

# Versuchsanlage „Festbettreaktoren zur Biomethanisierung“ hier: Besonderheiten bei der Fertigung einzelner Teile

„Arbeitsproben“ aus dem Jahr 1985: „Mantelform für Blockflansche“ und „große Drehbank“

von Rolf Ahlers

## Vorspann

Vom Beginn der 1950er bis zum Beginn der 1970er Jahre hatte – gesamtwirtschaftlich gesehen – die Energie nicht die dominierende Rolle inne. Es gab genügend und auch der Preis hielt sich in Grenzen. Heizöl in Haushaltsmengen gab es längere Zeit für unter 10 Pfennig (≈ 5 Cent) pro Liter.

Nach dem Ölschock bzw. der Energiekrise gab es mehr und mehr Gedanken und Bemühungen, Biogas aus eigens erzeugter oder vorhandener Biomasse zu gewinnen und nutzbringend anzuwenden. Bei der Verwertung vorhandener Biomasse kam oftmals noch ein erwünschter bzw. notwendiger (Abwasser-)Reinigungseffekt hinzu.

Die „Gewinnung von Biogas“ – eine aufwendige Angelegenheit? Nun, sind die drei Bedingungen

arteigene Biologie, Wasser und Anaerobie

vorhanden, so lässt sich das Entstehen von Biogas nicht verhindern. Die Ausbeute hat bei Temperaturen um 35 °C (mesophil) bzw. um 55 °C (thermophil) optimale Werte. Bei Temperaturkonstanz verläuft der biologische Prozess sehr stabil.

Von belang ist die Biomassekonzentration. In vielen Fällen kann der Biogasreaktor (= Faulbehälter) als total durchmischtes System ausreichend sein für Anwuchs und Erhalt der Biologie. Ist die Biomassekonzentration gering, so ist eine vorherige Eindickung erforderlich oder aber eine Anreicherung/Rückhaltung der Biologie im Biogasreaktor. Diese kann geschehen durch im Biogasreaktor befindliche Einbauten (Füllkörper). Es handelt sich dann um einen Festbett(biogas)reaktor, die Biologie siedelt sich auf den Füllkörpern an. Ziele dieses Verfahrens sind, den biologischen Abbauprozess überhaupt stabil zu halten und auch eine n-fache Ausbeute zu erzielen.

Versuche mit der Biogaserzeugung aus Rinderflüssigmist – auch mit Silage als Zuschlagstoff – waren im Institut in unterschiedlich großen Versuchsanlagen erfolgreich.

## Fertigung einzelner Teile für die Versuchsanlage

Es galt nun, Biogas aus dünnflüssiger Schlempe (Reststoff aus der Ethanolherstellung) zu erzeugen. Dr. Peter Weiland (im folgenden PW) konzipierte dazu 1985 eine Versuchsanlage „Festbettreaktoren zur Biomethanisierung“ mit mehreren Reaktoren, um Vergleichsversuche parallel durchführen zu können. Es war bekannt: Schlanke Reaktoren – kleiner Durchmesser und große Höhe – begünstigen den biologischen Prozess.

Die Zeit drängte. Die Einzelteile der Anlage mussten konstruiert, gefertigt und montiert werden. Aber es war so, dass begonnen werden musste und auch bereits Teile fertig waren, ohne dass ein Gesamtplan erstellt war. Das Geschick bestand darin, voranzukommen aber

viele Freiheiten – auch spätere Umbauten – zu ermöglichen. Erschwerend kam hinzu, dass die Institutswerkstatt vornehmlich auf Metallbearbeitung (hauptsächlich Eisen und Stahl) ausgerichtet war, nun aber die versuchsmaterialbeaufschlagten Teile aus Kunststoffen oder VA-Metallen bestehen mussten, die Aggressivität der Schlempe erforderte diese Bauweise.

Die einzelnen Reaktoren bestanden aus Rohrschüssen, hergestellt aus PE (= Poly-Ethylen), von 1500 mm Höhe und 600 mm bzw. 900 mm Innendurchmesser (Wandstärke jeweils 10 mm), beidseitig Flansch mit vielen Schraubenlöchern. Abdichtung zum nächsten Rohrschuss sowie zum unteren und oberen Deckelelement durch O-Ring.

PW hatte in Hannover eine Firma für die Herstellung der Rohrschüsse ausfindig gemacht, Rolf Ahlers (im folgenden RA) musste zur Auftragsverhandlung mit, sah sich nebenbei die dortige Werkstatt an und stellte fest, dass die Fertigung „mehr handwerklich“ geschah. Bei der Auftragsverhandlung stellte sich heraus, dass die seitlich anzubringenden Blockflansche – 2 oder 3 Stück pro Rohrschuss, zum Anbau von Probenahmehänen und Messaufnehmern – nicht mit angeboten werden konnten. Die Firma konnte derartige Flansche nicht herstellen, anschweißen wollte man sie gern. Die schnellste und wahrscheinlich kostengünstigste Lösung war, die Flansche vom Institut beizustellen (= anzuliefern).

RA hatte nicht gleich die richtige Idee zur Herstellung dieser Blockflansche. Die Blockflansche an sich, aus PE, 140 mm Außen-Durchmesser, 50 mm Bohrung, 25 mm dick, 4 Stufenbohrungen (für Schraubenkopf/Schraube) auf Lochkreis, stellten keine Schwierigkeit dar, aber dann: Die rückseitige Ausnehmung (= konkave Fläche) zur Anpassung an die Mantelform (= Außendurchmesser) des Rohrschusses!

Einen Hersteller für die Blockflansche finden? Wie lange dauert das? Was kostet das? Also selber eine Herstellungsweise finden.

Lösungsansätze:

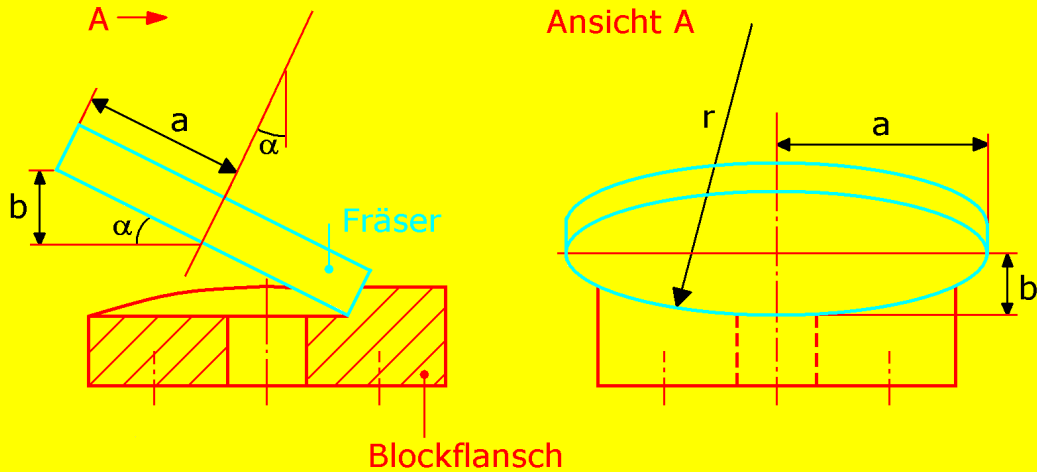
1. In der Institutswerkstatt eine polygonartige Vorrichtung bauen, mehrere Blockflansche innen anschrauben und dann bei Bühler/MIAG auf einer Karusseldrehbank ausdrehen lassen? – Nein, zu teuer.
2. Auf dem Pfeifer-Horizontal-Bohrwerk (im damaligen Institut für Betriebstechnik) mit den großen Radien 310 mm bzw. 460 mm ausschlagen. – Nein, dauert viel zu lange.
3. Auf dem Schnellhobler der Institutswerkstatt nach Anriss mit Handzustellung bearbeiten. – Nein, nicht praktikabel.

Nach diesen reiflichen und schnellen Überlegungen erinnerte sich RA an ein etwa 25 Jahre zurückliegendes, also um 1960 geschehenes Ereignis: Ein Mitarbeiter hatte an einer Vertikal-Fräsmaschine den Fräskopf nach einer Winkeleinstellung nicht in exakt senkrechte Stellung zurückgestellt. Die anschließend gefräste Fläche war „konkav“ statt „eben“. Erst bei der Kontrolle des Werkstückes fiel das auf.

„Wenn ich diesen Effekt nutze“, so der Gedanke von RA, „erhalte ich bei entsprechender Winkeleinstellung die gewünschte konkave Fläche?“ Wobei RA aber klar war, dass die so hergestellte konkave Fläche im Querschnitt nicht kreisbogenförmig, sondern elliptisch ist. Vielleicht lässt sich das „genügend genau“ annähern? Ausprobieren? Und was ist, wenn es nicht klappt? Also ausrechnen, wozu hat RA eine „mathematische Ader“? Also in der Werkstatt nachgeschaut, es gibt einen Scheibenfräser mit 200 mm Durchmesser. Auftrag an die Werkstatt: Macht schon mal die Fräsmaschine klar. Fräser einspannen, Schraubstock aufspannen, Probestück einspannen. „Und dann?“ kam als Frage. Aber da war RA bereits auf dem Weg ins Büro.

Schnell skizzierte RA und rechnete aus.

Blockflansche für Apparate, DIN 28117 Ausgabe 2012 - 12  
Ausführung D mit Mantelform hier: Herstellung der Mantelform



$r$  = großer Krümmungskreis der Ellipse

hier: Radius des Rohrschuss-Mantels

$$r_1 = 310 \text{ mm} \quad r_2 = 460 \text{ mm}$$

aus: Großes Handbuch der Mathematik. - Köln, 1967.

$$r = \frac{a^2}{b} \quad \text{mit: } \sin \alpha = \frac{b}{a} \quad \text{folgt:}$$

mit:  $a = 100 \text{ mm}$  (für den Blockflansch  $\varnothing 140 \text{ mm}$ )

$$\sin \alpha_1 = \frac{100}{310} \approx 0,32 \quad \alpha_1 = 18,8^\circ$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{100}{460} \approx 0,22 \quad \alpha_2 = 12,6^\circ$$

Abb. 1: Berechnung zur Winkeleinstellung des Fräasers, um die Mantelform der Blockflansche zu erzeugen.

Zurück in der Werkstatt gab RA die Winkeleinstellung an. Kopfschütteln und Schulterzucken um ihn herum. Aber nach dem Fräsdurchgang – siehe da – anhand einer vorhandenen Blechschablone konnten alle sehen: Es hat funktioniert und es passte! – „Wer kommt denn auf so etwas?“ war ein Kommentar.

Ein Probestück „Blockflansch“ wurde hergestellt und zur Firma in Hannover gesandt. Von dort kam das „in Ordnung“ und die Produktion der zahlreichen Blockflansche konnte beginnen.

Die in Hannover gefertigten Rohrschüsse waren inzwischen auch angeliefert, die Montage konnte beginnen. – Denkste!

Denn es kam eine Überraschung. RA sagte zu Herbert Buch (im folgenden HB), Meister in der Werkstatt: „Lass uns mal einen Rohrschuss auf die Richtplatte stellen. Ich möchte sehen, ob die Flanschflächen planeben sind.“ Bereits beim ersten Rohrschuss konnten HB und RA sich „unterdurch“ ins Gesicht sehen. Ein Spalt von etwa 2 bis 3 Millimetern war vorhanden. Für die Abdichtung durch einen O-Ring müssen die Flanschflächen aber planeben sein, denn der O-Ring hat lediglich 1 mm „Anzug“.

In Sekundenbruchteilen lief ein Szenario durch den Kopf von RA: Die Flanschflächen müssen planeben nachbearbeitet werden. Aber wie?

1. Bei der Firma in Hannover? Die kann das nicht.
2. Auf einer Karusseldrehbank bei Bühler/MIAG? Zu teuer, dauert zu lange. Die Zeit drängte.
3. Was tun? Eine eigene große Drehbank bauen! Aber wie? Die Schweißplatte (3 Tonnen = 3000 kg schwer, 2 Meter breit, 6 Meter lang, 0,4 Meter hoch) aus Doppel-T-Trägern könnte das Drehbankbett sein.

RA zu PW, um Bericht zu erstatten: „Die Flansche der Rohrschüsse sind nicht ...“ PW greift zum Telefon, will die Firma in Hannover anrufen. RA winkt ab und sagt: „Das müssen wir selber machen. Wir bauen eine Drehbank, um das zu erledigen. Die Schweißplatte nehmen wir als Maschinenbett.“

HB und RA machten sich daran, aus vorhandenen Teilen eine funktionsfähige Drehbank zu bauen. Als Antrieb fand sich ein Getriebemotor mit der Drehzahl  $n = 8/\text{min}$  an. (Der stammte von einer Entmistungsanlage der Versuchsstation.) Stecker und Schalter nahmen wir aus dem Bestand, angeschlossen, siehe da, der Motor lief. Der Unterbau für den Motor wurde aus Resten eines Kartoffelrodgers erstellt. Die Welle, 50 mm Durchmesser, stammte vom Silage-Press-Versuchsstand. Die Kupplung Motor/Welle fand sich an, in die Welle musste lediglich eine Passfedernut gefräst werden. Auf die Welle musste der Mitnehmer-Arm, auch der stammte vom Kartoffelroder. Die beiden Stützen für die Welle fanden sich auch noch an. Die beiden eigentlichen Lagerungen bestanden aus Buchenholzstücken mit einem dreieckigen Einschnitt. Den Rohrschuss befestigten wir mit zwei Schrauben am Mitnehmer-Arm in das andere Ende des Rohrschusses kam eine Scheibe (Spanplatte, im Durchmesser 10 mm kleiner als der Innendurchmesser des Rohrschusses, 16 mm dick, 50 mm Bohrung für die Welle), in den Spalt zwischen Scheibe und Rohrschuss kamen schlanke Holzkeile. Motor eingeschaltet, es drehte sich. Die Lager quietschten, etwas Öl als Schmierung genügte.

Nun benötigten wir noch den Support. Als Unterbau nahmen wir den Tisch des Raboma-Vertikal-Bohrwerkes (Baujahr 1936). Darauf kam ein flacher Schwalbenschwanz-Schieber mit Trapezgewinde-Spindel, stammte von irgendeiner Versuchsvorrichtung. Üblich wäre das Plandreihen des Flansches gewesen, das hätte aber recht lange gedauert. Deshalb verwirklichten wir eine andere Verfahrensweise. Ein Schleifapparat (mit Motor  $n = 3000/\text{min}$  und Übersetzung „ins Schnelle“ auf die Schleifspindel) war vorhanden. Er wurde im Bedarfsfall eingesetzt, um auf einer Drehbank ein rundes Werkstück zu schleifen. Nun montierten wir statt der Schleifscheibe einen Walzenstirnfräser (60 mm Durchmesser). Der Schleifapparat – mit dem Walzenstirnfräser bestückt – kam so auf den Schwalbenschwanz-Schieber, dass der Walzenstirnfräser in einem Schnitt die gesamte Breite des Flansches bearbeiten konnte, die Zustellung zwecks Spanabnahme erfolgte mittels der Trapezgewinde-

Spindel. Die Abstimmung der Drehzahlen passte, es ergab sich eine sauber bearbeitete Flanschfläche.

Die Verwirklichung der großen Drehbank – von Idee, über Konzeption, Konstruktion und Bau bis einschließlich Inbetriebnahme – hat doch einige Zeit in Anspruch genommen. Wir haben am ersten Tag nach dem Frühstück begonnen und waren zu Feierabend nicht fertig. Mit frohem Mut setzten wir die Arbeit am nächsten Morgen fort und zum Frühstück konnten wir die Einweihung feiern. Es hat funktioniert! – „Wer kommt denn auf so etwas, eine so große Drehbank zu bauen?“ war ein Kommentar.

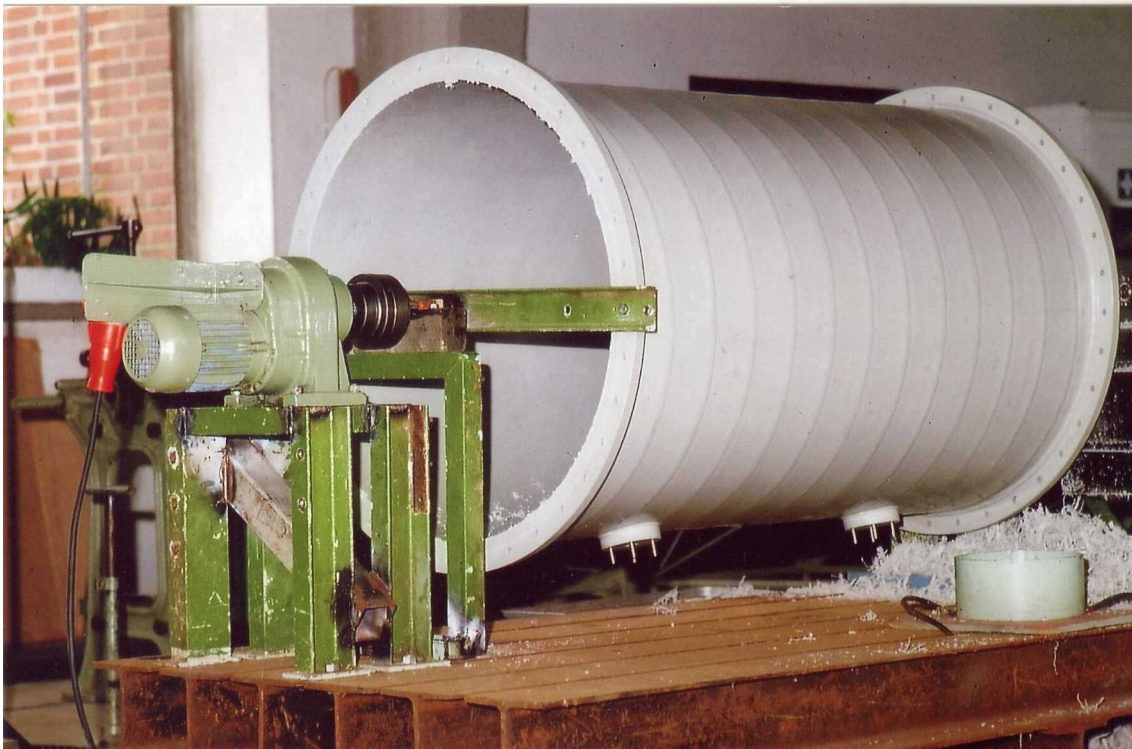


Abb. 2: Selbst gebaute Drehbank, Blick auf die Antriebsseite; ein Rohrschuss mit 900 mm Innendurchmesser wird bearbeitet, rechts (im Bild teilweise sichtbar) der Support mit dem fräserbestückten Schleifapparat. (Hinweis: Statt „Drehbank“ heißt es inzwischen „Drehmaschine“)

Die Nut für den O-Ring musste dann noch auf die erforderliche Tiefe nachgearbeitet werden. Das geschah relativ einfach mit einer handgeführten Oberfräse (aus der Tischlerei geliehen), eigens angebaute Führungen leiteten am Flansch entlang.

## Nachspann

Die wissenschaftlichen Fragestellung steht für alle Versuchsanlagen im Vordergrund. Die Technik der Versuchsanlagen muss oftmals sehr besonderen Ansprüchen genügen. Ein Punkt ist die genügende Variabilität – oftmals kann sie bei der Konzipierung der Versuchsanlage nicht abschließend abgeschätzt werden. Auch Werkstofffragen treten oftmals als erschwerende Bedingungen auf, eine andere Konstruktion kann mitunter Abhilfe schaffen. – Bei den in diesem Beitrag beschriebenen zwei Beispielen handelte es sich jedoch lediglich um Fertigungsaufgaben im ganz einfachen Maschinenbau.