



Angergraben 4
D-85250 Altomünster
Tel. +49-(0)8254 / 99 69 57
Fax +49-(0)8254 / 99 69 56

www.symbols-and-numbers.com
pe@symbols-and-numbers.com

Beratungsdienstleistung ENERGIE-EFFIZIENZ

Optimierung des Energieverbrauchs von Flüssigkeits-Pipelines

Ein Großteil der Betriebskosten beim Transport in Pipelines entfallen auf die benötigte elektrische Energie. Daher versteht es sich von selbst, dass von Zeit zu Zeit der Energieverbrauch unter die Lupe genommen werden muss.

Drängender wird dieses Thema natürlich im Zuge der Energiewende. Der Wegfall billig produzierender Kernkraftwerke bei gleichzeitigem Ausbau der erneuerbaren Energieerzeuger gekoppelt mit dem Erhalt von Reservekraftwerken lässt einen Strompreis erwarten, der mittelfristig deutlich ansteigt.

Es darf aber auch nicht vergessen werden, dass sich die Rahmenbedingungen mit der Zeit verändern. Bei ihrem Bau wurde die Pipeline für Liefermengen und ein Abnehmerverhalten konzipiert, wie sie damals absehbar waren. Heute, nach vielen Jahren, entspricht die Auslegung der Fernleitung häufig nicht mehr den aktuellen Erfordernissen. Eine Energiestudie macht auch deutlich, an welchen Stellen Anpassungen lohnen.

Symbols and Numbers verfügt über jahrelange Erfahrung in der Berechnung und Analyse physikalischer Zusammenhänge an Flüssigkeits-Pipelines. Die meisten Betriebssituationen können wir durch mathematische Modelle nachbilden und je nach Umfang des Problems mit Tabellenkalkulation, Computeralgebra oder Computersimulation durchrechnen. Insbesondere unsere Simulationsplattform PIEMONT gestattet uns realistische Rechnungen unter beliebigen Randbedingungen vorzunehmen.

Bezüglich des Themas Energie-Effizienz bieten wir Workshops und Studien an. Den genauen Ablauf und den Umfang unserer Dienstleistung stimmen wir natürlich individuell mit dem Kunden ab. Der typische Ablauf lässt sich in 4 Phasen unterteilen:

- Bestandsaufnahme
- Modellierung
- Abwägung
- Realisierung

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte in diesen 4 Phasen kurz erläutert.



1. BESTANDSAUFNAHME

Systemanalyse

Die Systemanalyse schafft zunächst ein Abbild von der Anlage, in dem sie eine Bestandsaufnahme der energetisch relevanten Komponenten macht, diese in einen topologischen Zusammenhang bringt und deren Eigenschaften in Form von Parametern und Kennlinien erfasst.

*Fließbild mit Rohren, Ventilen, Pumpen
Antriebe der Pumpen;
Kennlinien der Pumpen, Antriebe und
Regelventile*

Ergebnis der Systemanalyse ist ein mathematisches Modell der Anlage. Stellt man eine bestimmte Betriebs-situation ein, sollte es im Idealfall die gleichen Daten liefern wie sie auch an der Anlage zu beobachten sind.

Szenarienanalyse

Die Szenarienanalyse untersucht, welche Betriebssituationen typisch sind, also den größten Teil der Betriebszeit ausmachen. Insbesondere betrachtet sie, welche Mengen auf welchen Fließwegen transportiert werden.

Ergebnis dieser Analyse sind mehrere typische Lieferszenarien, bei denen man an einem günstigen Energieverbrauch besonders interessiert ist. Sie enthält aber auch Szenarien mit besonders ungünstigen Randbedingungen, die auch nach Änderungen an der Anlage noch zu bewältigen sind. Weiterhin kann diese Analyse Szenarien definieren, die zwar wünschenswert wären, aber im gegenwärtigen Zustand der Anlage nicht realisierbar sind.

*Lieferung Heizöl EL von Tanklager A
nach Tanklager B mit 1450 m³/h
bei -5°C*

Messtechnische Erfassung der Szenarien im IST-Zustand

Zu Zeiten, in denen Bedingungen vorliegen wie sie in den Szenarien beschrieben sind, werden gleichzeitig alle verfügbaren Messwerte erfasst. Dieses Messwerteprofil beschreibt den Zustand der Anlage während eines Szenarios.

2. MODELLIERUNG

Messdatenanalyse

Mit Hilfe des mathematischen Modells berechnet die Messdatenanalyse die Parameter der Anlage, die für den energetischen Verbrauch verantwortlich sind.

*Rohrrauigkeit im Abschnitt zwischen
Station A und B = 0,1 mm
Wirkungsgrad der Pumpe P2 = 78%*

Ist die Genauigkeit der Messungen ausreichend, zeigt das Ergebnis der Messdatenanalyse unmittelbar die Schwachstellen der Anlage auf. Andernfalls muss das mathematische Modell analysiert werden, das zuvor jedoch abgeglichen werden sollte.



Modellabgleich

Im Idealfall reproduziert das mathematische Modell exakt die Messergebnisse. In der Regel wird es jedoch Abweichungen geben. Die Gründe liegen einerseits in der Messungenauigkeit der verwendeten Sensoren sowie der Datenübertragung und andererseits in einer nicht perfekten mathematischen Modellierung.

Ein genauer Abgleich ist relativ aufwändig. Dennoch sollte darauf nicht verzichtet werden, denn er gibt Gewissheit, dass die gewählten Maßnahmen auch erfolgreich sein werden. Da bestimmte Konstellationen auf einer Pipeline-Anlage in ähnlicher Weise mehrfach auftreten (z.B. Drosseln nach Pumpen), kann ein Abgleich auch exemplarisch erfolgen.

Modellanalyse

Parallel und ergänzend liefert das (abgegliche) mathematische Modell Aussagen über Schwachstellen der Anlage. Anhand der vorhandenen Parameter und Kennlinien über Pipeline-Komponenten können deren Energieverluste berechnet werden.

*Verluste in Rohrbögen und T-Stücken:
0,3 bar*

3. ABWÄGUNG

Verbesserungsvorschläge

Verbesserungsvorschläge resultieren aus den lokalisierten Schwachstellen sowie neuen technischen Möglichkeiten und zielen darauf ab, Einsparungen für die gewählten Szenarien zu realisieren oder neue wünschenswerte Szenarien zu erschließen.

Ergebnis dieses Studienabschnitts ist eine Liste mit Verbesserungsvorschlägen, die zunächst weder bezüglich der Wirtschaftlichkeit noch bezüglich des Einsparungspotentials bewertet werden. Hintergrund dieser Überlegung ist, dass sowohl die Durchführbarkeit als auch das Einsparungspotential in erheblichem Maße davon abhängt, welche Maßnahmen miteinander gebündelt werden.

*Ausstattung der Pumpe P4 mit
Drehzahlregelung,
Ausbau der Drossel RV4*

*Ersatz des Regelventils RV7 durch ein
Ventil mit höherem Kv100*

Durchführbarkeit und Einsparungspotential

Bei der Prüfung der Durchführbarkeit wird festgestellt, welche Änderungen in Kombination durchgeführt werden müssen, damit die Anlage auch weiterhin bei unterschiedlichen Randbedingungen sicher betrieben werden kann.

Die hierzu erforderliche hydraulische Simulation liefert gleichzeitig auch den Energiebedarf, der bei veränderter Ausrüstung der Pipeline benötigt wird.

Für jedes Szenario liefert die hierzu erforderliche hydraulische Simulation auch den Energiebedarf, der bei veränderter Ausrüstung der Pipeline benötigt wird.

*Energieverlust Regelventil RV5:
vorher: 75 kW nachher: 40kW*

*Leistungsaufnahme Pumpe P3:
vorher: 680 kW nachher: 550 kW*



Wirtschaftliche Erwägungen

Es erfolgt eine Abschätzung der Kosten für die gemachten Verbesserungsvorschläge. Diese werden in Beziehung gesetzt zu dem ermittelten Einsparpotential.

Das so festgestellte Kosten-Nutzen-Verhältnis liefert eine Rangordnung der vorliegenden Vorschläge. Die Rentabilität größerer Investitionen wird anhand einer kleinen Finanzsimulation geprüft. Hierzu wird die zukünftige Entwicklung des Strompreises und des Kreditzinssatzes fiktiv angesetzt. Auf diese Weise lässt sich die Zeitdauer bis zur Amortisation ermitteln.

Entscheidung

Auf diesen Grundlagen kann nun entschieden werden, welche der untersuchten Maßnahmen umgesetzt werden sollen.

4. REALISIERUNG

Lieferantenauswahl

Es wird ein Lieferant gesucht und ausgewählt, der die notwendigen Anforderungen erfüllen kann.

Umsetzung der Maßnahmen

Die beschlossenen Maßnahmen werden durch Umbauten realisiert.

Verifizierung der Maßnahmen

Abschließend wird messtechnisch untersucht, inwieweit die durchgeführten Maßnahmen den erwarteten Erfolg gebracht haben. Fällt die Prüfung positiv aus, bietet es sich an, ähnliche Maßnahmen an vergleichbaren Stellen der Pipeline durchzuführen.