

**Einsatz einer PP-Rohrleitung DA 1050 mm  
in einer Methanolanlage auf Trinidad**

Dipl.-Wirt.-Ing. Christian Habedank

Frank GmbH, Mörfelden

## 1 Einleitung

Unter deutscher Beteiligung wird derzeit auf Trinidad und Tobago die größte Methanolanlage der Welt errichtet. Über eine in Polypropylen ausgeführte, erdverlegte Rohrleitung soll zukünftig externes Kohlendioxid in den Produktionskreislauf der neuen M5000 Methanolfabrik eingespeist werden.

## 2 Einsatzgebiete von Methanol

Bei Methanol (Kurzwort aus Methan und Alkohol, „Methylalkohol“) handelt es sich um einen einfachen Alkohol, der als Methylester in vielen Pflanzenstoffen (z.B. im Lignin) enthalten ist.

Methanol wird heutzutage großtechnisch durch katalytische Umsetzung von Kohlenmonoxid beziehungsweise –dioxid mit Wasserstoff hergestellt. Das für die Methanolsynthese erforderliche Synthesegas wird aus Erdgas oder Erdölrückständen gewonnen.

Es ist mit Wasser und organischen Lösungsmitteln mischbar und wird vor allem zu Methyl-tert.-butyläther (Kraftstoffzusatz), Formaldehyd (Kunstharze), Essigsäure und Dimethylterephthalat (Polyesterfasern) weiterverarbeitet. Daneben hat es als Kraftstoffkomponente und Lösungsmittel eine große Bedeutung.

EINSATZGEBIETE VON METHANOL	
In chemischen Prozessen	Veresterung, Ammoniation, Methylierung, Polymerisation
Als chemische Zwischenprodukte	Methyl-tert.-butyläther (MTBE), Formaldehyd, Essigsäure, Dimethylterephthalat, Methylmethacrylat (MMA)
Endprodukte	Holzklebstoffe (Furnierholz, Spanplatten), Farbstoffe, Beschichtungsstoffe, Tinte, Druckerschwärze, Plexiglas, Polyesterfasern (Mikrofasergewebe und Fleecestoffe), Kraftstoffkomponenten (Antiklopfmittel), Lösungsmittel, Synthetische Schmierstoffe, Enteisungsmittel (Scheibenwaschanlagen), Brennstoffzellen

Abbildung 1: Einsatzgebiete von Methanol

Die aktuellen Entwicklungen im Brennstoffzellenbereich werden den Bedarf für industriell hergestelltes Methanol weiter intensivieren. Um den wachsenden Bedarf an Methanol abzudecken, sind in den letzten Jahren mehrere große Methanol-Produktionsanlagen vor allem in Ländern entstanden, die über eigene natürliche Erdgasvorkommen verfügen und diese relativ kostengünstig erschließen können. Hierzu gehört unter anderen das vor der Nordküste Südamerikas gelegene Trinidad und Tobago, das aufgrund seiner gesicherten Erdgasvorkommen schon heute der weltgrößte Exporteur von Ammoniak und Methanol ist.

### 3 Methanolherstellung in Point Lisas/ Trinidad

Seit Anfang der 80er Jahre wird in Trinidad und Tobago kontinuierlich die Methanolherstellung ausgebaut. Nachdem 1983 die erste Methanolanlage installiert wurde, stehen ab Mitte 2005 vier Millionen Jahrestonnen installierter Methanolkapazitäten in Trinidad zur Verfügung. Diese Kapazitäten sollen in erster Linie den Angebotsausfall in Nordamerika ersetzen, da dort aufgrund der hohen Erdgaskosten Anlagen zur Methanolgewinnung stillgelegt werden.

Trinidad und Tobago ist auch für Deutschland ein attraktiver Investitionsstandort; deutsche Anlagenbauer und Unternehmen aus dem Energiesektor sind an Bau und Betrieb von Methanol- und Ammoniakfabriken beteiligt und werden auch beim Bau von Fabriken zur Herstellung von Ammoniak-Downstreamprodukten eine bedeutende Rolle spielen.

Die Ferrostaal AG, Essen, hat in Zusammenarbeit mit der Proman AG, Düsseldorf, im Oktober 2004 eine Ammoniakanlage mit einer Kapazität von 640.000 Tonnen/Jahr im Industriezentrum Point Lisas fertiggestellt (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Geographische Lage

Der Industriekomplex von Point Lisas befindet sich im Zentrum von Trinidad und wurde an der Westküste der Insel strategisch positioniert. Das Industriegebiet in Point Lisas verfügt über eine gut entwickelte Infrastruktur mit hervorragenden Versorgungs- und Verteilungsnetzen für die in der petrochemischen Industrie benötigten Rohstoffe und Einrichtungen (Erdgas, Wasser, Strom und ausgebaute Hafenanlagen). Darüber hinaus gibt es in Trinidad und Tobago ausreichend qualifiziertes Fachpersonal für die Wartung und den Betrieb petrochemischer Anlagen.

Ebenfalls unter Federführung der Ferrostaal AG und Proman AG befindet sich derzeit die weltweit größte M5000 Methanolanlage (Kapazität 5.400 Tonnen/Tag) in der Fertigstellung. Die wichtigsten Eckdaten dieses Projektes, können nachfolgender Tabelle 1 entnommen werden.

M5000 Methanolanlage – Trinidad and Tobago
<p><b>Rahmendaten</b></p> <p>Mit einer Produktionskapazität von insgesamt 5.400 Tonnen Methanol pro Tag entsteht die größte Methanolanlage der Welt.</p> <p>Gewähltes Produktionsverfahren: Niederdruck-Synthese</p> <p>Inbetriebnahme der neuen Anlage in 2005 und kommerzielle Produktion von Methanol ab Mitte 2005.</p> <p>Einbindung der neuen M5000 Megaanlage in den Produktionskomplex von Point Lisas/ Trinidad und Erweiterung der insgesamt installierten Kapazitäten auf über 4 Millionen Jahrestonnen.</p>
<p><b>Beteiligte Unternehmen</b></p> <p>Methanol Holdings (Trinidad) Limited (Auftraggeber in Trinidad)</p> <p>Davy Process Technology (Engineering und Design)</p> <p>Kvaerner Power Gas India (Detail Engineering)</p> <p>Ferrostaal AG &amp; Proman AG (EPC Contractor)</p> <p>Industrial Plant Services Limited (Plant Management and Operations)</p> <p>KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau (Finanzierung)</p>
<p><b>Projektdetails</b></p> <p>Schlüsselfertige Übergabe der M 5000 Methanolanlage nach 28monatigem Bauzeitraum und 3monatiger Abnahme.</p> <p>Projektmanagement, Bau und Überwachung: 4.600.000 Mannstunden (je nach Bauabschnitt zwischen 500 und 2200 Mitarbeiter auf der Baustelle)</p> <p>Installation von 8.600 Tonnen Rohrleitungen, 330.000 m elektrische Kabel, 250.000 m Instrumentenverkabelung, 11.000 Tonnen Stahlstrukturen, 18.750 Tonnen Ausrüstungen/ Tanks etc.</p> <p>Investitionsvolumen: 560.000.000 US\$</p>

Tabelle 1: Projektbeschreibung der M5000 Methanolanlage in Trinidad

Im Point Lisas Methanol-Industriekomplex wird Methanol mit dem Niederdruck-Syntheseverfahren in vier Produktionsphasen hergestellt (siehe Abbildung 3).

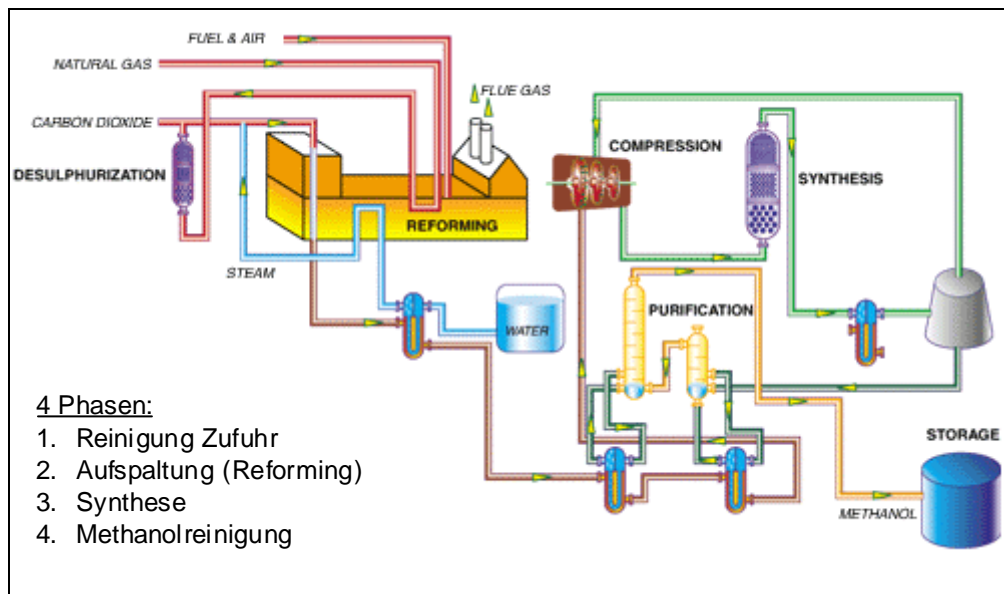


Abbildung 3: Produktion von Methanol

Die für dieses Herstellungsverfahren hauptsächlich benötigten Rohstoffe sind einerseits Erdgas (96% Methan), aus dem Kohle- und Wasserstoffkomponenten gewonnen werden, und Wasser, das die benötigten Sauerstoffkomponenten liefert. Diese beiden Rohstoffe unterlaufen eine Serie von chemischen Reaktionen, um rohes Methanol zu produzieren, das nach Durchlaufen eines Reinigungsprozesses zu raffinierten Methanol veredelt wird (Reinheit > 99,9%).

Die Methanolproduktion wird während der Herstellung mehrfach kontrolliert und das fertige Methanol wird am Ende des Prozesses in großen Lagertanks der Produktionsanlage zwischengespeichert, bevor es zur endgültigen Auslieferung an die Kunden kommt. Der Großteil der Produktion wird von Überseetankern in den angegliederten Hafenanlagen übernommen und weltweit verschifft.



Abbildung 4: Übersichtsplan Methanol-Industriekomplex in Point Lisas

Die neue M5000 Methanolanlage wird mit externem Kohlendioxid versorgt, das in den beiden ebenfalls auf dem Point Lisas Industriekomplex gelegenen Ammoniakfabriken als Abfallprodukt anfällt. Das Kohlendioxid wird über knapp vier Kilometer bis zur Methanolanlage transportiert und dort in die Produktion eingespeist. Hierdurch wird eine kompaktere Bauweise der M5000 Methanolanlage ermöglicht bei gleichzeitiger Ausweitung der Produktionskapazitäten auf insgesamt 5.400 metrische Tonnen pro Tag.

#### 4 Kunststoffrohrleitungen im Einsatz auf Trinidad

Die Anbindung der neuen M5000 Methanolanlage an die bestehenden Ammoniakanlagen erfolgt zum Teil über eine überirdisch verlegte Stahlleitung DN 1000mm. Für den 3.000 Meter langen erdverlegten Abschnitt dieser Anbindung ist die Entscheidung zugunsten einer Polypropylen-Rohrleitung gefallen. Abbildung 5 zeigt eine Aufstellung der Produkte, die für diese Rohrleitung ausgelegt, produziert und geliefert wurden.

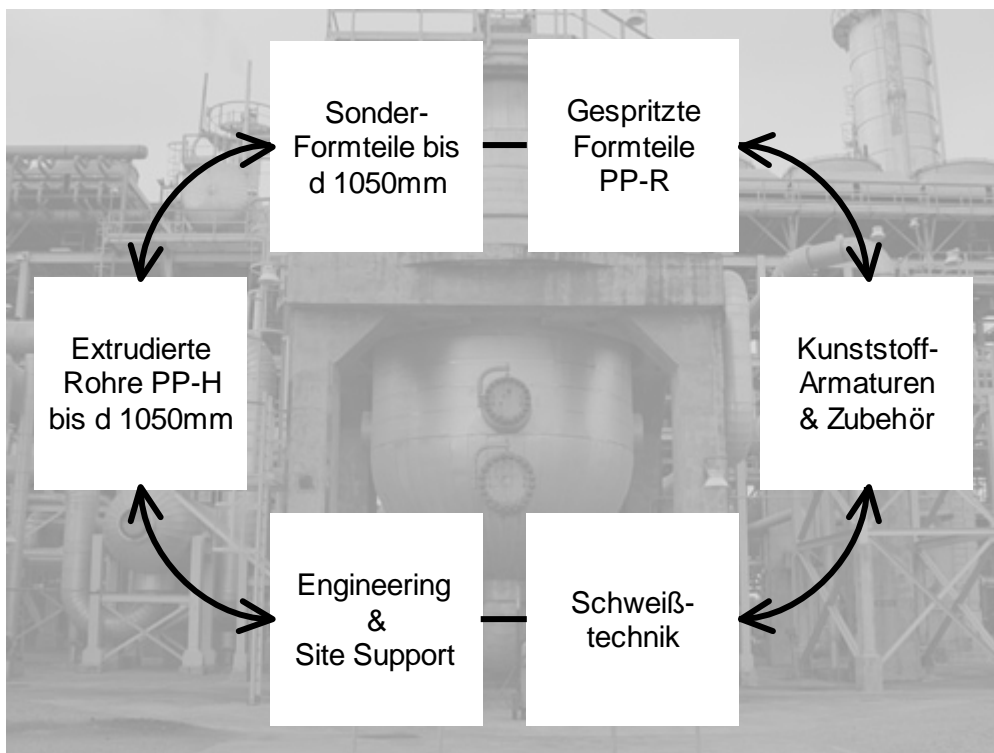


Abbildung 5: Projektumfang FRANK/ M5000 Methanolanlage/ Trinidad

Der ursprüngliche Gedanke, für den erdverlegten Bereich der Kohlendioxidleitung ebenfalls Stahl einzusetzen, wurde verworfen, da:

1. Der hohe Sättigungsgrad des Kohlendioxids und das hieraus resultierende Kondensatwasser einen internen Korrosionsschutz der Stahlleitung erforderlich gemacht hätte.
2. Der niedrige Betriebsdruck des eingespeisten Kohlendioxids nicht mit dem hohen Rauheitsgrad von Stahl zu vereinbaren war.

Ausschlaggebend für die Entscheidung, die Kohlendioxidleitung auf Trinidad in Polypropylen auszuführen, war neben der guten thermischen und chemischen Beständigkeit, das geringe Eigengewicht für den einfachen Vor-Ort-Transport (siehe Abbildung 6), die gute Schweißbarkeit und darüber hinaus verschiedene kommerzielle Gesichtspunkte.



Abbildung 6: Polypropylen-Rohre d 1050mm/ SDR33 auf Trinidad

Es erfolgte eine Auslegung der Rohrleitungskomponenten für den ungünstigsten Fall, dass das Kohlendioxid mit einem maximalen Innendruck von 1,03 bar bei einer Temperatur von 71°C durch die Leitung strömt. Hieraus resultierte der Einsatz einer PP-H Rohrleitung d 1050 x 31,9mm (SDR 33) in 11,8m-Längen, gefertigt nach DIN 8077/ 8078.

Die installierten petrochemischen Produktionsanlagen des Industriekomplexes in Point Lisas mit ihren bereits existierenden erdverlegten Rohrleitungen erfordern eine Vielzahl an Richtungsänderungen für die mit einer Überdeckung von 0,75



bis 1,50 Metern zu installierende 3.000 Meter lange Kohlendioxidleitung. Hierfür sind bereits werksseitig 36 Stück segmentierte Bögen aus dem Polypropylenrohr d 1050 x 31,9mm (Winkel: 41°, 45°, 60°, 68° und 90°) vorkonfektioniert und auf die Baustelle in Trinidad geliefert worden (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7: Segmentierte Bögen (PP-H) d1050/ SDR 33

Die Anzahl der stumpfgeschweißten Segmente richtete sich nach den Anforderungen des Kunden, der möglichst große Radien verlangte, um die anfallenden Druckverluste zu minimieren. Gemäß DVS Richtlinie 2205 – Teil 1 gilt, dass der Langzeit-Schweißfaktor von Polypropylen (z.B. PP-H Rohre) beim Heizelementstumpfschweißen mindestens 0,8 beträgt.

Für den Anschluss der zweiten Ammoniakanlage und die Einspeisung zusätzlicher CO<sub>2</sub>-Abgase in die Kohlendioxidleitung sind darüber hinaus reduzierte T-Stücke hergestellt worden (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Reduziertes T-Stück aus Polypropylen d 1050/ 900mm in SDR 33

Ein aus einem Polypropylen-Hohlstab gedrehter Vorschweißbund mit hinterlegtem Stahllosflansch (inkl. Korrosionsschutz) ist werksseitig mittels Heizelementstumpfschweißung mit dem reduzierten Abgang (d 900mm) verbunden worden. Der Anschluss dieses Abgangs an der Hauptleitung (d 1050mm) wurde seinerseits mittels Extrusionsschweißung nach DVS Richtlinie 2207 vorkonfektioniert.



Der aus der Extrusionsschweißung resultierende Abminderungsfaktor ( $f_s=0,6$ ) erforderte eine Erhöhung der Wanddicke im Anschlussbereich, was durch die Aufwicklung von zusätzlichem Polypropylen im Wickelverfahren bei der FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH realisiert wurde (siehe Abbildung 9).

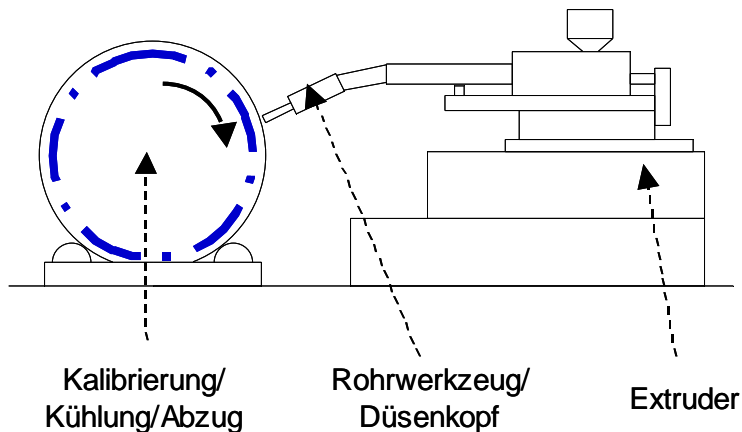


Abbildung 9: Wickelrohrverfahren nach DIN 16961

Hierdurch wurde im Stutzenbereich die Wanddicke um 30mm erhöht und auf diese Weise die vom Kunden geforderte Druckbeständigkeit sichergestellt.

Das zu transportierende Kohlendioxid wird mit knapp 42°C in den beiden Ammoniakanlagen in die CO<sub>2</sub>-Transportleitung eingespeist und kühlt sich bis zur Ankunft in der M5000-Methanolanlage ab. Aufgrund von Temperaturschwankungen rechnen die Betreiber der Anlage damit, dass Schwitzwasser in der Leitung anfällt. Um dieses aufzufangen, sind Kondensattöpfe in die Leitung eingebaut worden (siehe Abbildung 10).



Abbildung 10: Kondensattöpfe aus gespritzten Formteilen (PP-R)

Die in regelmäßigen Abständen in die Hauptleitung eingebundenen 18 Kondensattöpfe bestehen aus einer eingetöpften Endkappe, die mittels Heizelementmuffenschweißung in die Hauptleitung eingebracht wird (siehe Abbildung 12). Das sich hier ansammelnde Kondensat wird über zwei d 40mm Polypropylen-Leitungen mit angeschlossenen Kugelhähnen Typ 21 in einen zugänglichen Betonschacht abgeführt. Dort kann in regelmäßigen Abständen vom Wartungspersonal

sonal des Point Lisas Industriekomplexes das Kondensat kontrolliert aus der Kohlendioxidleitung abgelassen werden.



**HRG 12 Stumpfschweißmaschine**



**Heizelement-Muffenschweißgerät**



**FRANK K30 DE Schweißextruder**

Abbildung 11: Schweißgeräte im Einsatz auf Trinidad

Aufgrund jahrelanger Erfahrungen hat es sich bewährt, Töpferschweißungen nur dann durchzuführen, wenn zwischen Hauptleitungs- und Abgangsdurchmesser das Verhältnis 3:1 nicht unterschritten wird. Interne Versuche zeigen, dass unter dieser Voraussetzung eine Töpferschweißung den zulässigen Betriebsdruck um maximal 10 Prozent reduziert. Abbildung 12 veranschaulicht die gewählte Vorgehensweise zur Einbringung der Kondensatsammler in die Hauptleitung mittels Töpferschweißung.

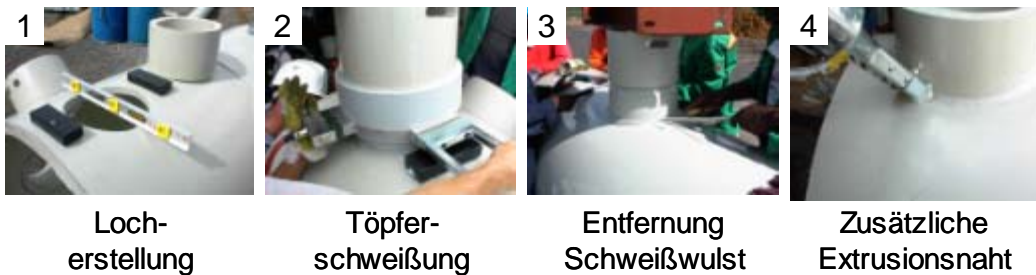


Abbildung 12: Einbringung Stutzen d 315mm in Rohrleitung d 1050mm

Als zusätzliche Sicherheit ist nachträglich mit einem Schweißextruder eine weitere Decklage Polypropylen am Stutzen aufgebracht worden (siehe Schritt 4 in Abbildung 12).

Um die erdverlegten Polypropylenleitung an die überirdisch installierte Stahlleitung anzuschließen, sind passgenaue Sonderbauteile mittels Heizelementstumpfschweißen auf der Baustelle vorkonfektioniert worden (siehe Abbildung 13).



Abbildung 13: Vorkonfektionierung von Sonderbauteilen in Polypropylen

Abbildung 13 macht deutlich, dass nach durchgeführter Verlängerung des gelieferten Vorschweißbundes um 400mm dieser auf der Baustelle mit einem der gelieferten 90°-Bögen verbunden wurde.

Ein großer Teil der erdverlegten Kohlendioxidleitung wird in der unmittelbaren Nähe bereits existierender Methanol- und Erdgasleitungen verlegt. Die hieraus resultierende erschwerte Verlegung wurde zum Teil durch das niedrige Eigengewicht von 97.6 kg/m der gelieferten Polypropylenleitung kompensiert (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14: Installation der erdverlegten Polypropylen-Rohrleitung d 1050 mm



Die im Januar 2005 begonnen Schweißarbeiten auf Trinidad werden voraussichtlich bis Ende April 2005 abgeschlossen. Die Kohlendioxidleitung d 1050x31,9mm in PP-H ist mittels Heizelementstumpfschweißung größtenteils im Graben geschweißt worden. Pro Tag konnten circa 45 Meter Polypropylenrohre verlegt werden (siehe Abbildung 15).



Abbildung 15: Stumpfschweißarbeiten im Graben auf Trinidad

## 5 Fazit

Die Entscheidung, für die erdverlegte Kohlendioxidleitung den Werkstoff Polypropylen einzusetzen, hat sich bewährt und es dem Auftraggeber ermöglicht, die Anbindung der M5000 Methanolanlage auf Trinidad an die in der Nachbarschaft gelegenen Ammoniakfabriken zügig abzuschließen. Die gelieferten Rohrleitungssysteme und die erbrachte Vor-Ort-Unterstützung bei der Installation haben ihren Teil dazu beigetragen, dass die weltweit größte Methanolanlage Mitte des Jahres termingerecht ihren kommerziellen Betrieb aufnehmen kann.

## 6 Literatur

- [1] Frank, T.: Unterscheidungskriterien bei Industrierohren aus PP-Homopolymer und PP-Copolymer, 3R international, Heft 4/5 2000, S. 252-258
- [2] FRANK GmbH: Industrielle Rohrleitungssysteme – Technischer Katalog, Mörfelden, 2000, S. C-23
- [3] Methanol Holdings Trinidad Limited: Methanol Production, <http://www.ttmethanol.com>, Trinidad, 2005
- [4] Ferrostaal AG: Ferrostaal to build the world's biggest methanol plant in Trinidad & Tobago, <http://www.ferrostaal.com>, Essen, 2003
- [5] Proman Gesellschaft für Projektmanagement mbH: M5000 Methanol Plant – Trinidad, <http://www.proman-gmbh.de>, Düsseldorf, 2005
- [6] Auswärtiges Amt: Länderbericht Trinidad & Tobago, <http://www.auswaertiges-amt.de>, Berlin, 2004
- [7] Methanol Institute: Methanol Market Distribution Infrastructure in the United States, Washington D.C., 2002