

## Umbau und Erneuerung von bestehenden LDPE Anlagen.

### Wie gelingt die schwingungstechnische Absicherung bei unzuverlässiger Datenbasis?

Die Erhöhung der Kapazität oder die Verbesserung der Qualität von LDPE (Low Density Polyethylene) in bestehenden Produktionsanlagen hat in der Regel größere Umbaumaßnahmen zur Folge. Auch der Austausch einzelner Anlagenkomponenten nach Erreichen ihrer Lebensdauer, wie z.B. Zwischen- oder Nachkühler, kann das schwingungstechnische Verhalten der Anlage empfindlich stören. Veränderte Leitungslängen führen plötzlich zu hohen Rohrleitungsschwingungen, hervorgerufen durch Pulsationen im Inneren des Rohrleitungssystems. Verursacht werden diese hauptsächlich durch das Herzstück der Anlage, dem Höchstdruckkolbenverdichter (Hyperkompressor), der das Ethylen bis zu etwa 3000 bar komprimiert.

Deshalb wird im Rahmen der Planungsarbeiten zur schwingungstechnischen Absicherung in der Regel auch eine theoretische Pulsationsstudie durchgeführt. D.h. durch akustische und strukturmechanische Simulation wird die zu erwartende Pulsations- und Schwingungssituation für den Umbauzustand (Revamp) berechnet.

Gerade bei älteren Anlagen gibt es jedoch vielfach größere Unsicherheiten bezüglich der Eingangsdaten, die für die Modellbildung, Berechnung der Studie als auch die Bewertung der Ergebnisse erforderlich sind.

#### Nachfolgend sind einige Beispiele hierzu genannt:

- Technische Dokumentation zu den Kompressoren (Primary- und Secondary-Compressor bzw. Hyperkompressor)
- Schnittzeichnungen der Zylinder und Verdichterventile
- „As built“-Zustand des Rohrleitungssystems
- Verschmutzungszustand (z.B. Wachsablagerungen) innerhalb der Zylinder, Rohrleitungen etc.
- Welche Blenden sind an welcher Position eingebaut?
- Bei Parallelbetrieb von mehreren Verdichtern: Ändert sich die Phase der Kurbelwellenwinkel zwischen den Maschinen?
- Ist das Pulsationsniveau innerhalb des Leitungssystems im aktuellen Zustand bekannt, d.h. vor dem Umbau?

Zur Schließung der auftretenden Wissenslücken kann man sich jedoch einen Vorteil der Altanlagen zu Nutze machen: Es gibt sie bereits, sie sind schon Wirklichkeit!

Daher ist es möglich, das reale Verhalten beim Betrieb der Anlage zunächst im Zustand vor dem Umbau zu vermessen. Mit Hilfe der gemessenen Daten können die unsicheren Modell- und Berechnungsparameter angepasst und abgeglichen werden. Damit erhält man schließlich doch ein verlässliches Werkzeug, d.h. ein Computermodell, mit dem zuverlässige Vorhersagen zum schwingungstechnischen Verhalten für den umgebauten Zustand der Anlage gewonnen werden können. Insbesondere können notwendige akustische (Pulsationen) oder strukturmechanische Maßnahmen rechtzeitig in die Planung einbezogen und ausgearbeitet werden.

## MASCHINENDYNAMIK – PULSATIONSTUDIEN

Je nach Aufgabenstellung werden im ersten Schritt bei der messtechnischen Untersuchung die Pulsationen im Rohrleitungssystem im Niederdruckbereich (Primary Compressor) als auch im Hochdruckbereich (Zwischenstufe und Enddruck Secondary Compressor) gemessen. Für den Fall, dass in den Hochdruckleitungen keine entsprechenden Drucksensoren verfügbar sind, können die Pulsationsmessungen auch indirekt über eine von KÖTTER Consulting Engineers (KCE) abgestimmte Applikation von Dehnungsmessstreifen (DMS) vorgenommen werden. Der Verdichtungsprozess der Hyperverdichter (Zylinderinnendruck Secondary Compressor) kann ebenfalls über DMS, z.B. an den Dehnschrauben der Hochdruckzylinder, erfasst werden.

Bei der von KCE empfohlenen Vorgehensweise ergeben sich sechs grundlegende Arbeitsschritte (6-Punkte Ansatz):

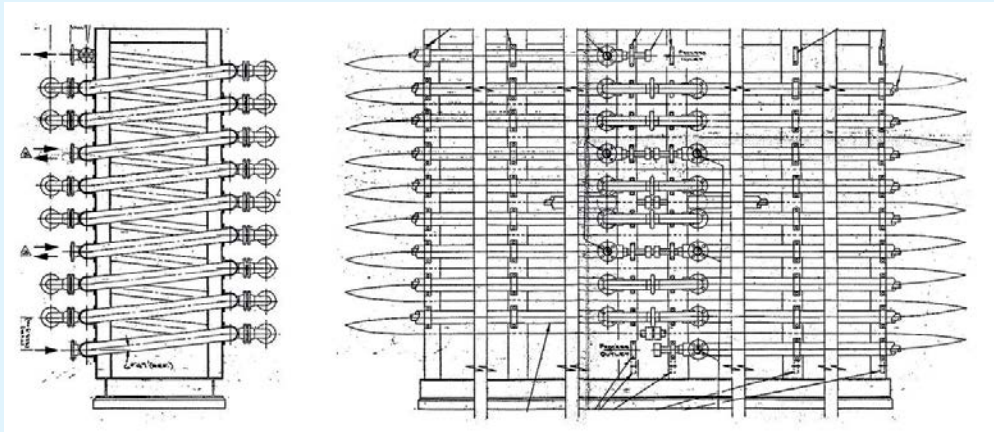
1. Messtechnische Bestandsaufnahme
2. Abstimmung des/der Modells/Parameter auf die Messergebnisse
3. Pulsationsberechnungen
4. Strukturmechanische Berechnungen
5. Minderungsmaßnahmen prüfen und auslegen
6. Kontrollmessung nach Wiederinbetriebnahme der Anlage

In der Vergangenheit hat sich das Vorgehen bereits mehrmals bewährt. Wie z.B. in einer LDPE-Anlage, in der an den Zwischenkühlern des Hyperverdichters häufig Lecks an den Wassermänteln aufgetreten sind. Der Betreiber beobachtete zum Teil starke mechanische Schwingungen in bestimmten Bereichen der Kühler. Als Ursache wurden überhöhte Pulsationen vermutet und es sollten Lösungen zu dieser Problematik mit Hilfe einer theoretischen Studie erarbeitet werden. KCE konnte den Betreiber überzeugen, zunächst eine messtechnische Bestandsaufnahme der Situation vor Ort vorzunehmen.

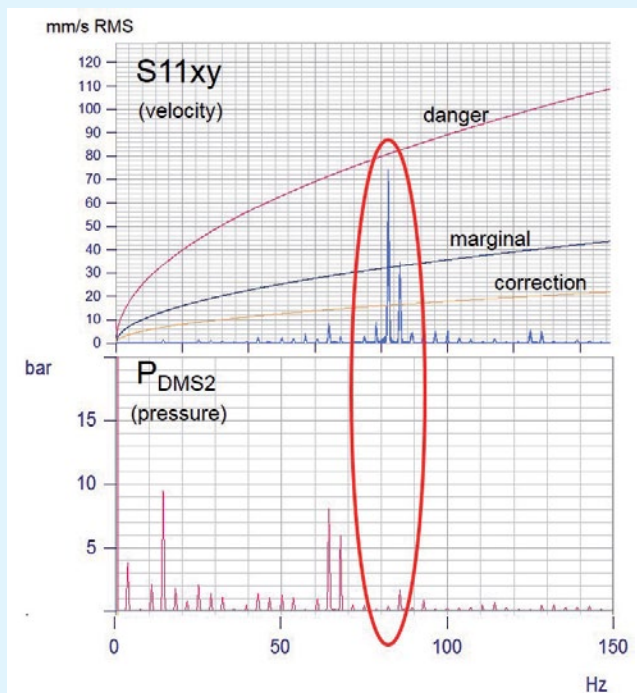
Als ein wesentliches Ergebnis der Messungen stellte sich heraus, dass die auffälligen Kühlerschwingungen nicht auf überhöhte Pulsationen im Bereich der Zwischenkühler zurückzuführen waren, s. Abb. 2. Vielmehr zeigte sich, dass lokale strukturmechanische Resonanzen am Kühler die Schäden an den Wassermänteln verursachten. Die kritischen Resonanzen waren im Wesentlichen auf Alterungserscheinungen der Kühlerstruktur zurückzuführen. Damit kam als Lösungsansatz entweder die Überarbeitung der vorhandenen Kühlerstruktur oder der komplette Austausch der Kühler in Frage. Der Betreiber entschloss sich letztendlich für den Austausch der Zwischenkühler. Für die neuen Kühler wurden dann entsprechend die pulsationstechnischen Auswirkungen als auch die strukturmechanischen Eigenschaften auf den gesamten Kühleraufbau im Rahmen einer Studie überprüft. Die Anlage läuft seit der Wiederinbetriebnahme nunmehr ohne schwingungstechnische Auffälligkeiten.

Das Beispiel zeigt, dass gerade bei bestehenden Anlagen eine Lösung gefunden werden kann, wenn individuelle Eigenschaften und Zusammenhänge jeder Anlage durch den ersten Schritt des beschriebenen 6-Punkte Ansatzes – der messtechnische Bestandsaufnahme – aufgedeckt werden.

MASCHINENDYNAMIK – PULSATIONSSTUDIEN



Schematischer Aufbau des Zwischenkühlers



Frequenzspektren der Messwerte, oben: Schwinggeschwindigkeit an einer Position auf der Rohrleitung des Zwischenkühlers, unten: Pulsation (dynamischer Druck) vor Austritt des Kühlers



**Kontakt:**

Dr.-Ing. Jan Steinhausen  
Telefon: +49 5971 9710-64  
j.steinhausen@koetter-consulting.com