

Der gasbetriebene Saurer-Omnibus RH 580-25 = Le bus à moteur à gaz Saurer RH 580-25

Autor(en): **Bretscher, Ulrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **60 (1982)**

Heft 6

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876162>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der gasbetriebene Saurer-Omnibus RH 580-25

Le bus à moteur à gaz Saurer RH 580-25

Ulrich BRETSCHER, Bern

629.113.45:656.816.6.:658.816.441(494):656.887.3(494)

Zusammenfassung. Wenn auch die bei der Schweizer Reisepost verwendeten Turbo-Dieselmotoren bezüglich Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit einen optimalen Kompromiss darstellen, so gibt es doch Alternativtreibstoffe, die eine noch bessere Umweltfreundlichkeit möglich machen. Um die damit verbundene Technik und die aus einem solchen Betrieb resultierende Wirtschaftlichkeit abklären zu können, wurde ein Saurer-Omnibus neuester Konstruktion mit einem Flüssiggasmotor ausgerüstet und einem strengen Testbetrieb unterworfen.

Résumé. Même si les moteurs turbo-diesel utilisés par le service des voyageurs des postes suisses représentent une solution optimale en matière de protection de l'environnement et sur le plan économique, il existe cependant des carburants de remplacement qui répondent encore mieux aux conditions de l'environnement. Afin d'étudier la technique requise à cet effet et les aspects économiques en résultant, on a équipé un bus Saurer moderne d'un moteur à gaz liquide, puis on l'a soumis à un test d'exploitation très poussé.

L'omnibus Saurer RH 580-25 a gas

Riassunto. Anche se i motori diesel turbo utilizzati dal servizio viaggiatori delle PTT sono il compromesso ideale per quanto concerne l'ecologia e l'economia, vi sono però altri carburanti che permettono una tutela ancora migliore dell'ambiente. Un omnibus Saurer del tipo più nuovo è stato equipaggiato con un motore a gas liquido e quindi sottoposto a un test molto rigido allo scopo di poter esprimere un giudizio sulla parte tecnica e sulla redditività di un esercizio di tal genere.

1 Einleitung

Nachdem in den letzten Jahren aus berechtigten Gründen die Bemühungen um die Verbesserung der Umwelt immer mehr in den Vordergrund geschoben wurden, war ein Beitrag seitens der Automobilabteilung der PTT-Betriebe nur eine Zeitfrage. Am einfachsten wäre die Wiederbeschaffung von Elektrofahrzeugen für den Stadtbetrieb, wie sie verschiedene Nutzfahrzeughersteller propagieren und benachbarte Postverwaltungen in Kleinserien oder als Prototypen anfertigen lassen. Da sich bei dieser Betriebsart wegen des bisher nicht verbesserten Kapazität/Gewicht-Verhältnisses der Traktionsbatterien und wegen der hohen Beschaffungskosten (etwa dreimal soviel wie ein Benzinfahrzeug für den Zustelldienst) keine befriedigende Wirtschaftlichkeit ergibt, wurden Alternativen gesucht.

Im Vordergrund stand ein Fahrzeug mit Flüssiggas-antrieb. Auch hier war nicht zu erwarten, dass sich eine bessere Wirtschaftlichkeit als beim Benzin- oder beim Dieselfahrzeug einstellen würde. Immerhin lassen sich aber Fahrzeuge herstellen — und das war eine der gestellten Forderungen —, die im Betrieb den Omnibussen mit Dieselmotor nicht nachstehen. Eine recht gute Umweltfreundlichkeit (Fig. 1) war ebenfalls vorauszusehen, so dass dieses Projekt allgemeine Zustimmung fand.

2 Flüssiggas als Treibstoff

21 Eigenschaften

Flüssiggas, auch LPG (Liquefied Petroleum Gas) genannt, ist ein Kohlenwasserstoff in der Zusammensetzung C_3H_8 (Propan) bis C_4H_{10} (Butan). Wegen der tieferen Siedetemperatur und der niedrigeren Klopfanfälligkeit ist Propangas für die Anwendung in Verbrennungsmotoren vorzuziehen (Tab. 1).

Flüssiggas fällt bei der Erdöldestillation als Nebenprodukt an und ist deshalb nicht in beliebigen Mengen vorhanden. Allerdings wird es auch direkt aus Nassgasfeldern in der Nordsee und aus den grossen kanadischen Erdgasfeldern gewonnen.

1 Introduction

Alors que ces dernières années, pour des raisons valables, les efforts visant à ménager l'environnement s'intensifient, une contribution dans ce sens de la part de la Division des automobiles de l'Entreprise des PTT n'était qu'une question de temps. Le plus simple eût été d'acquiescer à nouveau des véhicules électriques pour l'exploitation urbaine, comme le proposent divers fabricants de véhicules utilitaires et comme le font fabriquer en petite série ou en tant que prototypes des administrations des PTT voisines. Etant donné cependant que cette solution n'est pas satisfaisante du point de vue économique, vu que le rapport poids/capacité des batteries de traction n'a pas pu être amélioré jusqu'ici et eu égard aux frais d'acquisition élevés, on a cherché d'autres solutions.

On pensa en premier lieu à un véhicule exploité au gaz liquide. On savait cependant qu'il ne fallait s'attendre à un meilleur rendement qu'avec les véhicules à essence ou diesel. Toutefois, il est possible de fabriquer aujourd'hui des véhicules — et c'était une des conditions



Fig. 1
Eines der drei Sujets, die als Affichen an den Fenstern des Gasbusses angebracht sind — Un des trois sujets apposés sur les fenêtres du bus à moteur à gaz
Die PTT denken an die Umwelt — Les PTT pensent à l'environnement
Der Saurer-Gasbus ist sauber und umweltfreundlich — Le bus à moteur à gaz Saurer est propre et ne nuit pas à l'environnement

Tabelle I. Vergleichende Zusammenstellung der Treibstoffeigenschaften für Flüssiggas, Dieselöl und Benzin
Tableau I. Comparaison des propriétés de carburant pour le gaz liquide, l'huile diesel et l'essence

	Propan- Propane	Butan- Butane	Dieselöl- Huile diesel	Benzin- Essence
Spezifisches Gewicht (flüssig) — Poids spécifique (liquide)	0,510	0,585	0,824	0,725
Dichte (gasförmig) — Densité (sous forme gazeuse)	2,019	2,703		
Volumen-Vergrößerungsfaktor (flüssig/gasförmig) — Facteur d'augmentation de volume (liquide/gaz)	264	223		
Siedetemperatur °C — Température d'ébullition °C	-42	-0,5	<360	<215
Unterer Heizwert — kJ/kg	46 260	45 720	42 705	43 540
Valeur calorifique inférieure kJ/dm ³	23 454	26 746	35 189	31 566
Research-Oktananzahl — Nombre d'octane Research	111	94		99
Zündgrenzen in Luft — Limites d'allumage dans l'air	2,1...9,5	1,5...8,5		0,8...7,0

Propan wird schon bei geringem Druck flüssig, im Gegensatz zu Erdgas jedoch bei Normaltemperatur. Es lässt sich deshalb ohne weiteres in Fahrzeugtanks speichern (man denke an die weltweite Verbreitung von Campinggas).

22 Anwendung

Flüssiggas kann als Wärmespender für Koch- oder Heizzwecke verwendet werden, aber auch als Treibstoff für Motoren nach dem *Otto*-Prinzip (Fremdzündung).

Während bisher für den Betrieb mit Flüssiggasmotoren mit vorbereiteten Umbausätzen auf Gastreibstoff oder auf Zweistoffbetrieb umgestellt werden musste, bieten neuerdings die Automobilhersteller auch solche Personenwagen an. Ein Indiz dafür, dass eine Tendenz zu einer weiteren Verfügbarkeit und grösseren Verbreitung von Flüssiggas im Strassenverkehr besteht.

23 Verbreitung

Heute sind in Europa über eine Million Personenwagen mit Flüssiggasmotoren ausgerüstet. Solche Omnibusse sind in einigen Städten anzutreffen, vor allem in Wien, wo über 300 Wagen in Betrieb stehen.

Ausgebaute Tankstellennetze bestehen in den Niederlanden, Italien, Skandinavien und Österreich, während ein solches in Deutschland im Aufbau begriffen ist.

Es ist bezeichnend, dass Flüssiggas nur über den Preis zu verkaufen ist. Überall dort, wo das Gas als Überschussprodukt vertrieben werden kann, gibt es Tankstellennetze und als Folge davon auch Abnehmer. Natürlich wird der Preisaufbau ausserdem von der fiskalischen Belastung beeinflusst, was auch in der Schweiz eine Rolle spielt und die Verbreitung hemmt. Für Kurs-

posées — dont les performances en exploitation sont comparables à celles des bus à moteur diesel. De plus, on pouvait prévoir des conditions d'utilisation favorables sous l'angle de la protection de l'environnement (*fig. 1*), si bien que ce projet rencontra l'approbation générale.

2 Gaz liquide en tant que carburant

21 Propriétés

Le gaz liquide, appelé aussi LPG (liquefied petroleum gas) est un hydrocarbure dont la composition varie entre C₃ H₈ (propane) et C₄ H₁₀ (butane). Etant donné sa température d'ébullition inférieure et ses meilleures propriétés antidétonantes, il est préférable d'utiliser du propane dans les moteurs à combustion (*tab. I*).

Le gaz liquide est un sous-produit de la distillation du pétrole et n'est de ce fait pas disponible en quantité quelconque. Toutefois, on peut l'extraire des champs de gaz humide de la Mer du Nord et des grands gisements canadiens de gaz naturels.

A l'encontre du gaz naturel, le propane se liquéfie déjà sous une pression relativement faible, cela à la température normale. C'est pourquoi il peut être sans autre stocké dans les réservoirs des véhicules (pour s'en rendre compte, il suffit de penser au camping gaz rencontré dans le monde entier).

22 Utilisation

Le gaz liquide peut être utilisé comme source d'énergie pour les besoins de la cuisson ou du chauffage, ainsi qu'en tant que carburant pour les moteurs selon le principe d'*Otto* (allumage par bougies).

Alors que, jusqu'ici, les moteurs devaient être adaptés à l'aide de jeux de pièces standard pour fonctionner au gaz, voire avec deux types de carburant, les constructeurs d'automobiles offrent aujourd'hui des voitures privées avec moteur à gaz. Il faut y voir l'indice d'une tendance à une plus grande disponibilité et à une plus grande propagation du gaz liquide dans le domaine de la circulation routière.

23 Propagation

Actuellement, plus d'un million de voitures privées sont équipées d'un moteur à gaz liquide en Europe. Des bus avec moteur à gaz liquide sont utilisés dans quelques villes, en particulier à Vienne, où plus de 300 de ces unités sont en exploitation.

Des réseaux étendus de colonnes de distribution de gaz liquide existent aux Pays-Bas, en Italie, en Scandinavie et en Autriche. Un tel réseau est en construction en Allemagne, à partir du nord du pays.

Il est caractéristique de constater que la vente de gaz liquide dépend en premier lieu du prix. Des réseaux de colonnes de distribution desservant des utilisateurs toujours plus nombreux s'implantent en premier lieu là où le gaz liquide peut être considéré comme produit de surplus. Il faut également relever que la structure des prix dépend des charges fiscales, ce qui joue un rôle en Suisse également et freine la propagation de cette source d'énergie. Il y a quelque temps, on a introduit la

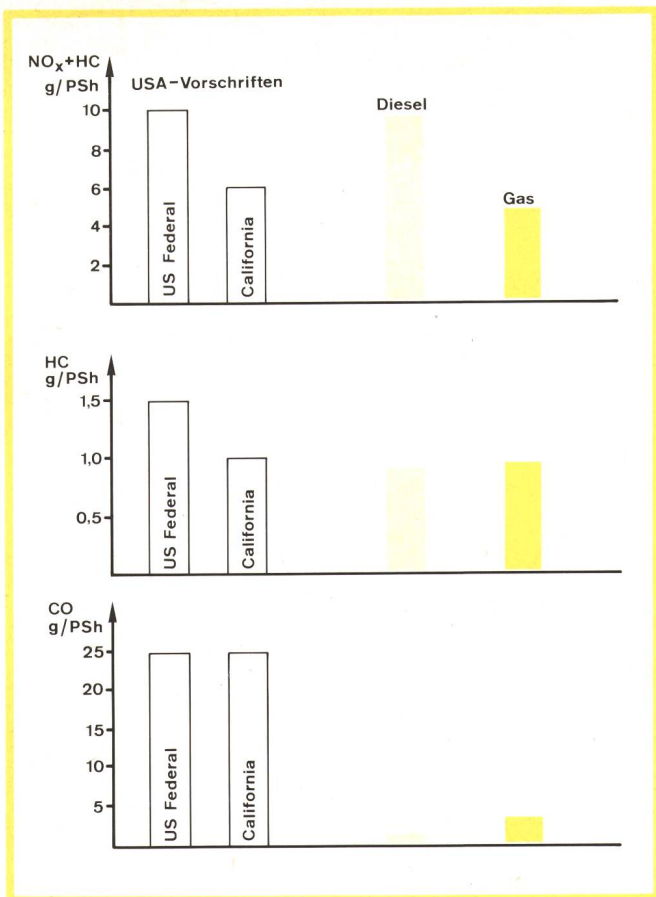


Fig. 2
Abgaswerte von Diesel- und Flüssiggasmotoren — Valeurs relatives aux gaz d'échappement pour les moteurs diesel et à gaz
US Federal = Bundesnorm in den USA — Norme fédérale aux USA
California = Norm in Kalifornien — Norme en Californie
USA-Vorschriften — Prescriptions USA
Gas — Gaz

fahrten öffentlicher Betriebe wurde die Zollrück-
erstattung vor einiger Zeit eingeführt, so dass für solche
Fahrzeuge die Wirtschaftlichkeit nur noch vom Gaspreis
abhängig ist.

24 Gasversorgung

Sicher ist, dass bei einer allzu grossen Verbreitung
Versorgungsschwierigkeiten entstehen und dadurch
auch eine Preisbeeinflussung an der Tankstelle nicht
ausbleiben wird. Da bei den PTT-Betrieben keine gros-
sen Umstellpläne bestehen, konnte dieses Risiko beim
Versuchsbetrieb in St. Gallen ausgeschaltet werden.

25 Umweltschutz

Wie die *Figur 2* zeigt, kann der Flüssiggasbetrieb
selbst gegenüber dem an und für sich guten Dieselbe-
trieb Abgasvorteile anbieten. Die Abgase sind vor allem
im Stickoxid-(NO_x-) und Kohlenwasserstoff-Bereich
(HC) wesentlich besser. Nachdem die maximalen Ar-
beitsplatzkonzentrationen in der Schweiz zehnmal mehr
Kohlenmonoxyd (CO) zulassen als Stickoxid, bedeutet
dies ein deutliches Plus für den Gasmotor.

Umweltfreundlich sind neben der Rauchfreiheit auch
die geringeren Geräuschwerte gegen aussen (*Fig. 3*),
wobei vor allem der Lärm an Haltestellen um etwa

rétrocession des droits de douane pour les courses des
transports publics, si bien que la rentabilité des véhicu-
les ne dépend plus que du prix du gaz.

24 Distribution du gaz

Il est certain que, si les réseaux de distribution de gaz
devaient prendre une étendue par trop importante, il
pourrait en découler des difficultés d'approvisionne-
ment qui ne resteraient pas sans influence sur le prix à la
colonne. Etant donné que l'Entreprise des PTT n'envi-
sage pas de transformer un grand nombre de véhicules,
il n'a pas été nécessaire de tenir compte de ce risque
pour les essais d'exploitation de St-Gall.

25 Protection de l'environnement

Comme le montre la *figure 2*, l'exploitation au gaz li-
quide présente des avantages, en ce qui concerne les
gaz d'échappement, par rapport au service avec moteur
diesel. C'est avant tout dans le domaine des oxydes
d'azote (NO_x) et des hydrocarbures (HC) que les amélio-
rations sont les plus sensibles. Etant donné qu'en Suisse
la concentration maximale de monoxyde de carbone
(CO) admissible aux places de travail est dix fois supé-
rieure à celle d'oxyde d'azote, cela représente un avan-
tage évident pour le moteur à gaz.

En plus de l'absence de fumée, favorable à l'enviro-
nement, il y a lieu de mentionner encore les émissions
de bruit vers l'extérieur (*fig. 3*), en constatant que c'est
avant tout aux arrêts qu'elles peuvent être réduites d'en-
viron 10 dB (A). Il y a lieu de relever encore à ce sujet
que les moteurs utilisés pour les essais ne sont pas inso-
norisés.

3 Prescriptions, sécurité

Le danger relatif d'utilisation du gaz en tant que car-
burant a été reconnu déjà relativement tôt par les autori-
tés et les offices de contrôle. Les directives suivantes
concernant le gaz liquide ont été éditées:

- 1972, Partie I Réservoirs, stockage, transports, rem-
plissage et installations de gazéification
- 1977, Partie II Utilisation de gaz liquide dans les mé-
nages, l'artisanat et l'industrie

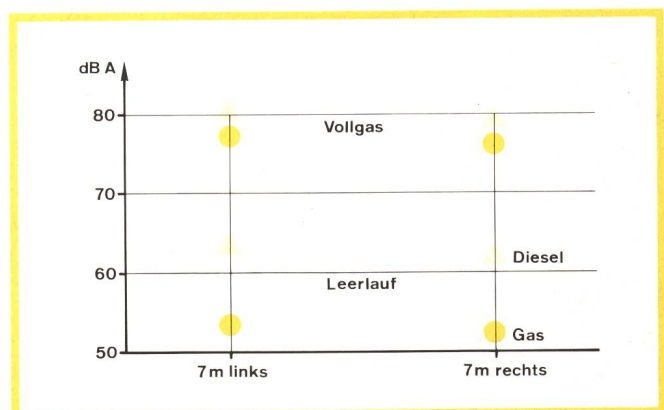


Fig. 3
Lärmwerte aussen — Valeurs de bruit à l'extérieur
7 m links — 7 m à gauche
7 m rechts — 7 m à droite
Leerlauf — Ralenti
Vollgas — Plein gaz
Gas — Gaz

10 dB(A) verringert wird. Dabei ist festzuhalten, dass es sich nicht um gekapselte Motoren handelt.

3 Vorschriften, Sicherheit

Die relative Gefährlichkeit von Gas als Treibstoff wurde von den schweizerischen Behörden und Kontrollstellen schon verhältnismässig früh erkannt. Herausgegeben wurden folgende Flüssiggas-Richtlinien, die bei der Schweizerischen Unfallversicherungs-Anstalt (SUVA) in Luzern bezogen werden können:

- 1972, Teil I Behälter, Lagerung, Umschlag, Abfüllung und Verdampferanlagen
- 1977, Teil II Verwendung von Flüssiggas in Haushalt, Gewerbe und Industrie
- 1979, Teil III Verwendung von Flüssiggas auf Fahrzeugen

Zusätzlich behandeln die von der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen herausgegebenen Wegleitungen weitere Sicherheitsaspekte (1974: Tiefgaragen, 1977: Einstellräume für Fahrzeuge und Maschinen mit Verbrennungsmotoren).

Für die *Saurer AG* in Arbon, als Hersteller des ersten Turbomotors für den Flüssiggasbetrieb, waren vor allem die Flüssiggas-Richtlinien III massgebend, was zum Beispiel die Gasführung im PTT-Bus weitgehend bestimmte (Fig. 4).

Für die Gewährleistung der Sicherheit im Betrieb wurden jedem Fahrer Auszüge aus den Richtlinien abgegeben. Zudem wurde nach Vorschrift jeder einzelne im Tanken des Fahrzeuges ausgebildet.

Auf den Flüssiggasbetrieb zurückzuführende Unfälle waren bisher äusserst selten. Sie kommen bei Wohnwagen und Freizeitschiffen vor, wenn die elementarsten Sicherheitsregeln missachtet werden. Dass bei Strassenunfällen ein Risiko auf Gasexplosion vorhanden wäre, haben die französischen PTT verneint. Dort besteht seit 1970 ein Versuchsbetrieb, der jetzt nach und nach auf 3500 Kleinfahrzeuge ausgebaut wird [1].

Die Wiener Verkehrsbetriebe fahren seit 18 Jahren mit Hunderten von Flüssiggasbussen und bestätigen, dass weder an Fahrzeugen noch in oder an Betriebsanlagen besondere, flüssiggasbedingte oder -verursachte Schäden vorgekommen seien [2].

4 Gasmotoren

Unbestritten ist, dass Flüssiggas vom technischen Aspekt her als Energieträger für den motorischen Antrieb geeignet ist. Das Gas weist jedoch gegenüber Benzin- oder Dieseltreibstoff eine wesentlich geringere Energiedichte je Volumeneinheit auf. Zudem ist der Treibstoffverbrauch beim Gasmotor gegenüber dem Dieselpinzip noch einmal höher, da das niedrigere Verdichtungsverhältnis (8,5:1 statt 16,1:1) und die Quantitätsregelung der Ansaugluft zu grösseren Ladungswechselverlusten führen, was einen kleineren technischen Wirkungsgrad zur Folge hat [3]. Deshalb müssen die Gastanks für den gleichen Aktionsradius (eine der gestellten Bedingungen) grössere Volumen aufweisen. Fig. 5 zeigt eine Gastankstelle der französischen PTT in Lyon.

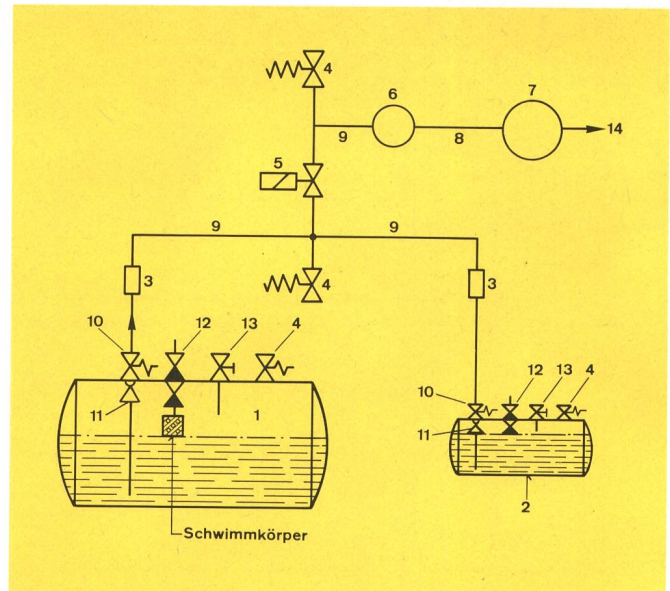


Fig. 4

Schema der Gasführung — Schéma de la distribution de gaz

- 1 Haupttank — Réservoir principal
 - 2 Reservetank — Réservoir de secours
 - 3 Rückschlagventil — Vanne de non-retour
 - 4 Sicherheitsventil — Vanne de sécurité
 - 5 Magnetventil — Vanne magnétique
 - 6 Filter/Absperrventil — Filtre/vanne de coupure
 - 7 Verdampfer — Détendeur
 - 8 HD-Schlauch — Tuyau à haute pression
 - 9 Stahlleitungen — Conduites en acier
 - 10 Entnahmeventil — Vanne de prélèvement
 - 11 Rohrbruchsicherung — Dispositif de sécurité contre les ruptures de conduites
 - 12 Füllventil (Doppelrückschlagventil) — Vanne de remplissage (vanne de non-retour à double effet)
 - 13 Peilventil — Vanne de mesure
 - 14 Motor — Moteur
- Schwimmkörper — Flotteur

1979, Partie III Utilisation de gaz liquide sur les véhicules

De plus, les directives émises par l'association des établissements cantonaux d'assurance incendie traitent d'autres aspects de la sécurité (1974: garages souterrains, 1977: dépôts pour véhicules et machines avec moteur à combustion).

Pour *Saurer SA* à Arbon, fabricant du premier moteur à turbine pour gaz liquide, il s'agissait d'appliquer au premier chef les directives III, ce qui eut une influence prépondérante sur les circuits d'alimentation en gaz du bus PTT (fig. 4).

Afin que la sécurité d'exploitation soit garantie, chaque chauffeur reçut des extraits de ces directives. De plus, chacun d'eux fut formé en ce qui concerne la façon de faire le plein des réservoirs.

Jusqu'ici, les accidents dus à l'utilisation de gaz liquide ont été extrêmement rares. Ils se produisent dans les caravanes ou sur les bateaux de plaisance, lorsqu'il n'est pas tenu compte des règles de sécurité les plus élémentaires. Les PTT français confirment également qu'il n'existe aucun risque d'explosion dû au gaz en cas d'accident de la circulation. Ils se fondent pour cela sur les essais d'exploitation qu'ils font depuis 1970 et qui seront étendus successivement à 3500 petits véhicules [1].

Les transports en commun de Vienne utilisent depuis 18 ans des centaines de bus à moteur à gaz et confirment également qu'ils n'ont constaté aucun dommage



Fig. 5
Gastankstelle mit flüssiggasbetriebenen Fahrzeugen der französischen PTT in Lyon — Colonne de distribution de gaz avec véhicules exploités au gaz des PTT français

Folgende Faktoren können aber positiv in Rechnung gestellt werden:

- sehr gutes Kaltstartverhalten
- geringere mechanische Belastung durch die niedrigeren Spitzendrücke im Verbrennungsraum; dadurch reduziertes Verbrennungsgeräusch
- geringe innere Verschmutzung und geringerer Verschleiss
- schwarzauchfreier Betrieb
- verminderter Ausstoss an gasförmigen Schadstoffen

Der Leistungs- und Drehmomentverlauf (Fig. 6) zeigt den Unterschied zu einem Dieselmotor. Charakteristisch für den Gasmotor ist das bereits bei 800 U/min vollwirksame Drehmoment, was sehr gute Anfahrigenschaften erlaubt und einen grösseren Vollast-Drehzahlbereich ergibt.

5 Der Saurer-Gasbus

Die Arboner Fahrzeughersteller haben bereits 1977 die ersten zwei Fahrzeuge mit Flüssiggasantrieb zu Versuchszwecken in Betrieb genommen. Der Omnibus wurde von verschiedenen Verkehrsbetrieben geprüft,

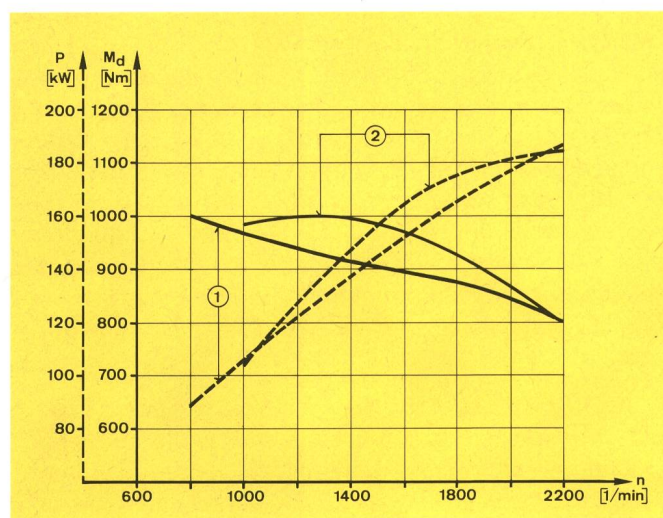


Fig. 6
Leistungs- und Drehmomentverlauf der Diesel- und Gasmotoren — Courbes de puissance et de couple des moteurs diesel et à gaz
① Gasmotor — Moteur à gaz
② Dieselmotor — Moteur diesel

aux véhicules ou dans les installations d'exploitation, qui serait dû au gaz liquide [2].

4 Moteurs à gaz

Tout le monde s'accorde pour dire que, du point de vue technique, le gaz liquide est une source d'énergie qui convient à l'exploitation des moteurs. Cependant, le pouvoir énergétique du gaz par unité de volume est sensiblement inférieur à celui de l'essence ou du carburant diesel. De plus, la consommation de carburant du moteur à gaz est plus élevée que celle du moteur diesel, vu que le taux de compression est inférieur (8,5:1 au lieu de 16,1:1) et que le réglage de l'air aspiré provoque une perte supérieure dans l'échange des gaz. Cela a pour conséquence un taux de rendement thermique inférieur [3]. C'est pourquoi il est nécessaire que les bus à gaz soient dotés d'un réservoir de volume plus grand, si l'on veut conserver le même rayon d'action (ce qui était une des conditions posées). La figure 5 montre une colonne de distribution de gaz des PTT français à Lyon.

Cependant, les facteurs positifs suivants peuvent être mentionnés en faveur du moteur à gaz:

- comportement excellent au démarrage à froid
- contraintes mécaniques inférieures par suite de pointes de pression plus faibles dans la chambre de compression, et par là bruit de combustion réduit
- encrassement et usure plus faibles
- exploitation exempte de fumée noire
- émission réduite de produits toxiques gazeux

Les courbes de puissance et de couple (fig. 6) montrent la différence entre le moteur diesel et le moteur à gaz. Une des caractéristiques du moteur à gaz est que le couple le plus efficace est déjà atteint à 800 t/min, ce qui lui confère de bonnes propriétés de démarrage et une plage de nombres de tours plus étendue à pleine charge.

5 Le bus à moteur à gaz Saurer

Le constructeur d'Arbon avait, en 1977 déjà, réalisé deux véhicules à moteur à gaz pour des essais d'exploitation. Un bus fut testé par plusieurs entreprises de transports publics et les réactions, tant du personnel exploitant que des usagers, furent positives. Après que l'Entreprise des PTT eut pris la décision, en 1979, de faire des essais avec un véhicule à moteur à gaz, on constata à l'occasion des courses d'essai dans le réseau des lignes de St-Gall que seuls un moteur plus puissant et une boîte automatique à cinq vitesses permettraient de remplir les conditions posées. Saurer développa alors un moteur à gaz à turbocompresseur d'une puissance de 184 kW (fig. 7). En tant que boîte à vitesses on utilisa un automate existant ZF 5 HP 500.

Le moteur fut monté dans un châssis normalisé de la série RH (fig. 8). Le véhicule carrossé fut disponible en février 1980 (fig. 9). Il correspond dans son exécution au bus du service des voyageurs IV-HU décrit en [4] et [5]. Par sa distance entre axes de 5800 mm et sa largeur totale de 2500 mm, ce véhicule est un bus de la série V-HU.

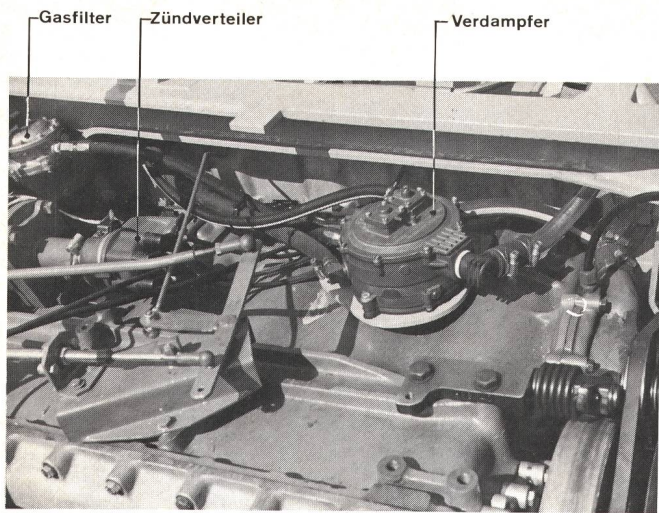


Fig. 7
Saurer-Turbogasmotor 184 kW. Oben rechts der wassergekühlte Verdampfer, links oben ein Gasfilter, darunter der Zündverteiler — Turbomotor à gaz Saurer de 184 kW. En haut à droite le détendeur refroidi à l'eau, à gauche en haut un filtre à gaz, en dessous le distributeur d'allumage
Gasfilter — Filtre à gaz
Zündverteiler — Distributeur d'allumage
Verdampfer — Détendeur

wobei die Reaktionen von Fahrzeugpersonal und Publikum positiv ausfielen. 1979, nachdem der Entscheid für die Aufnahme eines Gasfahrzeug-Versuchsbetriebes bei den PTT-Betrieben gefallen war, wurde bei Probefahrten auf dem Netz der Kursgruppe St. Gallen festgestellt, dass nur eine leistungsstärkere Motorversion und ein Getriebeautomat mit fünf Gängen die Anforderungen erfüllen konnten. Saurer entwickelte daraufhin den aufgeladenen Gasmotor mit einer Leistung von 184 kW (Fig. 7). Als Getriebe wurde der bereits eingeführte ZF-Automat 5 HP 500 übernommen.

Der Motor wurde in ein Norm-Omnibusfahrgestell der RH-Reihe eingebaut (Fig. 8). Im Februar 1980 konnte das karosierte Fahrzeug übernommen werden (Fig. 9). Es entspricht in der Ausführung dem in [4, 5] beschriebenen Reisepost-Omnibus IV-HU, ist aber mit dem Radstand von 5800 mm und einer Gesamtbreite von 2500 mm ein Omnibus V-HU.

6 Prüffahrten

Nachdem die Firma Saurer alle Abschlussarbeiten beendet hatte, konnten einige Messungen durchgeführt werden.

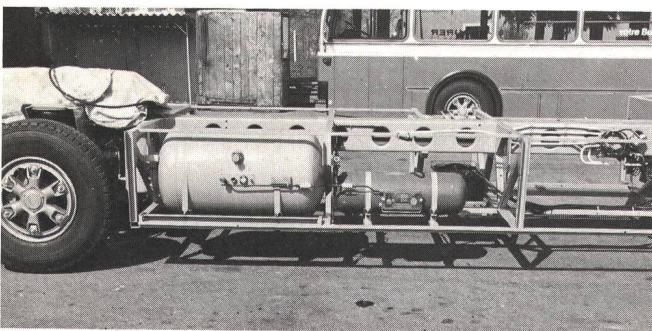


Fig. 8
Saurer-Gasbus-Chassis RH 580-25 mit eingebautem Betriebstank (350 l) und Reservetank (50 l) — Châssis de bus à moteur à gaz Saurer RH 580-25 avec réservoir principal (350 l) et réservoir de secours (50 l)

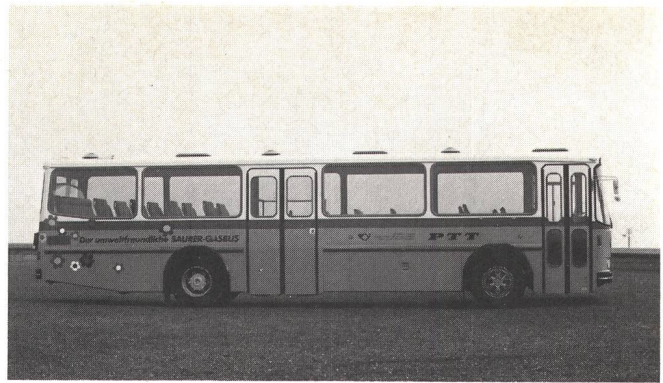


Fig. 9
Einsatzbereiter PTT-Gasbus — Bus PTT à moteur à gaz prêt au départ

6 Courses d'essai

Une fois les travaux de mise au point terminés par la maison Saurer, il fut possible de réaliser quelques mesures.

61 Valeurs d'accélération

Comme le montre la *figure 10*, la puissance de démarrage jusqu'à la vitesse de 40 km/h correspond à la condition posée d'obtenir une accélération analogue à celle des véhicules Diesel. Vu que, dans le cas particulier, il s'agit d'une exécution destinée à être utilisée sur les lignes de l'horaire, les écarts constatés pour les vitesses supérieures peuvent être négligés.

62 Bruit intérieur (fig. 11)

Le bruit du moteur à gaz non insonorisé est tellement faible (48 dB A) que le chauffeur ne le remarque pratiquement plus au ralenti, vu que le niveau de bruit en général, pour le moins pendant la journée, se situe rarement au-dessous de 50 dB (A).

7 Essais d'exploitation

A la fin de mars 1981, le bus à moteur à gaz a été mis en exploitation sur les courses horaires St-Gall—Engelbourg—Waldkirch— et St-Gall—Hérisau, où il est normalement chaque jour en service de 05.15 h à 24.00 h. Avec des pauses et des interruptions d'environ 8 heures, le véhicule roule pendant 10 heures et demie et parcourt pendant ce temps 257 km avec une différence d'altitude totale d'environ 8000 m. Compte tenu des arrêts aux haltes, la vitesse moyenne n'est que de 24 km/h, ce qui permet de se rendre compte des conditions d'exploitation particulièrement dures régnant sur un parcours sinueux et accidenté. Le diagramme de marche (*fig. 12*) montre que la vitesse de 60 km/h ne peut être que rarement dépassée.

Jusqu'à la fin de 1981, 55 000 km ont été parcourus, ce qui correspond à une moyenne mensuelle de 5500 km (valeur la plus forte pour le mois de septembre: 7140 km). Aucune course n'a dû être supprimée pour des dérangements au moteur à gaz.

Jusqu'à la fin de 1981, les réparations suivantes touchant le système d'exploitation au gaz ont dû être entreprises:

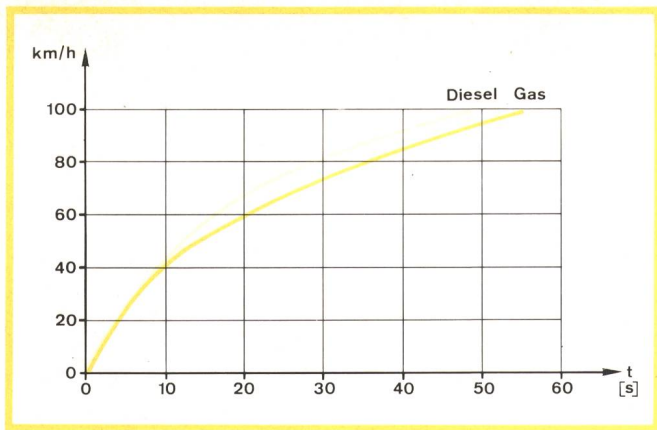


Fig. 10 Beschleunigungszeiten für Busse mit Diesel- und Gasmotor (die Werte gelten für leere Wagen und ebene Strassen) – Temps d'accélération pour bus à moteur diesel et à gaz (les valeurs se rapportent à des voitures vides et des routes plates)
Gas – Gaz

61 Beschleunigungswerte

Wie Figur 10 zeigt, erfüllt die Antriebsleistung bis zur Geschwindigkeit von 40 km/h die Bedingung der analogen Beschleunigung eines Dieselmotors. Da es sich um eine ausgesprochene Kursausführung handelt, können die Abweichungen bei höheren Geschwindigkeiten vernachlässigt werden.

62 Innenlärm (Fig. 11)

Die Lärmemission des unverschalteten Gasmotors ist dermassen gering (48 dB A), dass der Fahrer sie im Leerlauf praktisch nicht mehr wahrnimmt, da der allgemeine Aussenlärmpegel, mindestens tagsüber, selten unter 50 dB(A) liegt.

7 Versuchsbetrieb

Der Kursbetrieb wurde Ende März 1981 auf den Strecken St. Gallen–Engelburg–Herisau und St. Gallen–Waldkirch aufgenommen, wo der Gasbus im Normalfall täglich von 05.15 bis 24.00 Uhr eingesetzt wird. Abzüglich Pausen und Unterbrüchen von etwa acht Stunden ist der Wagen 10¹/₂ Stunden unterwegs und legt in dieser Zeit 257 km bei einer gesamten Höhendifferenz von ungefähr 8000 m zurück. Die durchschnittliche Geschwindigkeit beträgt – Unterwegshalte eingeschlossen – nur 24 km/h, was auf den ausserordentlich harten Einsatz auf den kurvenreichen und hügeligen Strecken zurückzuführen ist. Das Fahrtdiagramm (Fig. 12) zeigt, dass die Geschwindigkeit von 60 km/h selten überschritten werden kann.

Bis Ende 1981 wurden 55 000 km zurückgelegt, was einen monatlichen Durchschnitt von 5500 km ergibt (Spitzenmonat: September mit 7140 km). Kursausfälle wegen des Gasmotorantriebs waren nicht zu verzeichnen.

Folgende gassystembedingte Reparaturen wurden bis Ende 1981 vorgenommen:

- Sicherheitsventil am Saugrohr ersetzt
- Tankniveaugeber repariert

Der Motorölwechsel wird alle 30 000 km vorgenommen.

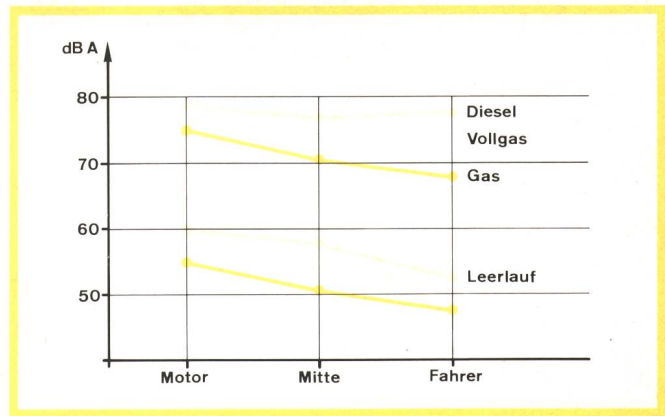


Fig. 11 Innenlärmdiagramm (Standlauf) – Diagramme du bruit à l'intérieur du véhicule (à l'arrêt)
Vollgas – Plein gaz
Gas – Gaz
Leerlauf – Ralenti
Motor – Moteur
Mitte – Milieu
Fahrer – Chauffeur

- remplacement de la vanne de sécurité sur le tube d'aspiration
- réparation de l'émetteur de niveau dans le réservoir

La vidange de l'huile du moteur est effectuée tous les 30 000 km.

8 Consommation de carburant

Les premiers relevés ont donné une consommation de gaz de 75 l/100 km lorsque le bus est utilisé sur les courses horaires. Au cours des mois, ce chiffre a passé à plus de 80 litres. Notre première réaction fut de mieux adapter le programme de changement de vitesse de l'automate à cinq vitesses aux possibilités du moteur à gaz.

Cette modification n'apporta cependant pas d'améliorations sensibles de la consommation. Celle-ci dépend

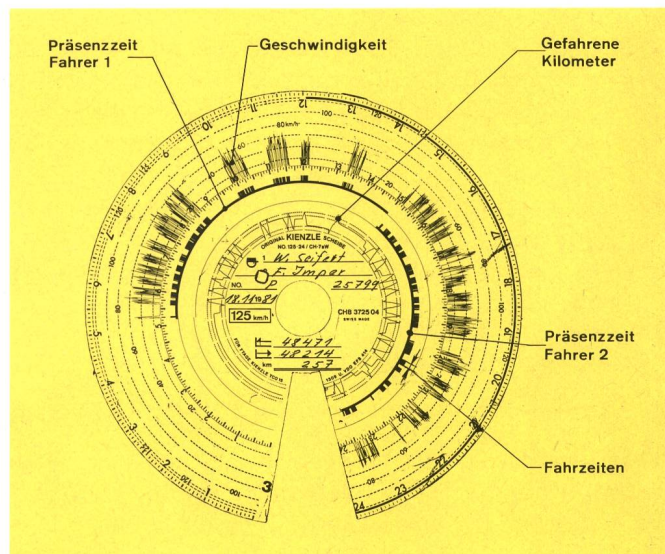


Fig. 12 Fahrtschreiberscheibe eines Kurstages – Disque de tachomètre d'un jour de parcours
Präsenzzeit – Temps de présence
Fahrer – Chauffeur
Geschwindigkeit – Vitesse
Gefahrene Kilometer – Kilomètres parcourus
Fahrzeiten – Temps de parcours

8 Treibstoffverbrauch

Anfängliche Messungen ergaben im Kursbetrieb einen Gasverbrauch von 75 l/100 km. Im Laufe der Monate erhöhte sich diese Zahl auf über 80 l, worauf das Schaltprogramm des fünfstufigen Getriebeautomaten noch vermehrt den Möglichkeiten des Gasmotors angepasst wurde.

Eine wesentliche Reduktion des Treibstoffverbrauchs brachte aber diese Änderung nicht. Der Verbrauch hängt — wie bei einem Benzinmotor — stark vom Verhalten des Fahrers ab. Da die Einhaltung des Fahrplans stets im Vordergrund steht, muss man sich mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 79 l/100 km abfinden, einem Wert, den Verkehrsbetriebe bei Versuchseinsätzen mit dem ersten Saurer-Gasbus mit einem 168-kW-Motor ebenfalls erreicht haben. Ein Dieselbus der gleichen Grösse verbraucht bei analogem Einsatz 42 l/100 km, der Gasbus, in Litern gemessen, also 1,9mal und, in Kilogrammen gemessen, 1,16mal mehr.

Im Vergleich zu den 79 l/100 km im Kurseinsatz beträgt der Verbrauch 48 l/100 km bei 100 km/h Geschwindigkeit und leerem Wagen auf der Autobahn. Daraus ist abzuleiten, dass die Zunahme des Verbrauchs beim Gasbetrieb ausserordentlich vom Einsatz abhängt. Sofern, wie im vorliegenden Fall, die Treibstoffkosten bei Gas höher sind als beim Dieselöl, ist also ein Einsatz von gasbetriebenen Fahrzeugen im Flachland wirtschaftlicher. Da es sich aber um einen Versuchsbetrieb handelt und auch das Ergebnis nach längerer Einsatzzeit interessiert, ist der harte Kurseinsatz im St. Galler Voralpengebiet zweckmässig. Analog haben sich die französischen PTT verhalten, als sie 1970 mit dem Gas-Versuchsbetrieb in der Region Grenoble begannen.

9 Treibstoffkosten

Ende 1981 war der Einstandspreis für die PTT-Betriebe in Litern und nach Abzug der Zollrückerstattung für Flüssiggas 17 % günstiger als für Dieseltreibstoff. Daraus ergibt sich, dass die Treibstoffkosten für den Gasbus auf der gewählten Teststrecke gegenüber einem Dieselbus um 60 % höher sind. Diese Treibstoffmehrkosten erhöhen die Fahrzeugkosten um 11 %, ein Ergebnis, das im Blick auf die tiefen Einstandspreise für Dieseltreibstoff und die umweltfreundlichen Aspekte verantwortet werden darf. Würde man dieser Kostenermittlung den Tankstellenpreis für Dieselöl zugrunde legen, so ergäben sich Fahrzeugmehrkosten von 1,7 %.

10 Tanken

Das Auftanken des Wagens muss mit einer festen Schraubverbindung vorgenommen werden (Fig. 13). Vorläufig wird mit einer von der Gaslieferfirma zur Verfügung gestellten Anlage getankt. Diese befriedigt insofern nicht, als der Vorgang, bedingt durch eine zu gering eingestellte Fördermenge an der vorhandenen Zapfsäule, zuviel Zeit beansprucht (Fig. 14). Es ist zu hoffen, dass in dieser Hinsicht einiges verbessert werden kann, um so mehr, als die Richtlinien wesentlich höhere Werte zulassen.

— comme pour le moteur à essence — en grande partie du comportement du chauffeur. Vu que le respect de l'horaire est toujours primordial, il y a lieu de se contenter d'une consommation moyenne de 79 l/100 km, valeur que les transports publics ont également atteinte lors de leurs essais avec le premier bus Saurer à moteur à gaz de 168 kW. Un bus Diesel de la même grandeur utilise, dans les mêmes conditions, 42 l/100 km, ce qui revient à dire que la consommation du bus à moteur à gaz mesurée en litres est 1,9 fois supérieure et mesurée en kilogrammes 1,16 fois plus grande.

Comparée aux 79 l/100 km utilisés lorsque le bus est affecté aux courses horaires, la consommation n'est que de 48 l/100 km quand le véhicule roule à vide à la vitesse de 100 km/h sur une autoroute. Il en découle que, pour l'exploitation au gaz, l'augmentation de la consommation dépend dans une très large mesure des conditions d'utilisation du véhicule. Dans la mesure où — et c'est le cas ici — les coûts de carburant sont plus élevés pour le gaz que pour l'huile Diesel, il est plus économique d'utiliser les véhicules à moteur à gaz sur le plateau. Cependant, comme il s'agit d'un essai d'exploitation et que les résultats nous intéressent après une période d'utilisation prolongée, le fait d'avoir choisi pour les premiers tests des courses horaires dans les Préalpes saint-galloises se justifie pleinement. Les PTT français ont du reste procédé de façon analogue lorsque, en 1970, ils commencèrent leurs essais d'exploitation avec des véhicules à moteur à gaz dans la région de Grenoble.

9 Frais de carburant

A la fin de 1981, le prix du litre de gaz liquide pour l'Entreprise des PTT était, droits de douane déduits, 17 % meilleur marché que celui payé pour le carburant Diesel. Il en découle que les frais de carburant pour le bus à moteur à gaz sur le parcours de test choisi sont d'environ 60 % supérieurs à ceux dont il faudrait tenir compte avec un bus Diesel. Ces frais supplémentaires



Fig. 13
Auftanken mit Flüssiggas — Remplissage du réservoir avec du gaz liquide

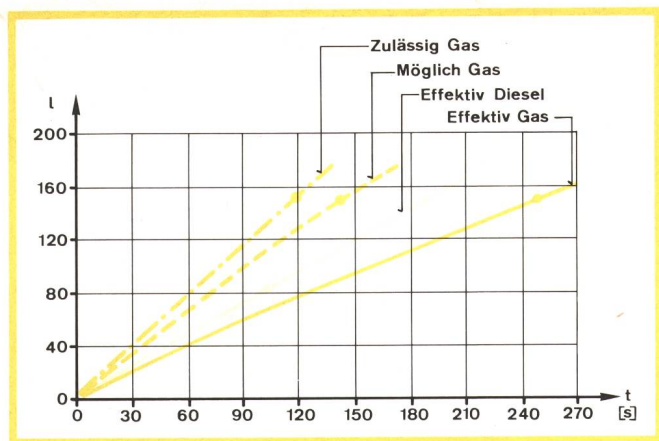


Fig. 14
Betankungszeiten — Temps de remplissage du réservoir
 Zulässig Gas — Admissible pour le gaz
 Möglich Gas — Possible pour le gaz
 Effektiv Diesel — Effectif pour le diesel
 Effektiv Gas — Effectif pour le gaz

11 Perspektiven

Im Frühling 1982 wird der Gas-Versuchsbetrieb mit dem Saurer-Bus in St. Gallen durch die Verwendung eines Mowag-Einsatzfourgons II erweitert. Dieser Lastwagen, für den Transport von sechs Rollbehältern eingerichtet, ist mit einem Chrysler-8-Zylinder-Benzinmotor ausgerüstet und verbraucht entsprechend dem Gesamtgewicht und den hohen Fahrleistungen sehr viel Treibstoff. Es wird erwartet, dass sich das Treibstoffkostenverhältnis zugunsten des Gases verbessert. Möglicherweise werden später auch Motorfahrzeuge der leichteren Kategorie (bis zu 3,5 t Gesamtgewicht) in den Versuchsbetrieb einbezogen.

12 Schlussbetrachtung

Wenn auch — und das wurde erwartet — mit dem Gasbusbetrieb höhere Treibstoffkosten zu erbringen sind als beim üblichen Dieselantrieb, so lässt sich doch heute schon sagen, dass ein Kursbetrieb auch unter schwierigen Verhältnissen aufrechterhalten werden kann. Weitere positive Aspekte liegen einerseits im Bereich des umweltfreundlichen Betriebes, andererseits aber auch in den Erkenntnissen, die sich mit diesem Gas-Versuchsbetrieb in bezug auf die Verwendung von Ersatztreibstoffen gewinnen lassen.

Bibliographie

- [1] Steiner E., Bretscher U. und Nenniger O. Interner Bericht über die Verwendung von Flüssiggas im Automobilsektor der französischen PTT-Betriebe. Bern, Generaldirektion PTT, Automobilabt., 23. November 1981.
- [2] Sutter P. Orientierung über den Gasbusbetrieb der Wiener Verkehrsbetriebe. SKAG Frühjahrversammlung, 1981.
- [3] Knecht W. Saurer-ECO-Fahrzeuge. Voraussetzungen für den Betrieb von Nutzfahrzeugen mit Gasmotoren in der

de carburant augmentent les frais de véhicule d'environ 11 %, un résultat dont on peut prendre sans autre la responsabilité, si l'on songe au prix d'achat relativement bas du carburant Diesel et aux aspects touchant la protection de l'environnement. Si, pour calculer ces coûts, on se fondait sur le prix de l'huile diesel à la colonne, les frais de véhicule supplémentaires s'élèveraient à 1,7 %.

10 Remplissage du réservoir

Pour remplir le réservoir, il y a lieu de recourir à un tuyau avec raccordement à vis (fig. 13). Jusqu'à nouvel avis, le remplissage des réservoirs se fait à l'aide d'une installation mise à disposition par le fournisseur de gaz. Celle-ci ne donne cependant pas satisfaction, le procédé prenant trop de temps, du fait que le débit de gaz liquide réglé à la colonne est trop faible (fig. 14). Il faut espérer qu'une amélioration pourra être apportée à cet état de choses, d'autant plus que les directives en la matière admettent des débits sensiblement plus élevés.

11 Perspectives d'avenir

Au printemps de 1982, les essais d'exploitation réalisés à St-Gall avec un bus à moteur à gaz Saurer seront complétés par l'utilisation d'un fourgon II de la maison Mowag. Ce fourgon, aménagé pour le transport de 6 chariots postaux, est équipé d'un moteur à essence Chrysler à huit cylindres et consomme énormément de carburant, étant donné son poids total et les prestations élevées fournies dans des conditions relativement sévères. Nous nous attendons que la quote-part des frais de carburant évolue en faveur du gaz. Il est aussi possible que par la suite on englobe dans l'essai des véhicules de la catégorie plus légère (jusqu'à un poids total de 3,5 t).

12 Considérations finales

Si — comme on s'y attendait — il y a lieu de couvrir des frais de carburant plus élevés pour les bus à moteur à gaz que pour ceux à moteur Diesel, on peut dire aujourd'hui déjà que l'exploitation de courses horaires avec des véhicules à moteur à gaz peut être maintenue, même dans des conditions difficiles. D'autres aspects positifs touchent, d'une part, les questions de protection de l'environnement et, d'autre part, le fait que ces essais permettent d'acquérir de l'expérience dans le domaine des carburants de remplacement.

Schweiz. Arbon, Saurer «Formel Schweiz», Januar 1980, S. 50.

- [4] Bretscher U. Die Entwicklung des neuen Reisepostomnibusses IV-HU (Fahrgestell). Bern, Techn. Mitt. PTT 57 (1979) 3, S. 97.
- [5] Bretscher U. Die Entwicklung des neuen Reisepostomnibusses IV-HU (Karosserie). Bern, Techn. Mitt. PTT 58 (1980) 4, S. 147.