspanne durch konstruktive und technologische Verbesserungen an den Kryotanks noch verlängern und stabilisieren läßt.

Nachfolgend sollen drei Prototypen von LNG-Fahrzeugen vorgestellt werden.

4.1. LNG-PKW „Polski FIAT“

Bei einem PKW „Polski FIAT“ 1500 wurde im Kofferraum eine Sonderkonstruktion eines

LNG-Tanks mit einem Nettovolumen von 60 l eingebaut (Bild 4). Diese Menge entspricht einem Benzin-Äquivalent von 40 l. Die Tankmasse beträgt 51 kg. Nachgewiesen wurde eine durchschnittliche Reichweite je Tankfüllung von 400 km. Die maximale Fahrgeschwindigkeit liegt mit 135 km/h niedriger als im Benzinbetrieb (150 km/h). Die funktionelle Erprobung des LNG-PKW wurde bisher über eine Strecke von 7000 km durchgeführt.

Die Einschränkung des Kofferraums ist zweifellos ein Nachteil gegenüber einem konventionellen PKW. Jedoch gegenüber einem CNG-PKW sind die Vorteile immer noch deutlich. So ist das von Ford konzipierte Erdgasauto auf CNG-Basis nur zweiseitig ausgeführt, um eine akzeptable Reichweite zu garantieren. Ein auf das CNG-Prinzip umgerüsteter PKW „Wartburg“ hat z. B. nur einen Aktionsradius von 70 km. Die Zusatzmasse für die Druckflaschen beträgt 55 kg. Daraus ergibt sich, daß mit dem LNG-PKW „Polski FIAT“ bei fast gleicher Zusatzmasse rund der 6fache Aktionsradius realisiert werden konnte.

4.2. LNG-NKW W50

In Kooperation mit dem VEB IFA-Motorenwerke Nordhausen wurde ein LNG-NKW W50 gebaut (Bild 5). Dabei wurde ein serienmäßiger Standtank so verändert, daß er in

liegender Ausführung unterhalb der Ladefläche eingebaut werden konnte. Mit einem LNG-Inhalt von 165 dm³ und einer Tankmasse von 115 kg bleiben Aktionsradius und Nutzmasse des normalen Diesel-NKW erhalten. Vergleicht man dagegen den LNG-NKW W50 mit einem CNG-NKW W50, so muß bei der CNG-Version rund das 5fache an Tankmasse je 100 km Reichweite installiert werden.

Der LNG-NKW W50 ist mit einem Zündstrahl-Gasmotor ausgerüstet [2]. Bei diesem wird eine Teilmenge Dieseldieselkraftstoff, die rd. 10 bis 15% der sonstigen Vollastmenge beträgt, eingespritzt. Dieser sog. Zündstrahl dient zur Zündung des Gas-Luft-Gemisches. Vorteil des Zündstrahl-Gasmotors ist die Tatsache, daß die Motorleistung gegenüber dem reinen Dieselbetrieb nicht absinkt. Außerdem ist jederzeit die Umschaltung von Gas- auf Dieselbetrieb möglich. Der regeltechnische Aufwand und die Einstellempfindlichkeit sind jedoch höher als bei einem auf Gas umgestellten Ottomotor.

4.3. LNG-Traktor ZT300

Als für die Ökonomie der Biogasverwertung wichtigstes Fahrzeug wurde im Institut für Energie- und Transportforschung der LNG-Traktor ZT300 entwickelt (Bild 6). Der speziell dimensionierte Kryotank mit Nettoinhalt von 200 l wurde so in die Traktorkonstruk-



Bild 6
LNG-Traktor ZT300

Tafel 1. Parametervergleich für den Traktor ZT300 als CNG- und LNG-Version

Variante	Gasdruck MPa(Ü)	Gasmenge m ³ (N)	Masse der Gasanlage kg	Betriebszeit bei Vollast h	Betriebszeit bei mittlerer Last h	Masse/Betriebszeit bei Vollast kg/h
CNG-Traktor	20	38	257	1,95	3,6	131,8
LNG-Traktor	0,5	120	114	6,17	11,4	18,5

tion integriert, daß er weder das Sichtfeld des Fahrers einengt noch bei möglichen Traktorumstürzen beschädigt werden kann. Die Betankungsanschlüsse sind an gut zugänglicher, aber geschützter Stelle auf der linken Fahrzeugseite angeordnet. Alle übrigen LNG-Armaturen und Aggregate wurden – als funktionelle Einheit zusammengefaßt – auf der rechten Seite unterhalb des Tanks installiert.

In Tafel 1 werden die LNG- und die CNG-Version des Traktors ZT300 miteinander verglichen. Im LNG-Betrieb werden danach je Tankfüllung bei mittlerer Last Betriebszeiten von 11,4 h erreicht, die mehr als eine Schicht mittleren Pflügens gewährleisten. Besonders deutlich ist der Vorteil des LNG-Traktors gegenüber der CNG-Version in der letzten Spalte zu erkennen, in der die je Vollaststunde zu installierende Tankmasse ausgewiesen ist. Beim Druckgasbetrieb muß also für die gleiche Betriebszeit mehr als das 7fache an Tankmasse in Kauf genommen werden.

Der LNG-Traktor ZT 300 stellt auch international eine Neuheit dar. Die von verschiedenen westeuropäischen Firmen in jüngster Zeit entwickelten Biogastaktoren basieren auf dem CNG-Prinzip. Sie erreichen nur eine Betriebszeit von 3 bis 4 h je Betankung.

Der LNG-Traktor ist wie der LNG-NKW W50 mit einem Zündstrahl-Gasmotor ausgerüstet. Als weitere Variante für den LNG-Traktor ist ein hochverdichteter Gas-Ottomotor in Vorbereitung. Dieser Motor hat u. a. den Vorteil, im reinen Gasbetrieb, d. h. ohne Diesel-Zusatzeinspritzung, zu arbeiten. Dadurch verringern sich die auf den substituierten Dieselmotor bezogenen Umrüstkosten. Während diese spezifischen Umrüstkosten beim LNG-Traktor mit Zündstrahl-Gasmotor 14 Pf/l DK betragen, sinken sie bei einem Gas-Ottomotor auf 8 Pf/l DK. Von Nachteil ist allerdings, daß mit dem Gas-Ottomotor kein Alternativbetrieb mit einem geeigneten Ausweichkraftstoff möglich ist.

In der Gesamtbewertung der LNG-Technik interessiert auch der Vergleich zu weiteren

Alternativkraftstoffen bzw. Speichertechnologien. Wird der Energiegehalt der verschiedenen Kraftstoffe auf die Masse des Tanks einschließlich Kraftstoffinhalt bezogen, ergibt sich die im Bild 7 dargestellte Übersicht. Mit Flüssigmethan wird eine massebezogene Speicherdichte erreicht, die mit 21,3 MJ/kg den bekannten Alternativkraftstoffen Äthanol, Propan-Butan und Methanol kaum bzw. nicht nachsteht.

5. Ökonomie der Biogasverflüssigung

Wie für alle anderen Alternativkraftstoffe gilt auch für verflüssigtes Biogas, daß es bei den derzeitigen Kraftstoffpreisen in der DDR noch nicht mit den konventionellen Kraftstoffen VK und DK konkurrieren kann. Für das fiktive Beispiel einer relativ großen LNG-Anlage mit einem Biogasdurchsatz von 6000 m³/d [3] und mit einer Flotte von 100 LNG-Traktoren wurden die Gesamtkosten mit 2,50 M/l DK kalkuliert. Davon entfallen 1,01 M/l DK auf die Erzeugung des Biogases, 1,35 M/l DK auf die Verflüssigung des Biogases und 0,14 M/l DK auf die Umrüstkosten der Traktoren.

An den meisten möglichen Standorten von Biogasverflüssigungsanlagen kommen jedoch wesentlich kleinere Anlagengrößen in Frage. Für diese kleineren Anlagen werden die Verflüssigungskosten höher ausfallen. Zum Vergleich: Bei der Kohleverflüssigung werden Selbstkosten von 3,10 M/l DK zu grunde gelegt.

6. Zusammenfassung

Biogas ist wie Erdgas ein hochwertiger Motorenkraftstoff. Technisch schwierig ist jedoch seine Speicherung an Fahrzeugen. Eine bessere Lösung als die bisher übliche Speicherung im komprimierten Zustand stellt die Biogasverflüssigung dar. In verflüssigtem Zustand läßt sich Biogas bzw. Methan bei -161,5 °C in hochisolierten Kryotanks als sog. „LNG“ speichern. Diese Tanks haben bei gleicher Reichweite nur 1/5 bis 1/7 der Masse wie die Druckflaschen für komprimiertes Biogas bzw. Methan. Vom Institut für

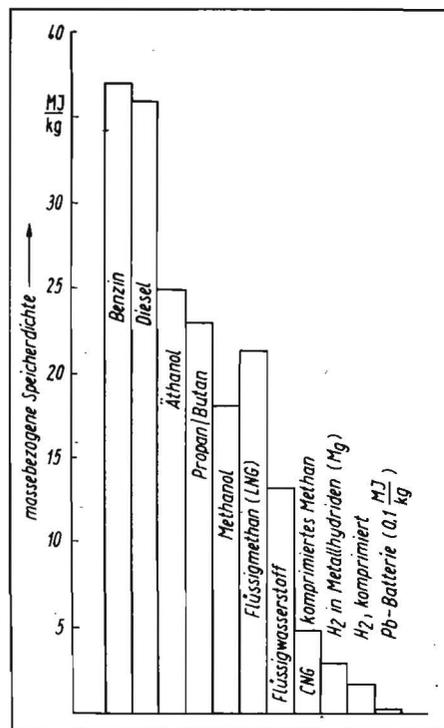


Bild 7. Massebezogene Speicherdichte verschiedener Kraftstoffe

Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock wurden verschiedene Fahrzeugtypen für den Betrieb mit verflüssigtem Biogas konzipiert und erprobt. Eine kleintechnische Anlage zur Verflüssigung von Methan und Erdgas wurde entwickelt und betrieben. Verflüssigtes Biogas ist wie alle anderen Alternativkraftstoffe z. Z. noch teurer als DK und VK.

Literatur

- [1] Steinmetz, W.: Verflüssigtes Biogas als Alternativkraftstoff. TU Dresden, Dissertation B 1985 (unveröffentlicht).
- [2] Herms, F.: Modifizierung des Motors 4 VD 14,5/12-15 RW zum Zündstrahlgasmotor für NKW und Landmaschinen. TU Dresden, Dissertation 1984 (unveröffentlicht).
- [3] Bergmann, D.; Noack, R.: Verflüssigen von Biogas – eine Möglichkeit zur Substitution von konventionellen Kraftstoffen. Wasserwirtschaft – Wassertechnik, Berlin (1983) 7, S. 223-224. A 4650

KATALOG

über die lieferbare und in Kürze erscheinende Literatur des VEB VERLAG TECHNIK kostenlos erhältlich durch jede Fachbuchhandlung oder direkt durch den Verlag, Abteilung Absatz-Werbung