

Schlussbericht, 26. April 2018

Pinch-Analyse

Schweizer Zucker AG Werk Frauenfeld

Mit Unterstützung von



Diese Studie wurde mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern

Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

1. Zusammenfassung

Die Schweizer Zucker AG in Frauenfeld ist eines von zwei Schweizer Werken und stellt jährlich je nach Ernte rund 100'000 bis 150'000 Tonnen Gesamtzucker ausgehend von ca. 650'000 bis 980'000 Tonnen Zuckerrüben her. Insgesamt beträgt der aktuelle Jahresverbrauch gegen 20'000 MWh Strom (inkl. Eigenerzeugung) und 145'000 MWh Erdgas (125-175 GWh/a) sowie Heizöl und Koks. Das Werk arbeitet im Kampagnenbetrieb (jeweils nach der Ernte im Herbst) während ca. 2'000 Betriebsstunden. In der Kampagne herrscht eine Netto-Strom-Eigenversorgung dank eigener Dampfturbine. Ausserhalb der Kampagne ist der Energiebedarf gering. Heute besteht ein Hochtemperaturtrockner für die Schnitzel, der jedoch voraussichtlich durch einen Niedertemperaturtrockner (NTT) ersetzt wird. Auf dem Gelände ist zudem eine Holzvergasungsanlage mit Blockheizkraftwerk vorgesehen, dessen Kühlwasserabwärme (90/70°C) im Zuckerprozess genutzt werden könnte.

Für die Optimierung lag der Schwerpunkt bei der Reduktion des Erdgasverbrauches. Dazu wurde der Zuckerprozess, die Energieversorgung mit Dampfkesseln und Dampfturbine und die nachgelagerte Schnitzeltrocknung detailliert analysiert. Die Zuckerfabrik wollte wissen, wie hoch das bestehende Einsparpotential noch ist. Die daraufhin festgestellte Wärmerückgewinnungsrate von etwa 90% definierte das entsprechende Einsparziel. Allerdings wurde die Quantifizierung der Wärmerückgewinnungsrate erst dank der Pinch-Analyse überhaupt möglich.

Sie ergab ein jährliches Einsparpotenzial von 8'600 MWh/a an Erdgas. Damit lassen sich die Energiekosten um rund 420'000 CHF/a reduzieren bei einer Payback-Zeit von 7.7 Jahren. Das vorgeschlagene, wirtschaftlich optimierte Paket kommt auf jährliche Einsparungen von 225'000 CHF bei einer Payback-Zeit von gut 5 Jahren.

2. Durchgeführte Arbeiten

Folgende Prozessschritte wurden durchgeführt:

- Analyse des Zuckerprozesses inkl. Aufheizprozess, Vor- und Hauptkalkung, Eindampfanlage (6-stufig), Kochprozess und Trocknungsanlage der Schnitzel
- Simulation und Optimierung der Eindampfanlage (im Speziellen der Brüdenabnahmen aus den Eindampfstufen, Ersatz von hochwertigen durch niederwertige Brüden resp. durch externe Abwärme, Optimierung des Kondensatsystems)
- Prüfung thermische Brüdenkompression
- Überprüfung der bereits bestehenden Massnahmenansätze
- Prüfung des Niedertemperaturtrockners (NTT) auf vollständige Versorgung aus Abwärme
- Prüfung der Integration von externen Wärmelieferanten wie z.B. Motorenabwärme aus BHKW der Holzvergasung
- Dimensionierung der Wärmetauscher basierend auf Erfahrungswerten und Offerten
- Prüfung der technischen Machbarkeit und Berechnung von Einsparung, Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit jeder Massnahme
- Bildung von Massnahmenpaketen und Empfehlungen

3. Resultate, vorgeschlagene Massnahmen

Die wichtigsten Einzelmassnahmen (Nr. H, 1-4) sind nachfolgend dargestellt:

- Abwärmennutzung des Blockheizkraftwerkes des Holzvergasers bei Kühlwassertemperaturen von 90/70°C als Basismassnahme (H)

- Optimierung der Dicksaftvorwärmung des Zuckersafts im Aufheizprozess ab etwa 104°C vor der Eindampfanlage mittels diverser Brüdenabwärmern bei 111-121°C (1)
- Optimierung der Kaskadenvorwärmung im Bereich Vorkalkung 60-85°C mit Kondensatabwärmern und Brüden bei 96°C (2)
- Optimierung der Vorwärmung bei der Schlammsedimentation mit Brüden bei 96°C (3)
- Optimierung der Dünnsaftvorwärmung des Zuckersafts im Aufheizprozess ab etwa 90°C vor der Eindampfanlage mittels diverser Kondensatabwärmern bei 105°C (4)

Jede dieser Einzelmassnahmen bewirkt Einsparungen von 50'000-150'000 CHF/a. Daraus wurden die Pakete "Basis" (alle Einzelmassnahmen) sowie "Relax", wirtschaftlich optimiert, geschnürt (gemäss folgender Tabelle).

Zusammenfassung der Massnahmen

Paketübersicht (verglichen mit Stand 2016)	Paket H + 1 bis 4 "Basis"	Paket H, 2, 3 "Relax H, 2, 3"	Paket H, 2, 3, 4 "Relax H, 2, 3, 4"	Paket 2, 4 "Relax 2, 4"
Sanierungskosten* [CHF]	3'200'000	1'000'000	1'688'000	1'138'000
davon Wärmeübertrager* [CHF]	800'000	259'500	431'000	284'000
Betriebskosteneinsparung [CHF/a]	418'000	146'000	269'000	225'000
Abdampfeinsparung [t/h]**	7.0***	2.5	4.5	3.8
Payback ohne Kapitalkosten (Sanierung) [a]	7.7	6.8	6.3	5.1
Net Present Value 20 a [CHF]	2'009'000	819'000	1'664'000	1'666'000

* Genauigkeit: +/- 20%

** Inklusive noch nicht realisiertes Projekt Anwärmung Vorkalkungssaft

*** Inklusive teilrealisiertes Projekt Dicksaftvorwärmung

Die obgenannte Basisvariante mit Kopplung des Zuckerprozesses mit der benachbarten Holzvergaser-Anlage beinhaltet Dampfeinsparungen von ca. 7.0 t/h entsprechend 420'000 CHF/a bei Investitionen von max. 3.2 Mio. CHF. Die daraus abgeleiteten "Relax"-Pakete mit reduziertem Umfang zeigen eine wesentlich verbesserte Wirtschaftlichkeit wie z.B. bei

- "Relax 2, 4" mit optimierter Anwärmung des Vorkalkungssaftes sowie optimierter Dünnsaftanwärmung jedoch ohne Holzvergaser mit Betriebskosteneinsparungen von 225'000 CHF/a bei Investitionen von ca. 1.15 Mio. CHF (Payback 5.1 a, Net Present Value (NPV) 1.7 Mio.). Notabene hat das Paket praktisch den gleichen NPV wie das nächst grössere Paket und ist daher zu bevorzugen. Grundsätzlich gilt hier je kleiner resp. angepasster die Pakete, desto besser die Wirtschaftlichkeit.

Zudem wurde eine Alternativvariante geprüft, welche Kochbrüden mittels thermischer Brüdenverdichtung aufwertete. Die Variante hätte noch leicht höhere Einsparungen als die Basisvariante erzielt bei jedoch wesentlich höheren Investitionen, da viel mehr an den Anlagen hätte geändert werden müssen. Daher wurde die Alternativvariante nicht weiterverfolgt.

Fazit der Pinch-Analyse

Mit Hilfe der Pinch-Analyse konnte das Restpotenzial ausfindig gemacht werden, das wie sich zeigte, im höheren einstelligen Prozentbereich liegt. Zu Beginn der Analyse waren Einsparmassnahmen vorgesehen, die in der Zwischenzeit zum Teil bereits realisiert wurden. Sie wurden mit der Pinch-Methode überprüft und als Pinch kompatibel freigegeben. Die in der Analyse gefundenen Massnahmen erschliessen das Restpotenzial. Bei Sanierungsprojekten (im Gegensatz zu Neubauten) ist immer auch der Grad an Änderungen entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. Daher sind wärmetechnisch bereits sehr hoch integrierte Anlagen benachteiligt. Vor diesem Hintergrund ist der Payback von 5 Jahren als gut einzustufen.