

In seinem Technischen Bericht vom 20.1.1972 berichtet
Dipl.-Ing. Franz Werner Alfter über die

Spiralrohrfertigung 1971

„Zusammenfassung:

Im wesentlichen wurden im Jahre 1971 für 2 Großprojekte
Spiralrohre gefertigt. Es handelt sich hierbei um die Projekte
a) Abgaskamin aus Trovidur Spiralrohren für die Farbenfabrik Bayer
AG, Antwerpen und
b) Abgasleitung aus Trovidur Spiralrohr für die Norddeutsche
Affinerie Hamburg.

Zur Durchführung der Projekte mussten Rohre der Nennweiten
2.500, 1.400 und 1.250 mm gefertigt werden. Den Nennweiten
zugeordnet wurden 80 m Rohr NW 2.500 Profil K 3, ca. 665 m Rohr,
NW 1.400 Profil K3 und ca. 150 m Rohr, NW 1.250 ebenfalls Profil K
3.

Insgesamt wurden für beide Projekte 145 t PVC Material verarbeitet.
Das Verfahren ist produktionsreif, auch für den 3-Schichtbetrieb.
Aufgetretene Schwierigkeiten waren überwiegend anlagenbedingt
(Versuchsanlage!).

1. Einführung

Nach Beendigung der Montage und dem Einfahren der großen
Wickelanlage (Für Rohre mit Dm. Größer als 1.000 mm) Ende 1970
sollten 1971 erste Aufträge angenommen werden.

Von der Verkaufsabteilung VK 63 wurden die beiden Großprojekte
Abgaskamin für Bayer Antwerpen und Abgasleitung Norddeutsche
Affinerie für den Start ausgewählt. Ausschlaggebend für den Einsatz
von PVC-Spiralrohren war die chemische Beständigkeit von PVC
gegenüber die durch die Rohre zu fördernden Gase. Weitere
Faktoren, wie weitgehende Spannungsfreiheit der Rohre, sowie ihre
hohe Steifigkeit aufgrund der spiralförmig umlaufenden Stege und
nicht zuletzt der günstigere Preis gegenüber anderen Materialien
hatten einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Entscheidung der
Kunden.

Die beiden Projekte mußten von TV-K (Technik, Abt. Verfahrenstechnik
Kunststoffe) für die Fertigung der Rohre jeweils noch die
erforderlichen Werkzeuge, wie Wickeldorne und Rollenkranz und
weitere Teile beschafft und eingefahren werden. Die Lieferzeiten
waren von der Verkaufsabteilung 63 entsprechend angegeben
worden, so dass die Rohre bei beiden Aufträgen termingemäß
ausgeliefert werden konnten.

2. Projekt: Abgaskamin für die Farbenfabrik Bayer

Nachfolgend sollen der Vollständigkeit wegen nur einige wichtige
allgemeine Daten kurz wiedergegeben werden, da eine ausführliche
Beschreibung von Herrn Ing. Schommer der beiliegenden Trovidur

Information zu entnehmen ist. Hier soll mehr auf die Rohrfertigung eingegangen werden.

2.1. Technische Daten des Kamins

Aufbau: 2schalig, Außenkamin aus statischen Gründen aus Beton, Innenkamin aus Trovidur Spiralrohr, Höhe des Kamins: ca. 90 m. Innenkamin unterteilt in 8 Teillängen von 5,5, bis 13,5, m, überwiegend 10 m Längen. Erstes Teilstück – Gassammler- und letztes Teilstück aus statischen Gründen mit GFK umwickelt. Verbindung der Teillängen untereinander durch Verschrauben mittels von DN (Dynamit Nobel AG) gefertigten Stahlschellen. Die Stahlschellen stützen sich an den umlaufenden Stegen der Spiralrohre ab. Die Abdichtung der Verbindung erfolgte mittels H-Profilen aus Polypropylen mit Gummieinlagen, siehe Abb. 1. Innenkamin im Außenkamin freischwimmend aufgehängt montiert. Gewichtsausgleich durch frei bewegliche mit Seilen an den Verbindungsflanschen befestigten Gegengewichten. Längenausdehnung nur in der Kaminhöhe möglich und gewollt. Max. Ausdehnung ca. 300 mm bei einer Temperaturdifferenz von 70 °C. Bei der Ausdehnung wird der Kamin mittels der Gegengewichte in einer genau senkrechten Lage gehalten.

2.2. Planung

Die Planung über Aufbau und Ausführung des Kamins erfolgte in Zusammenarbeit von den Firmen:

- a) Fa. August Schnakenberg & Co., Wuppertal
- b) Fa. Bleiwerk, Goslar
- c) Farbenfabrik Bayer
- d) Dynamit Nobel AG

unter Federführung der Fa. Schnakenberg.

VON DN (Dynamit Nobel AG) waren insbesondere die Abteilungen VK 63 (Verkaufsabteilung Trovidur, Kunststoffsparte), TV-K und TZ-ZW (Technik, Zentralwerkstatt) entsprechend den ihnen zukommenden Aufgaben direkt am Projekt beteiligt.

Die Aufgabenteilung war wie nachstehend ausgeführt:

Fa. August Schnakenberg:	Planung, Konstruktion, Ausführung und Montage
Bleiwerk Goslar:	Verstärken des Gassammlers und des Kaminendes mit Polyester-Glasgewebe (GFK)
Bayer, Antwerpen:	Planung und Unterstützung der Fa. Schnakenberg bei der Montage
Dynamit Nobel AG:	Beratung, Fertigung der Rohre, Fertigung der Stahlschellen, Bearbeitung der Rohre, Durchführung von Versuchen, Montage der Schellen an den Rohren

2.3. Rohrfertigung und Konfektionierung

2.3.1. Ergänzungen an der Anlage

Um den Auftrag ausführen zu können, mussten an der vorhandenen Wickelanlage noch Änderungen und Ergänzungen vorgenommen werden, die nachstehend aufgeführt sind:

- a) Das erforderliche Extrudierwerkzeug für Wickelrohrprofil K 3 mußte eingefahren werden.
- b) Die vorhandene Wickelanlage ist nur für Rohrlängen von max. 10 m ausgelegt. Es musste eine provisorische Verlängerung angebaut werden, die es erlaubt, Rohre bis zu 13,50 m Länge zu fertigen.
- c) Zum Abheben der Rohre musste eine entsprechende Vorrichtung geschaffen werden.
- d) Die geforderte hohe Genauigkeit an den Sägeschnitt (zulässige Abweichung 5 mm von der Rechtwinkligkeit gegenüber der Rohrachse) machte eine spezielle Ablängvorrichtung erforderlich.
- e) Die Wandung an den Enden der Rohre sollte, um das Einführen in die H-Verbindungsprofile zu erleichtern, außen angefast werden, siehe Abb. 1.
- f) Für den Transport der Rohre aus der Produktionshalle bis zum Lagerplatz musste eine Transporteinrichtung geschaffen werden.
- g) Für die Montage der Schellen wurden 4 Stück Auflageböcke gefertigt.

2.3.2. Produktion

Die Produktion der Rohre erfolgte im 2-Schicht-Betrieb. Eine kontinuierliche Fertigung im 3-Schicht-Betrieb war nicht möglich, da die provisorischen Vorrichtungen für das Ablängen, Anfasen und Transportieren der Großrohre nur bei Stillstand der Anlage eingesetzt werden konnten. Hinzu kam der fehlende Lagerraum.

Es wurde so verfahren, dass zuerst die Teillängen, welche mit GFK armiert werden sollten, gefertigt wurden. Nach dem rechtwinkligen Beschneiden und Anfasen derselben wurden sie auf einen LKW verladen und für die Weiterverarbeitung zum Bleiwerk Goslar transportiert. Anschließend erfolgte die Fertigung der übrigen Teillängen, beginnend mit dem längsten Abschnitt bis zum kürzesten. Jede Teillänge wurde nach der Fertigung zuerst abgelängt und angefast. Um den hohen Anforderungen an die Dichtigkeit gerecht zu werden, wurden die Schnittkanten zusätzlich mit einer speziellen Vorrichtung eben und planparallel geschmirgelt. Nach dem Transport der Rohre aus der Produktionshalle wurden sie auf Rollenböcke gelegt, damit durch die Abt. TZ-ZW (Zentralwerkstatt) die Stahlschellen montiert werden konnten. Mit den fertig montierten

Stahlschellen wurden die Rohre in 2 Abschnitte abgerufen und auf Bundesbahnwaggons verladen.

2.3.3. Produktionsdaten

Nachstehende Produktionsdaten konnten ermittelt und für weitere Aufträge zugrunde gelegt werden.

Es folgen eine Reihe von Produktionsdaten, so z.B. der Ausstoß des Extruders mit ca. 160 – 170 kg/h.

2.3.4. Aufgetretene Schwierigkeiten bei der Produktion

Bei der einwandfreien Funktion der Anlage bereitete das Anfahren vom Profil her oft Schwierigkeiten. Die Profilabmessungen und der Profilfluß schwankten je nach Unterschieden in der Materialqualität. Hier konnte erstmals in Dauerbetrieb festgestellt werden, dass die Extrusionswerkzeuge für die Produktion noch nicht sicher genug sind. Verbesserungen sind erforderlich.

Aufgrund der noch fehlenden technisch ausgereiften Zubehörteile, wie Ablängvorrichtung und Hebzeuge, musste, wie bereits im Abschnitt 2.3.2. erwähnt, für jede Rohrlänge neu angefahren werden. Hierdurch entstanden erhebliche Material- und Zeitverluste. Insbesondere das Abheben der Rohre von der Anlage bereitete Schwierigkeiten. Der vorhandene Kran ist sehr niedrig. Hier muß vorwiegend für Rohre großer Durchmesser eine andere Lösung gefunden werden.

Mangels vorhandener Gelder durch die Streichung des projektes 70/71 mußte sehr viel, zu viel improvisiert werden.

2.4. Aufrichtversuche

Auf Wunsch der Fa, Schnakenberg und Bayer AG, Antwerpen, wurde an einem 10 m langen Rohr mit einer von Bayer entwickelten Vorrichtung ein Aufrichtversuch durchgeführt (d.h. Rohrachse von der Waagerechten in die Senkrechte). Er diente als Probe für die Montage. Man hatte Bedenken, ob die an den Rohren befestigten ca. 900 kg wiegenden Befestigungsschellen beim Aufrichten nicht störend wirkten, oder sogar das Rohr überbeanspruchten. Der Versuch war aber derart überzeugend, dass schnell alle Bedenken zerstreut werden konnten.

2.5. Montage

Die Endmontage wurde durch die Fa. August Schnakenberg durchgeführt. Hierbei wurden die Rohre im Kamin von oben nach unten montiert. Unseres Wissens traten keine Schwierigkeiten auf, welche auf die Rohrqualität zurückzuführen wären. Die Rohre wurden von den beteiligten außenstehenden Firmen gut beurteilt.

3. Projekt: Abgasleitung für Norddeutsche Affinerie

3.1. Auftragsumfang und Einsatzgebiet

Bei dem Projekt handelte es sich um eine insgesamt ca. 900 m lange Abgasleitung, welche aus ca. 665 m Rohren NW 1.400 und 150 m Rohren NW 1.250 mm besteht. Entsprechend der vom Kunden angegebenen Belastung der Rohre wurde für die Dimensionierung das Profil K 3 gewählt. Die Rohre sollen hochliegend auf Traversen montiert werden. Für die Verbindung der Rohre untereinander war die Klebverbindung vorgesehen, siehe Abb. 2.

3.2. Beteiligte Firmen

Mit der Planung und Ausführung des Projektes waren beauftragt:

- a) Ing.-Büro Lurgi, Frankfurt
- b) Fa. August Schnakenberg & Co.
Anfertigen der Formteile, wie Kompensatoren und Rohrkrümmer und Montage der Rohr
- c) Dynamit Nobel AG, Troisdorf, Abt. VK 63 und TV-K Fertigung der Rohre und Unterstützung der Fa. Schnakenberg bei der Rohrverbindung.

3.3. Rohrfertigung

3.3.1. Vorbereitende Arbeiten

Basierend auf den gesammelten Erfahrungen bei der Fertigung der Rohre für den Abgaskamin wurden noch nachstehende Änderungen und Ergänzungen an der Wickelanlage durchgeführt.

- a) Änderungen am Extrudierwerkzeug, Einbau von Bremsstegen zwecks Erreichen eines gleichmäßigen Flusses im Werkzeug, Verbesserung der Profiloberfläche, insbesondere der Unterseite für eine ebene Innenrohrwandung.
- b) Anfertigen einer Sägevorrichtung, welche es erlaubt, die Rohre auch während der Produktion auf beliebige Teillängen rechtwinklig und planparallel abzusägen.
- c) Anfertigen eines Rollenanschlusses für den Transport der Rohre nach dem Ablängen von der Anlage.
- d) Herstellen der Wickeltrommel einschließlich Rollenkranz für die Fertigung der Rohre mit NW 1.400 mm. Parallel hierzu wurden von der Abt. VK 63 Klebeversuche durchgeführt, um einen

geeigneten Kleber zu finden, welcher die auftretenden Spalte von max. 3 mm füllt. Sehr gute Ergebnisse wurden mit dem Kleber Agomet M, ein Erzeugnis der Fa. Degussa, erzielt. Man entschied sich für diesen Kleber, da er auch die anderen Bedingungen, wie z.B. die geforderte chemische Beständigkeit und leichte Verarbeitbarkeit bis zu Temperaturen von +5 ° C erfüllte. Bei Agomet M handelt es sich um einen kalthärtenden lösungsmittelfreien 2-Komponenten-Kleber auf der Basis Methacrylatharz, welcher ohne Preßdruck bei Raumtemperatur aushärtet. Die Topfzeit kann durch die Menge des Härterzusatzes variiert und damit den Arbeitsbedingungen angepasst werden.

3.3.2. Produktion der Rohre

Die Fertigung der Rohre erfolgte überwiegend im 3-Schicht-Rhythmus. Begonnen wurde mit der Teilfertigung von Rohren der NW 1.250 mm. Anschließend erfolgte die Teilfertigung von Rohren der NW 1.400 mm. Die Teilfertigungen waren erforderlich, damit von der Fa. Schankenberg frühzeitig mit den Formteilen begonnen werden konnte, da speziell die Fertigung der Formteile sehr viel Zeit in Anspruch nahm. Nachfolgend wurden die restlichen Rohre der NW 1.250 mm und 1.400 mm produziert. Insgesamt erstreckte sich die Fertigung mit Unterbrechungen auf einen Zeitraum von 2 Monaten. Die Rohre wurden in der Reihenfolge, wie von Fa. Lurgi angegeben, entsprechend der Montagefolge der Bauabschnitte gefertigt. Die Lieferung des PVC-Pulvers erfolgte durch die Aufbereitung des Abt. BGW-Produktion in 600 kg-Containern.

3.3.3. Produktionsdaten

Es folgt eine Auflistung von Produktionsdaten, so z.B. Extruderausstoß mit 160 – 170 kg/h und Extrusionsgeschwindigkeit von ca. 0,9 m/min.

3.3.4. Abtransport der Rohre

Die Rohre wurden in einer von Lurgi festgelegten Reihenfolge per Bundesbahn bei DN abgeholt. Die Rohre für die Formstücke wurden nach Wuppertal zur Fa. Schnakenberg, die Anderen direkt an die Baustelle zur Norddeutschen Affinerie bei Hamburg geliefert. Die Abberufung der Rohre erfolgte insgesamt in 11 Abschnitten, wobei durchschnittlich jeder Abschnitt 3 Waggons mit je 30 m Rohr zählte. Die Rohre mussten mangels einer ausreichenden Verladerrampe am Tor 1 an der Bushaltestelle verladen werden.

3.3.5. Aufgetretene Schwierigkeiten bei der Produktion

Schwierigkeiten traten sowohl auf der Materialseite als auch auf der Maschinenseite auf. Sie bestanden darin, dass

- a) eine Umstellung des Suspensionsmittels im PVC-Betrieb sich negativ auf die Profilform auswirkte. Die Umstellung wurde rückgängig gemacht, wodurch diese Störung behoben werden konnte.
- b) Die Fördereinrichtung, welche das PVC-Material dem Extruder zuführt, arbeitet nicht immer einwandfrei. Hier wurde Kontakt mit der Herstellerfirma aufgenommen.
- c) Die Schneckenkühlung des Kastermann-Extruders K 130-16 D befriedigte nicht. Die Ursache lag an den von Kastermann gelieferten Steckkupplungen mit Kunststoffventilen. Die Kunststoffventile wurden durch die hohe Öltemperatur zerstört. Von der Firma Kastermann wurden die Kupplungen kostenlos gegen solche aus VA-Ventilen ausgetauscht. Zur Kontrolle der Öltemperatur der Schnecken wurden in beiden Rückflußleitungen von TV Kontrollthermometer eingebaut.
- d) Um maßgenaue Rohre zu fertigen, mussten die Wickeldorne zusätzlich mit Luft gekühlt werden, um sie auf einer bestimmten Temperatur halten zu können.
- e) Erhebliche Schwierigkeiten traten bei der Lagerung der Rohre auf. Hier mussten zeitweise Parkplätze, Gehwege und Rasenflächen belegt werden.

3.4. Materialverbrauch

Einschließlich des Lagerauftrags von jeweils 20 m der NW 1.250 und 1.400 mm wurden 121,5 to PVC-Material verfahren.

Aufgegliedert auf die Fertigungsmonate wurden im Juli 8,5 to, im August 53 to und im September 60 to PVC-Material zu

Spiralrohren verarbeitet. Das Auftragsvolumen umfasste netto 101 to Material. Der Mehrverbrauch gliedert sich wie folgt auf: 11 to PVC durch Übergewicht der Rohre. 9,5 to PVC Ausschuß und Umlaufmaterial. Auf 121,5 to Brutto bezogen, betrug die Ausschußquote einschl. Umlaufmaterial im Mittel 7,8 %.

Entsprechend den Fertigungsmonaten aufgegliedert, betrug sie im Juli, bedingt durch das Einfahren, ca. 35 %, im August 7,5 % und im Sept. 4,2 %. Berücksichtigt man noch die Umstellung des Suspensionsmittels, so kann der Ausschuß insgesamt niedrig betrachtet werden, insbesondere, da es sich um ein neues Verfahren handelt.

Der relativ hohe Verlust durch Übergewicht der Rohre soll durch Änderungen am Werkzeug gesenkt werden. Die Änderungen konnten leider während der Produktion aus Termingründen nicht mehr durchgeführt werden. Die Kapazität der Anlage war mit 60

moto im Sept. noch nicht erschöpft. Die Grenze dürfte bei etwa 70 -90 moto liegen, je nach Wickelprofil.
Es folgt eine Angabe zu den Herstellkosten.

3.5. Einsatz von Regenerat

Vom Betrieb GBW-Produktion wurde zwischenzeitlich eine Zerkleinerungsmühle angeschafft, welche auch die Zerkleinerung der beim Spiralrohr anfallenden relativ großen Abfallstücke geeignet ist. Der angefallene Ausschuß wurde soweit wie möglich zerkleinert und für die Produktion von ca. 30 m Rohr der NW 1.400 mm wieder verwendet. Das Regenerat lässt sich gut wiederverarbeiten. Die aufgetretenen Schwierigkeiten beim Wechsel von PVC-Pulver auf Regenerat sind auf die an der K 130 montierte Stopfschnecke zurückzuführen, welche für das Granulat nicht geeignet ist. Eine bessere Stopfschnecke wird bei Kestermann bestellt. Durch den Einsatz des Regenrats kann die Ausschußquote noch erheblich reduziert werden.

4. Komplettierung der Wickelanlage

Auf der derzeit vorhandenen Anlage können nicht alle im Verkaufsprogramm enthaltenen Rohre gefertigt werden, weil die entsprechenden Werkzeuge fehlen. Von TV wurden die noch zu erwartenden Kosten für die Komplettierung ermittelt. Sie betragen einschließlich baulicher Änderungen an der Produktionshalle 300.000,-- DM. Die erforderliche Summe wurde bereits genehmigt, so dass mit der Komplettierung begonnen werden konnte. Sie soll bis ca. Mitte 1972 abgeschlossen sein.

5. Weiterentwicklung und Einsatzgebiete

Immer wieder treten an die Verkaufsabteilungen Kunden heran, welche Rohre großer Durchmesser, zum Teil große Mengen, für spezielle Einsatzgebiete wünschen. Nachstehend sollen einige der Kundenwünsche insbesondere hervorgehoben werden.

5.1. Rohre für Innendruck bis 10 atü

Um diese Bedingung zu erfüllen, müssten, um die erforderliche Wirtschaftlichkeit zu erreichen, die Rohre mit GFK umwickelt werden. Die jetzigen Profile mit verhältnismäßig hohen Stegen sind ungünstig. Es müssten flachere Wickelrohre entwickelt werden. Das PVC-Rohr sollte nur noch die Aufgabe eines Inliners übernehmen.

5.2. Leitfähige Rohre

Hier muß unterschieden werden zwischen Rohren, welche ganz aus einem leitfähigen Kunststoff bestehen und solchen, welche eine leitfähige Innenhaut besitzen. Der erste Fall kann bisher nicht verwirklicht werden. Für den zweiten Fall bieten sich eher Lösungen an, welche zu verwirklichen sind. Für viele Einsatzgebiete reichen bereits Rohre mit einer leitenden Innenschicht aus. Bedingt durch das Wickelverfahren ist es möglich, ein zweites leitfähiges Band (z.B. aus leitfähigem Weich-PVC-Ansatz mit Rußzusatz) mit auf die Trommel aufzuwickeln. Wie durchgeführte Versuche zeigten, verbindet sich unter Wärmeeinwirkung das Weich-PVC-Band fest mit dem Hart-PVC-Profilband. Es entsteht ein doppelschaliges Rohr mit einer leitfähigen Innenschicht und einer statisch tragenden Außenhaut.

5.3. Rohre aus Polypropylen und Polyäthylen

Wickelrohre aus Polyolefinen werden auf dem Markt bereits seit längerer Zeit angeboten. Die bekannten Wickelverfahren sind älter als unser verfahren, nur haben sie den Nachteil, dass die Wickeldornen die gleiche Länge haben müssen, wie die herzustellenden Rohre. Im Rahmen eines früheren Projektes durchgeführte Tastversuche zeigten, dass auch nach unserem Verfahren mit extrem kurzen Wickeldorn Rohre aus PE gewickelt werden können. Hier bedürfte es allerdings noch weiterer versuche, um das Verfahren produktionssicher zu machen. Es könnte insbesondere für den Lizenznehmer interessant sein, wenn auf den von uns angebotenen Anlagen Rohre aus verschiedenen Kunststoffen gewickelt werden können. Es gibt viele Fälle, in denen z.B. aufgrund der chemischen oder thermischen Forderungen ein PE- oder PP-Rohr nicht durch ein PVC-Rohr ersetzt werden kann.

5.4. Selbsttragender Abgaskamin

Selbsttragende Abgaskamine aus Kunststoff werden heute immer häufiger eingesetzt (s. Trovidur-Spiegel Nr. 9, Sept. 1971). Aufgrund ihres geringen Gewichts kann die Montage des Kamins aus relativ großen Segmenten am Boden in einer waagerechten erfolgen und der Kamin insgesamt anschließend aufgerichtet werden und an Ort und Stelle montiert werden. Bisher wurden solche Kamine aus Polyester mit einem Inliner aus PVC erstellt. Auch hierbei erhebt sich die Frage, ob nicht für viele Abgase komplette Kamine aus PVC, z.B. Trovidur-Spiralrohr, ausreichen. Vielleicht bietet sich innerhalb des Konzerns ein geeignetes Objekt

an, wo Erfahrungen in dieser Richtung gesammelt werden könnten.

5.5. Rohrbögen (Kniestücke)

Rohrbögen für Spiralrohre müssen aus Segmenten zusammengesetzt werden, wobei die einzelnen Segmente durch Kleben oder Schweißen miteinander verbunden werden. Diese Arbeit wurde bisher dem Verarbeiter überlassen. Laut Gesprächen mit den Verarbeitern ist es für diese nicht ganz einfach, Segmente aus Rohren, z.B. der NW 2.500, zu schneiden. Bestimmt kann hier eine wesentliche Erleichterung geboten werden, wenn die erforderlichen Segmente direkt von DN dem Verarbeiter angeboten werden könnten. Eine entsprechende Sägevorrichtung müsste sich sehr schnell amortisieren, da bei Lüftungsleitungen die Anzahl der Rohrbögen nicht gering ist.

6. Beurteilung

Wie bei allen Neuentwicklungen traten auch hier während der Produktion Schwierigkeiten auf. Diese sind, wie aus den vorhergehenden Aufstellungen zu ersehen, fast ausschließlich auf die noch nicht komplettierte Anlage zurückzuführen. Die Anlage wurde als Versuchsanlage gebaut und entsprechend eingesetzt. Hinzu kommt, dass Rohre der gefertigten Durchmesser bis zu 2.500 mm andere Voraussetzungen fordern, was Gebäude, Legerplatz und Transport anbetrifft, auf die man nicht vorbereitet war und auch nicht vorbereitet sein konnte, da es sich um eine Neuentwicklung handelt.

Vom eigentlichen Verfahren her traten während der Fertigung keine Schwierigkeiten auf. Insbesondere bei der Fertigung der ca. 900 m Lüftungsrohre für die Norddeutsche Affinerie zeigte sich, dass das Verfahren wenig störanfällig ist, wodurch der Ausschuß niedrig gehalten werden kann. Hinzu kommt der große Vorteil, dass angefallener „Ausschuß“ weitgehend als Regenerat wieder eingesetzt werden kann.

Gez. Alfter „