

# Erdgas weiter auf dem Vormarsch



Es ist wie so oft in freien Märkten, die durch neue Technologien entstandene Schwemme in einem Winkel der Welt drückt weltweit auf die Preise. Durch die verringerten Preise entstehen neue Anwendungsgebiete, wie z. B. in der Stromerzeugung (Gasturbinen mit Abhitzekesteln) oder beim Transport (Diesel-Gasmotoren). Diese zusätzliche Nachfrage wiederum, facht die ganze Entwicklung weiter an, auch wenn man durch künstliche Zäune – wie in Deutschland – versucht die Preise hoch zu halten. Technischer Fortschritt läßt sich nicht durch Ideologie aufhalten. Wer sich dem entgegenstemmt, wird untergehen.

Erdgas hat allerdings einen entscheidenden Nachteil gegenüber Öl: Als Gas ist seine Dichte sehr gering (etwa  $0,72 \text{ kg pro m}^3$ ) und damit auch sein auf das Volumen bezogener Energiegehalt (etwa  $10 \text{ kWh pro m}^3$ , was nur etwa einem Liter Diesel entspricht.). Es blieb damit nur die Rohrleitung als Transportmöglichkeit, was aber ein äußerst starres System ergibt: Der Brenner der Heizung im Keller muß lückenlos mit dem Gasfeld (im fernen Sibirien) verbunden sein. Gibt es keinen Gasanschluss, kann man auch kein Erdgas nutzen. Soviel nur zum Thema „Abschaffung der Ölheizungen wegen Klima“. Die geringe Energiedichte bringt aber noch einen weiteren entscheidenden Nachteil für die Energiewirtschaft mit sich: Die Speicherung ist sehr aufwendig und ebenfalls sehr kapitalintensiv. Diese negative Eigenschaft hat Erdgas übrigens mit sog. „regenerativen Energien“ gemeinsam, was deren geplante Ergänzung durch Erdgas (Dunkelflaute) besonders delik特 macht.

Eine handelsübliche Druckgasflasche aus Stahl, mit einem Volumen von 50 Litern und einem Fülldruck von 300 bar, wiegt 75 kg (nackt, ohne Ventil etc.). Sie kann  $15 \text{ m}^3$  Erdgas speichern und wiegt damit befüllt knapp 86 kg. Die gespeicherte Energie beträgt rund 150 kWh oder anders ausgedrückt: Auf die gesamte Masse bezogen, nur rund 15% der von Dieselkraftstoff. So viel zu der Schnapsidee „wegen Klima fahren wir bald mit Power to Gas“. Bei Wasserstoff sieht die Sache übrigens noch viel schlechter aus, da Wasserstoff nur 30% des Heizwertes pro Volumen von Erdgas besitzt. Noch Fragen, warum die deutschen Automobilhersteller aus der Wasserstoffnutzung ausgestiegen sind? Wenn man ein Auto ohne Benzin oder Diesel bauen soll, erscheint einem die Lithium-Ionen-Batterie geradezu als Rettung – solange man es nicht selbst fahren muß.

## Erdgas zur Stromerzeugung

Erdgas verdrängt in den USA (momentan) Kohle als Brennstoff der Wahl. Die Stromerzeugungskosten setzen sich wesentlich aus den Fixkosten (Baukosten, Lebensdauer, Verzinsung, Arbeitsausnutzung, Personal etc.) und den Brennstoffkosten zusammen. Ein Kohlekraftwerk ist im Bau und Betrieb wesentlich teurer als ein Kombikraftwerk mit Gasturbine und Abhitzeessel (bei gleichem Umweltschutzstandard). Dieser Nachteil müßte durch billige Kohle kompensiert werden. Trotz aller (vermeintlichen) Vorteile, kann man ein Gaskraftwerk nur bauen, wenn am gegebenen Standort auch allzeit genug Gas zur Verfügung steht – ein passendes Rohr allein, ist noch nicht hinreichend. Erdgaspreise unterliegen starken saisonalen Schwankungen. Ursache ist der Sektor Gebäudeheizungen. Die Heizungen müssen auf jeden Fall im Winter bedient werden. Deshalb bezahlen die Heizungskunden auch nahezu vollständig das erforderliche Rohrleitungsnetz und die Erdgasspeicher. Kraftwerke können zwar im Sommer – wenn kaum Erdgas verbraucht würde – sehr günstig einkaufen. Besonders an kalten Tagen müssen sie aber extrem hohe Preise bezahlen oder werden sogar abgeschaltet. Diese Tatsache macht aus der schönen neuen Welt der „umweltschonenden Gaskraftwerke“ als Backup für Windmühlen und Photovoltaik lediglich eine Fata Morgana. Man könnte auch sagen: Annalena verschiebt die „Speicherung von Strom im Netz“ lediglich durch „Power to Gas in das (angeblich) vorhandene Gasnetz“.

## Kryotechnik

Will man mehr Erdgas einsetzen, braucht man ein weiteres Transport- und Speichersystem welches örtlich unabhängig ist und eine hohe Energiedichte besitzt. Die großtechnische Lösung ist die Verflüssigung durch Unterkühlung auf unter  $-162^{\circ}\text{C}$ . Durch diesen Phasenwechsel von Gas auf flüssig verringert sich das Ursprungsvolumen auf den sechshundertsten Teil und erreicht damit immerhin 60% des Energiegehalts von Diesel. Schlagartig ist es auch in Fahrzeugen (Schiffe und LKW, bald auch Lokomotiven) einsatzbereit. Es muß nur noch zu den Häfen, Autobahntankstellen und Bahnbetriebswerken gelangen. Bisher geschieht der Transport von LNG (flüssiges Erdgas) fast ausschließlich durch spezielle Tankschiffe (über sehr große Entfernungen) und Tankwagen auf der Straße im Nahbereich. Es fehlt bisher noch das mittlere Glied für größere Mengen (z. B. abgelegene Kleinstädte, Industrieanlagen, Kraftwerke usw.) auf größeren Strecken. Hierfür bietet sich die Eisenbahn an. In den USA werden bereits über 30% aller Güter zwischen den Städten und dem Ex- und Import mit der Eisenbahn transportiert. Sie gilt dabei als besonders umweltfreundlich, da sie 2017 im Schnitt mit einer Gallone Diesel eine Tonne Fracht 479 Meilen weit transportiert hat. Rechnet man das auf einen LKW (40-Tonner mit 25 to Nutzlast) um, dürfte der gerade einmal etwas mehr als 12 Liter (und nicht zwischen 30 und 40 Litern) auf 100 km verbrauchen. So ist es nicht verwunderlich, daß Donald Trump im April eine [Verordnung](#) erließ, den Transport von LNG in Eisenbahntankwagen zu ermöglichen. Hintergrund ist die Steigerung der Kapazität zur Verflüssigung von Erdgas um 939% im Zeitraum zwischen 2010 und 2018 durch die Inbetriebnahme neuer Terminals für den Export – Tendenz weiter stark steigend. Mit anderen Worten, es steht genug verflüssigtes Erdgas in den USA zur Verfügung, es muß nur noch zu den

potentiellen Verbrauchern im Inland gelangen.

## **DOT-113 C140W Eisenbahntankwagen**

Bisher durfte verflüssigtes Erdgas (LNG) nur mit der Bahn in den USA transportiert werden, wenn eine Sondergenehmigung vorlag und es in eigenen Spezialbehältern abgefüllt war. So ist natürlich kein Massentransport möglich. LNG konnte nur mit Spezialtankwagen auf der Straße transportiert werden. Mit zunehmender Menge kommen damit die Nachteile bezüglich Umweltbelastung, Sicherheit und Kosten zum Tragen. Demgegenüber ist der Massentransport nicht nur von Mineralölen, sondern auch von technischen Gasen mittels Kryotankwagen vom Typ DOT-113 seit Jahrzehnten bei den amerikanischen Eisenbahnen erprobt. Gleichwohl gab es erstmal einen Aufschrei bei den einschlägig bekannten „Umweltschutzorganisationen“. Da alle Trends mit zeitlicher Verzögerung über den Atlantik nach Europa schwappen, erscheint es sinnvoll, hier schon heute etwas näher darauf einzugehen.

Ein solcher Kryotankwagen ist nach dem Prinzip der Thermosflasche gebaut. Der eigentlich Tank besteht aus mind. 5 mm starkem Edelstahl (*Type 304 oder 304L stainless steel nach ASTM A240/A240M gefertigt*). Edelstahl ist notwendig, da normaler Stahl nicht die tiefe Temperatur von  $-162,2\text{ °C}$  aushält (Versprödung). Die äußere Hülle besteht aus mind. 11 mm dickem Kohlenstoffstahl. Sie ist die eigentliche Schutzhülle bei Unfällen. Zwischen beiden Hüllen besteht Vakuum und eine zusätzliche Isolierung gegen Strahlung (*Mylar*). Die Isolierung muß so gut sein, daß der tägliche Druckanstieg nur 3 psig (0,2 bar) beträgt. Der Tankwagen muß mindestens 45 Tage unterwegs sein können, bevor er beginnt Gas abzublasen. Er ist also während des Transports hermetisch abgeschlossen und es gelangt kein Erdgas in die Umgebung. Um dies zu erreichen, dürfen die Tankwagen nur mit 32,5 Gewichtsprozenten beladen werden und bei Transportbeginn höchstens einen Druck von maximal 15 psig (1,034 bar) aufweisen. Der Trick, mit der unvermeidlich von außen eindringenden Wärme fertig zu werden, besteht also darin, stets im Nassdampfgebiet zu verbleiben. Es verdampft beständig eine entsprechende Menge des flüssigen Erdgases – wodurch dieses sich selbst kühlt – und steigt als Dampf in den Gasraum oberhalb der Flüssigkeit auf. Dadurch steigt natürlich der Druck im Behälter an. Um ein Platzen zu verhindern, verfügt der Tankwagen über mehrere Sicherheitsventile, die gegebenenfalls den Druck kontrolliert abbauen. Dies geschieht schon bei etwa der Hälfte des Berstdruckes für den inneren Behälter. Bei der äußeren Hülle ist das Auslegungskriterium ein Mindestdruck von 2,6 bar gegen das Einbeulen (Vakuum im Zwischenraum).

Beim Umgang mit LNG ist Schutzkleidung zu tragen. Schon Spritzer (Augen) können wegen ihrer „Kälte“ schwere Verletzungen verursachen. Läuft LNG aus, verbreitet es sich schnell auf Boden oder Gewässern und fängt sofort an zu sieden. Der Dampf kann mit der Luft im Bereich zwischen 5% bis 15% ein zündfähiges Gemisch bilden. Geschieht die Zündung unmittelbar, entsteht ein Flächenbrand. Steigt die Gaswolke auf, kann sie einen Feuerball mit einer maximalen Temperatur von  $1330\text{ °C}$  bilden. Ihre Zündgeschwindigkeit ist aber so gering, daß im Freien daraus keine Explosion resultiert. Anders sieht es aus, wenn die Gase z. B. in ein Gebäude oder einen Tunnel eindringen. Ein

Tankwagen kann nicht explodieren, selbst wenn ein anderer neben ihm brennt. Bei Überhitzung würden die Sicherheitsventile abblasen. Selbst beim Versagen aller Sicherheitsventile ist eine physikalische Explosion infolge eines hohen Wärmeeintrages (*BLEVE Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) auszuschließen. Für Züge mit solchen Wagons gelten darüberhinaus zahlreiche besonderen Betriebsvorschriften: Begrenzung der Geschwindigkeit außerhalb von Siedlungen auf 80 km/h und in der Nähe auf 64 km/h, regelmäßige Überwachung etc.

## Wo kommt das viele Gas her?

Die USA sind Dank der Politik von Donald Trump zum größten Ölproduzenten aufgestiegen. Viele (Rußland, Saudi-Arabien usw.) hatten gehofft, daß bei einem Ölpreis von 50 bis 60 \$/bbl die „Shale-Revolution“ in sich zusammenbrechen würde. Angefangen hat diese Revolution mit der Förderung von *Schiefergas* aus der Marcellus-Formation an der Ostküste, ist aber sehr schnell auf die Ölgebiete in Texas und New Mexico überggesprungen. Damit gibt es eine weitere sprudelnde Erdgasquelle in der Form von Begleitgas. In Texas waren die Erdgaspreise im letzten Jahr sogar negativ und man mußte wieder zum Abfackeln übergehen. Dies ist aber wegen der Umweltverschmutzung nur eingeschränkt erlaubt.

In den USA ist die Ölindustrie – völlig anders als in Rußland oder dem arabischen Raum – eher mittelständisch geprägt. Es gibt über 9000 Produzenten. Es geht eher zu, wie in der Software-Branche: Unzählige Erfinder und Glücksritter probieren ständig neue Ideen aus. Manche werden reich, viele gehen Pleite und unzählige werden von den ganz großen aufgekauft um ihre Erfindungen schnellstmöglich besser zu verwerten. So hat die international tätige Occidental die regionale Anadarko aus Texas geschluckt und so auf einen Schlag zusätzlich 25 000 Quellen und eine Beteiligung an weiteren 100 000 Quellen im Schiefergeschäft hinzugewonnen. Dies ist die eine Richtung der Kostensenkung durch Skaleneffekte. Die andere Richtung geht über den Hinzugewinn an Technologie und Daten. Die Ölindustrie ist neben dem Militär einer der entscheidenden Entwickler und Anwender des maschinellen Lernens – in Deutschland gern als künstliche Intelligenz (KI) bezeichnet. Die Ölindustrie hat traditionell schon immer gewaltige Datenmengen gesammelt und versucht auszuwerten. Diese harren nun der Nutzung für z. B. automatisierte Bohrungen. Die Fortschritte sind atemberaubend, so konnte allein in den drei Schiefer-Becken Eagle Ford, Bakken und Permian die Förderung von 1,5 auf 7 Millionen Barrel Öläquivalent pro Tag gesteigert werden – wohl gemerkt, in den letzten sechs Jahren. Durch die Anwendung von Technik und Wissenschaft konnte die Entölung von anfänglich 5–10% auf 20% gesteigert werden. Das führt zu dem Paradox von gleichzeitig steigender Förderung bei wachsenden Vorräten – mit der Konsequenz stark fallender Produktionskosten.

## Anmerkung

Es werden weltweit noch immer große Mengen Erdgas einfach abgefackelt. Durch die Entwicklung der Erdgasverflüssigung (LNG) sind neue Transportwege und Absatzmärkte erschlossen worden. Solche Kuriositäten wie Nord Stream oder die Schwarzmeer-Pipeline werden wohl zukünftig nie mehr gebaut werden. Jetzt geht

es um den konsequenten Aufbau von LNG-Lieferketten vom Supertanker über die Eisenbahn bis hin zum Tankwagen auf der Straße für die abgelegensten Ecken. Dann kann erstmalig nach der Erfindung von Benzin und Diesel ein neuer Kraftstoff in den Verkehrssektor als Alternative eindringen. Entscheidend ist nur der Preis und der sieht sehr verlockend aus (Aktuell kostet LNG knapp die Hälfte von Rohöl ab Corpus Christi). In den USA baut man bereits ein Tankstellennetz für LKW auf dem Autobahnnetz auf. In allen großen Häfen kann bereits LNG gebunkert werden.

Der Beitrag erschien zuerst auf dem Blog des Autors [hier](#)