

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			Rev 00 Page 1 of 42

Studie zur Modernisierung der Chemiko und AM 76 Anlagen bei TogliattiAzot

QA 08 AR-A16 M02 2010-06
E:\Альба-Лонга\Заказы\02.12.2013\Уде\121220_Revamp_Study_ToAz.doc

00			18.12.12	Keil	19.12.12	Heun	20.12.12	Kagalowski	
Rev.	Status	Description	Date	Prepared	Date	Checked	Date	Approved	AC
CC Category 1 = for approval 2 = for review 3 = for information 4 = for internal use only AC Acceptance 1 = approved / reviewed 2 = approved reviewed as noted 3 = not approved 4 = for information only 5 = not relevant to approval		Status Code: A = Issued for design D = Issued for inquiry E = Issued for order F = Issued for prefabrication G = Issued for construction/ fabrication H = Issue for work preparation I = As-Built M = General issue	<h2 style="margin: 0;">Studie für TogliattiAzot</h2>						Category Code:

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			
				Rev 00 Page 2 of 42

This study report and all pertinent or attached documents remain our property and shall neither be fully or partly copied or reproduced nor made accessible or brought to the knowledge of third persons or competitors, unless our expression of approval has first been obtained.

This study report will not substitute a Basic Engineering package for the revamp or for implementing modifications.

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			
				Rev 00 Page 3 of 42

Inhaltsverzeichnis

1. Technische Beschreibung der bestehenden Anlagen zur Ammoniakproduktion

- 1.1 AM 76 Anlagen
- 1.2 Chemiko Anlagen

2. Bereits durchgeführte Verbesserungsmaßnahmen an den bestehenden Anlagen

- 2.1 AM 76 Anlagen
- 2.2 Chemiko Anlagen

3. Ziele der Modernisierungsmaßnahmen hinsichtlich der Produktionssteigerung und Verringerung des spezifischen Erdgasverbrauches

- 3.1 AM 76 Anlagen
 - 3.1.1 Minimale Ziele
 - 3.1.2 Maximale Ziele
- 3.2 Chemiko Anlagen
 - 3.2.1 Minimale Ziele
 - 3.2.2 Maximale Ziele

4. Identifizierung von Problemen und Engpässen in den bestehenden Anlagen

- 4.1 AM 76 Anlagen
- 4.2 Chemiko Anlagen

5. Aufzählung von möglichen Verbesserungsmaßnahmen zur Produktionssteigerung und Verringerung des spezifischen Erdgasverbrauchs

- 5.1 AM 76 Anlagen
- 5.2 Chemiko Anlagen

6. Bewertung der vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen in Bezug auf Verbesserungspotential, Umsetzbarkeit und Aufwand

- 6.1. AM 76 Anlagen
- 6.2 Chemiko Anlagen

7. Zusammenfassung, abschließende Empfehlungen

8. Kostenschätzung

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			Rev 00 Page 4 of 42

1. Technische Beschreibung der bestehenden Anlagen zur Ammoniakproduktion

Die Firma OAO Togliattiazot betreibt an ihrem Standort in Togliatti, Oblast Samara, insgesamt sieben Anlagen zur Produktion von Ammoniak. Vier Anlagen sind vom Typ „Chemiko“ und drei Anlagen sind vom Typ „AM 76“. Togliattiazot plant, diese Anlagen zu modernisieren, um die tägliche Produktion von Ammoniak zu erhöhen und den spezifischen Erdgasverbrauch zu senken. Dabei soll die maximal produzierbare Menge an Ammoniak unabhängig von Sommer- oder Winterbetrieb sein. Im Folgenden werden die bestehenden Anlagen kurz technisch beschrieben und einige Kennzahlen aufgelistet.

1.1 AM 76 Anlagen

Togliattiazot betreibt zurzeit drei Ammoniakanlagen vom Typ AM 76 am Standort Togliatti. Die erste (Aggregat Nr. 5) wurde 1981 in Betrieb genommen, die zweite (Aggregat Nr. 6) im Jahre 1983 und die jüngste Anlage (Aggregat Nr. 7) im Jahre 1986 in Betrieb genommen. Die nominale Produktionsleistung beträgt 1400-1450 Tonnen Ammoniak pro Tag bei einem spezifischen Erdgasverbrauch von 1180-1200 Normkubikmeter pro Tonne Ammoniak. Die tatsächlich jemals erreichte maximale Produktionsmenge beträgt für das Aggregat Nr. 5 1643 t/d (gemessen am 22.11.2009) und für das Aggregat Nr. 7 1728 t/d (gemessen am 20.01.2009). Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Anlagen von Togliattiazot schon baulich verändert worden sind (siehe Kapitel 2.1). Für das Aggregat Nr. 6 war die größte gemessene Tonnage 1718 t/d (gemessen am 15.01.2009). Der Einsatz an Erdgas betrug hierbei 44,600 Nm³/h, die Dampfzugabe vor dem Primärreformer 132 t/h und die Prozessluft in den Sekundärreformer 60,000 Nm³/h.

In Tabelle 1.1 sind einige typische Prozessparameter aufgeführt.

Zusätzlich noch eine Analyse des Kreislaufgases am Ein- und Austritt des Ammoniakkonverters für das Aggregat 5 vom 27.11.2012:

Komponente	Eintritt (Vol.-%)	Austritt (Vol.-%)
Wasserstoff	60,5	49,3
Stickstoff	21,2	18,2
Argon	6,5	7,5
Methan	8,6	10,0

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			Rev 00 Page 5 of 42

Ammoniak	3,2	15,0
----------	-----	------

		Aggregat 5	Aggregat 6	Aggregat 7
Primärreformer				
Maximaltemperatur	°C	907	928	905
Austrittstemperatur	°C	791	799	801
Methangehalt am Austritt	Vol.-%	11,94	10,34	8,27
Durchsatz	Nm³/h	39100	40223	39500
Druckverlust	kg/cm²	3,7	3,58	2,8
Sekundärreformer				
Austrittstemperatur	°C	948	976	900
Methangehalt am Austritt	Vol.-%	0,21	0,16	0,12
Druckverlust	kg/cm²	n.a.	0,5	0,7
CO-Shift, MT				
Maximaltemperatur	°C	371	387	385
Austrittstemperatur	°C	326	325	328
CO am Austritt	Vol.-%	2,73	2,0	1,53
Druckverlust	kg/cm²	0,35	0,2	0,1
CO-Shift, LT				
Maximaltemperatur	°C	253	235	n.a.
Austrittstemperatur	°C	235	225	n.a.
CO am Austritt	Vol.-%	0,18	0,15	n.a.
Methanol am Austritt	mg/l	1084	381	n.a.
Druckverlust	kg/cm²	0,15	0,23	n.a.
Methanator				
Maximaltemperatur	°C	331	319	385
CO2 am Austritt	ppm	7,9	5,9	2,7
Druckverlust	kg/cm²	n.a.	0,2	0,05
Ammoniakkonverter				
Druck am Eintritt	kg/cm²	222	205	n.a.
Druckverlust	kg/cm²	5,92	4,78	n.a.
Ammoniak am Austritt	Vol.-%	15,59	14,7	n.a.
Ammoniakproduktion	t/h	63	61,5	n.a.

Tabelle 1.1: Typische Prozessparameter der AM 76 Anlagen

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			Rev 00 Page 6 of 42

1.2 Chemiko Anlagen

Togliattiazot betreibt zurzeit vier Ammoniakanlagen vom Typ Chemiko am Standort Togliatti. Die ersten drei (Aggregate Nr. 1, 2, 3) wurden 1979 in Betrieb genommen, die letzte (Aggregat Nr. 4) im Jahre 1980. Die nominale Produktionsleistung beträgt 1150 Tonnen Ammoniak pro Tag bei einem spezifischen Erdgasverbrauch von 1350 Normkubikmeter pro Tonne Ammoniak. Die tatsächlich jemals erreichte maximale Produktionsmenge beträgt für das Aggregat Nr. 1 1331 t/d (gemessen am 11.10.2008), für das Aggregat Nr. 3 1291 t/d (gemessen am 14.11.2011) und für das Aggregat Nr. 4 1292 t/d (gemessen am 16.11.2011) . Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Anlagen von Togliattiazot schon baulich verändert worden sind (siehe Kapitel 2.2). Für das Aggregat Nr. 2 war die größte gemessene Tonnage 1355 t/d (am 14.04.2009). Der Einsatz an Erdgas betrug hierbei 34,000 Nm³/h, die Dampfzugabe vor dem Primärreformer 119 t/h und die Prozessluft in den Sekundärreformer 49,000 Nm³/h. Der Synthesegasdruck beträgt 220 kg/cm², die Frischgaszugabe in den Synthesegaskreislauf 198,000 Nm³/h bei einer Menge des Synthesekreislaufgases von 516,000 Nm³/h.

In Tabelle 1.2 sind einige typische Prozessparameter aufgeführt.

Zusätzlich noch eine Analyse des Kreislaufgases am Ein- und Austritt des Ammoniakkonverters für das Aggregat 4 vom 27.11.2012:

Komponente	Eintritt (Vol.-%)	Austritt (Vol.-%)
Wasserstoff	62,6	54,0
Stickstoff	24,0	21,5
Argon	3,5	3,9
Methan	6,8	9,3
Ammoniak	3,0	11,3

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			Rev 00 Page 7 of 42

		Aggregat 1	Aggregat 2	Aggregat 3	Aggregat 4
Primärreformer					
Maximaltemperatur	°C	913	989	949	896
Austrittstemperatur	°C	752	752	747	740
Methangehalt am Austritt	Vol.-%	11,44	10,35	10,37	10,44
Durchsatz	Nm³/h	30600	36100	34900	35200
Druckverlust	kg/cm²	1,8	n.a.	1,2	2,3
Sekundärreformer					
Austrittstemperatur	°C	920	910	n.a.	n.a.
Methangehalt am Austritt	Vol.-%	0,32	0,33	0,32	0,22
Druckverlust	kg/cm²	n.a.	0,4	0,4	0,25
CO-Shift, MT					
Maximaltemperatur	°C	383	411	391	395
Austrittstemperatur	°C	321	356	329	337
CO am Austritt	Vol.-%	3,02	1,77	1,51	1,66
Druckverlust	kg/cm²	0,8	1,9	1,0	1,05
CO-Shift, LT					
Maximaltemperatur	°C	231	224	239	228
Austrittstemperatur	°C	210	213	219	219
CO am Austritt	Vol.-%	0,12	0,23	0,18	0,18
Methanol am Austritt	mg/l	393	154	245	269
Druckverlust	kg/cm²	0,3	0,2	n.a.	n.a.
Methanator					
Maximaltemperatur	°C	289	311	291	299
CO2 am Austritt	ppm	5,1	2,65	2,9	3,6
Druckverlust	kg/cm²	0,22	0,34	0,6	0,4
Ammoniakkonverter					
Druck am Austritt	kg/cm²	213	212,2	202,1	229,2
Druckverlust	kg/cm²	2,5	2,9	2,12	2,12
Ammoniak am Austritt	Vol.-%	15,16	16,39	16,17	12,3
Ammoniakproduktion	t/h	49	53	52	52

Tabelle 1.2: Typische Prozessparameter der Chemiko Aggregate

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			
				Rev 00 Page 8 of 42

2. Bereits durchgeführte Verbesserungsmaßnahmen an den bestehenden Anlagen

Togliattiazot hat in der Vergangenheit bereits Veränderungen an dem originalen Konzept der Anlagen vorgenommen und so die Kapazität der Anlage erhöhen und den spezifischen Erdgasverbrauch senken können. Im Folgenden werden diese Umbauten für die AM 76 und Chemiko Anlagen näher beschrieben.

2.1 AM 76 Anlagen

- Der Lieferant für Erdgas hat den Einspeisedruck am Battery Limit auf 5 MPa erhöht. Daher konnte der Erdgasverdichter 403 außer Betrieb genommen werden. Der Dampf zum Antrieb der Turbine kann eingespart und so der spezifische Erdgasbedarf gesenkt werden. Dies wurde für die Aggregate 5,6 und 7 durchgeführt.

- Im Originalkonzept wird für die Vorwärmung des Erdgases auf die Anspringtemperatur des Entschwefelungskatalysators ein gasbefeuerter Erdgasvorwärmer 103 vorgesehen. Es wurde im Rauchgaskanal des Primärreformers ein weiteres Heizregister installiert, das das Erdgas auf 400 °C vorheizt. Dadurch kann der Erdgasvorwärmer außer Betrieb genommen werden und der Erdgasverbrauch gesenkt werden. Diese Verbesserung wurde für die Aggregate 6 und 7 durchgeführt.

- Durch die Firma Casale wurden im Ammoniakkonverter 601 die axial durchströmten Katalysatorbetten durch ein radial durchströmtes Cartridge ersetzt. Hierdurch kann mehr Katalysator in den Konverter eingefüllt werden und so die Leistung des Konverters erhöht werden. Dies wurde für die Aggregate 5,6 und 7 durchgeführt.

- Die Abscheidung des Ammoniaks aus dem Synthesegaskreislauf wurde verbessert, indem ein einfach gekühlter Kondensator durch zwei mittels Ammoniakverdampfung gekühlten Kondensatoren ersetzt wurde. Hierdurch kann Ammoniak bei tieferen Temperaturen aus dem Synthesegaskreislauf auskondensiert werden. Es wird somit die mehr Ammoniak auskondensiert und die Produktausbeute erhöht. Diese Maßnahme wurde für die Aggregate 5,6 und 7 umgesetzt.

- In der Strahlungszone des Primärreformers 107 wurde der Innendurchmesser der mit Katalysator gefüllten Rohre von 72 mm auf 89 mm erhöht, während der Außendurchmesser unverändert bei 114 mm belassen wurde. Es kann somit mehr Katalysator in die Rohre eingefüllt werden und mehr Methan im Primärreformier gespalten werden; die Menge an produziertem Wasserstoff wird größer. Die Rohre wurden in den Primärreformern der Aggregate 5,6 und 7 ausgetauscht. Es ist bereits geplant, den Innendurchmesser der

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			Rev 00 Page 9 of 42

Spaltrohre weiter zu erhöhen auf 101 mm, der Außendurchmesser der neuen Rohre beträgt dann 125 mm.

- Weil die Kapazität des Primärreformers 107 erhöht wurde, muss jetzt im Sekundärreformer 110 eine größere Methanmenge abgebaut werden. Hierzu ist eine größere Prozessluftmenge notwendig. Es wurde daher der Prozessluftverdichter 402 modernisiert, indem die inneren Einbauten gewechselt wurden. Bei dem Aggregat 5 wurde so die Verdichterleistung auf 78000 Nm³/h Luft gesteigert bei einem Ansaugdruck von 760 mm Hg und einer Ansaugtemperatur von 20 °C. Bei dem Aggregat 7 führte die Modernisierung des Prozessluftverdichters nur zu einer Erhöhung der Verdichterleistung auf 72000 Nm³/h.

- Bei dem Sekundärreformer des Aggregates 5 wurde der ursprüngliche Brenner durch einen neuen Brenner der Firma Haldor Topsoe im Jahre 2007 ersetzt. Bei dem Sekundärreformer des Aggregates 7 wurde der ursprüngliche Brenner durch einen neuen Brenner der Firma Johnson Matthey ersetzt. Hiermit wurde der größeren Prozessluftmenge Rechnung getragen. Für das dritte Aggregat wird eine ähnliche Maßnahme von Togliatti Azot bereits erwogen.

- Bedingt durch die Kapazitätserhöhung im Primärreformer muss auch eine größere Menge an Kohlenstoffdioxid aus dem Rohsynthesegas abgetrennt werden. Bei unveränderter Absorber- und Desorberkolonne wurde dies erreicht, indem das alte Absorptionsmittel MEA (Monoethanolamin) durch MDEA (Monodiethanolamin) ersetzt wurde. MDEA kann bei gleichem Druck mehr CO₂ absorbieren als MEA. Die Desorption des beladenen MDEA erfordert weniger Dampf, so dass Energie, die für die Regeneration des beladenen Absorptionsmittels erforderlich ist, eingespart werden kann. Es werden die CO₂-Wäschen der Aggregate 5,6 und 7 mit dem neuen Absorptionsmittel betrieben. Allerdings führte der Austausch der Lösungsmittel zu neuen Problemen, hierauf wird in Kapitel 4.1 näher eingegangen.

- Die Kühlleistung der Luftkühler ist im Sommer geringer durch die höheren Umgebungstemperaturen. Um dem zu begegnen, wurde als eine einfache Maßnahme bei verschiedenen Luftkühlern ein Sprinklersystem installiert, das teilweise entmineralisiertes Wasser auf die Wärmeübertragungsflächen verteilt. Die bei der Verdunstung abgeführte Wärme erhöht die Kühlleistung der Luftkühler im Sommer.

Die Katalysatoren in den jeweiligen Reaktoren wurden turnusmäßig ausgetauscht. Im einzelнем sind dies:

- Hydrierungsreaktor 105 vor der Entschwefelung, Katalysator AKM (letzter Austausch und Menge: Aggregat 5, April 1987, 16.5 Tonnen; Aggregat 6, Juli 2007, 14.2 t; Aggregat 7, Januar 1986, 18 t)

Plant TogliattiAzot	Client ToAz	Code	Doc. ID-Code	UAN 11-90-11213
Uhde	Modernisierung TogliattiAzot			Rev 00 Page 10 of 42

- Entschwefelungsreaktoren 104 A/B, (Adsorbens, letzter Austausch und Menge: Aggregat 5, 104A, SG-9201, Juli 2008, 62.4 t; Aggregat 6, 104A/B, GIAP-10, November 1982, 2 x 114 t; Aggregat 7, 104A, GIAP-10, März 1986, 92 t)

- Primärreformer 107 (Katalysatorname, letzter Austausch: Aggregat 5, 25-4Q/57-4Q, Juli 2008; Aggregat 6, NIAP-03-01Sch, November 2009; Aggregat 7, 25-4Q/57-4Q, Juni 2008)

- Sekundärreformer 110 (Katalysatorname, letzter Austausch und Menge: Aggregat 5, März 2001, Reformierungskatalysator RKS-2-7H 26.5 m³; Aggregat 6, August 2007, Schutzkatalysator RKS-2P, 2 m³, Reformierungskatalysator RKS-2-7H 25 m³; Aggregat 7, Juni 2007, Reformierungskatalysator ReforMax 400 LDP 25 m³)

- erster CO-Konvertierungsreaktor (MT-Shift) 114 (Katalysatorname, letzter Austausch und Menge: Aggregat 5, November 2004, STK-SMF, 128.4 m³; Aggregat 6, April 2004, SK-201-2, 128.4 m³; Aggregat 7, Juni 2007, Shift Max 120, 128.4 m³)

- zweiter CO-Konvertierungsreaktor (LT-Shift) 117 (Katalysatorname, letzter Austausch und Menge: Aggregat 5, November 2011, LSK, 4.5 m³, LK-823 76.5 m³; Aggregat 6, September 2011, SK-201-2, 128.4 m³; Aggregat 7, August 2012, LSK, 4.5 m³, LK-823 75.5 m³)

- Methanisierungsreaktor 501 (Katalysatorname, letzter Austausch und Menge: Aggregat 5, April 2001, NIAP-07-01, 33.3 m³; Aggregat 6, Juni 1997, NKM-1 20.4 m³, TO-2M, 20.4 m³; Aggregat 7, Juni 2007, PK-7R, 27 m³)

- Ammoniakkonverter 601 (Katalysatorname, letzter Austausch: Aggregat 5, August 2008, S-6-10R/S-6-10; Aggregat 6, Oktober 2011, KM1R, KM1; Aggregat 7, August 2000, S-6-10)

2.2 Chemiko Anlagen

- Durch die Firma Casale wurden im Ammoniakkonverter H701 die axial durchströmten Katalysatorbetten durch ein radial durchströmtes Cartridge ersetzt. Hierdurch kann mehr Katalysator in den Konverter eingefüllt werden und so die Leistung des Konverters erhöht werden. Dies wurde für die Aggregate 1,2,3 und 4 durchgeführt.

- Die Stelle der Frischgaszugabe in den Synthesegaskreislauf wurde geändert. Ursprünglich wurde das Frischgas vor den Loop Chillern E708A/B zugegeben. Jetzt wird es vor den Gas/Gas-Wärmetauschern E703A/B dem Synthesegas zugegeben. Um noch Spuren von Wasser und Kohlenstoffdioxid, die als Katalysatorgifte wirken, zu entfernen, wird das Frischgas vorher mit Ammoniak gewaschen.