

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 97 (1979)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Modernes Energiekonzept in einer Kartonfabrik  
**Autor:** Haltiner, Ernst  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85416>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Modernes Energiekonzept in einer Kartonfabrik

Von Ernst Haltiner, Zürich

**Zur Produktion von Papier und Wellkarton ist eine lückenlose und gesicherte Versorgung mit Energie und Rohstoffen notwendig. Als Hauptenergiequelle kommen Wasser (Turbinen), Elektrizität, Öl und Erdgas sowie Dampf in Frage. Zur Herstellung von einem Kilo Karton werden zum Beispiel rund 75 Liter Wasser im Kreislauf benötigt. Entsprechend grosse Energiemengen werden in Form von Dampf verwendet, um einen Teil dieses Wassers im Trocknungsprozess aus dem Fertigprodukt wieder zu entfernen (für 1 Kilogramm Karton ca. 2,5 Kilogramm Dampf). Es ist in der heutigen Zeit nicht nur aus wirtschaftlichen sondern auch aus umweltpolitischen Gründen eine absolute Forderung, dass Energieversorgungseinrichtungen einer Kartonfabrik möglichst optimal und betriebssicher ausgelegt werden. Abhängigkeiten von einem einzigen Energieträger sind zu vermeiden. Aus diesen Überlegungen heraus entschloss sich die Kartonage-Fabrik Model AG, Weinfelden, ihre Dampfkesselanlage zu überprüfen und zweckmäßig zu modernisieren.**

## Bestehende Kesselanlage

Die Model Verpackungen AG sicherten die Wärmeenergieversorgung bis anhin über *drei Dampfkesselleinheiten* (siehe Prinzipschema).

- 1. Sulzer-Strahlungskessel 8/10 t Dampf je Stunde, 36 bar bei 425 °C
- 2. Sulzer-Strahlungskessel 16/20 t Dampf je Stunde, 36 bar bei 425 °C
- 3. Weber-Kessel 10 t Dampf je Stunde, 12 bar bei 195 °C

Der Kessel 1 wurde bis jetzt mit Schweröl oder Kohle gefeuert, Kessel 2 und 3 mit Schweröl. Bei der Entspannung des Hochdruckdampfes wird eine Sulzer-Gegendruck-Entnahmedampfturbine von max. 850 kW Leistung verwendet, die einen Entnahmedampf von 12 bar 195 °C und 2,5 bar 138 °C Gegendruck liefert. Dieser Dampf wird über eine Dampfzwischenspeicherung dem Fabrikationsprozess zugeleitet.

## Modernisieren, Energie einsparen

Bei der Planung für die Sanierung der Kesselanlage musste folgende Forderung berücksichtigt werden:

- Übergang zu teilgewartetem Betrieb der Kesselanlage (neue Steuerung, Sicherheitsanlagen);
- Diversifizierung der Energiequelle durch Einführung von Zweistoffneuerung Erdgas/Schweröl, vorerst auf Kessel 2 (später Kessel 3 vorgesehen) mit Vorrang auf Erdgasbetrieb;
- Anpassung der Nebenanlagen an die

neuen Brenner, um eine optimale Regulierung und Energieausnutzung zu erreichen.

## Einführung von Erdgas

Es galt vorerst, die *Hochdruck-Erdgaszuleitung* für einen Endausbau der Anschlussleistung von 20 Gcal je Stunde zu planen, bestehend

- aus ca. 1,5 km Zuleitungen DN-100-mm-GFK-Rohr PN 5 bar Erdgas H,
- aus einer Übernahmeregel - und Messstation zur Reduktion des Erdgasdruckes von 5 bar auf 1 bar, Anspeisung des fabrikinternen Gasnetzes, Durchsatz 2000 m<sup>3</sup> je Stunde,
- aus einer internen Gasverteilstation mit Einzelmessung für die zwei Kesselleinheiten,
- aus der internen Gasverteilung, die aus rostfreiem Stahl geschweisst mit DN 150 geplant und ausgeführt wurde.

Bei der Planung der *Erdgaslieferanlage* wurde auf höchste Sicherheit in Auslegung und Montage geachtet. Durch entsprechend sorgfältige Ausführung von Leitungen und Regleranlagen wurde die Montage von Gaswarnanlagen überflüssig.

Die ausserhalb des Fabrikareals befindliche *Druckregulierstation* ist mit einer ab Betriebsfeuerwehrzentrale aus elektrisch auslösbarer Notabsperrung versehen, so dass bei Unfällen oder Brandfällen im Industriearreal unverzüglich die Erdgaszufuhr unterbrochen werden kann.

## Erdgas konkurrenzfähig?

Die Belieferung eines solch grossen Industriekomplexes ist zu konkurrenzfähigen Erdgaspreisen nur in *unterbrechbarem Vertragsverhältnis* möglich. Die Gasversorgung sieht die Vollversorgung ausserhalb der Wintermonate vor, dazwischen nur bei entsprechender Disponibilität, ohne dass die festgelegte Tagesverbrauchsmenge des Gaslieferwerkes überschritten wird.

Ein solches Lieferverhältnis erheischt ein gründlich ausgearbeitetes, langjähriges Vertragswerk zwischen Abnehmer und Gasverbundsgesellschaft, in dem die Liefermodalitäten, Preiskonditionen, Erstellungskostenbeteiligung klar und fair geregelt sind. Die *vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnung zwischen Erdgas und Schweröl* stellt eine äusserst anspruchsvolle Aufgabe dar, sind doch nicht nur die Energiekosten, sondern auch die Anlagekosten, die Energieumwandlungskosten, die Unterhaltskosten, verbesserte Versorgungssicherheit, vorausgenommene Erfüllung der Emissionsvorschriften usw. einzubeziehen.

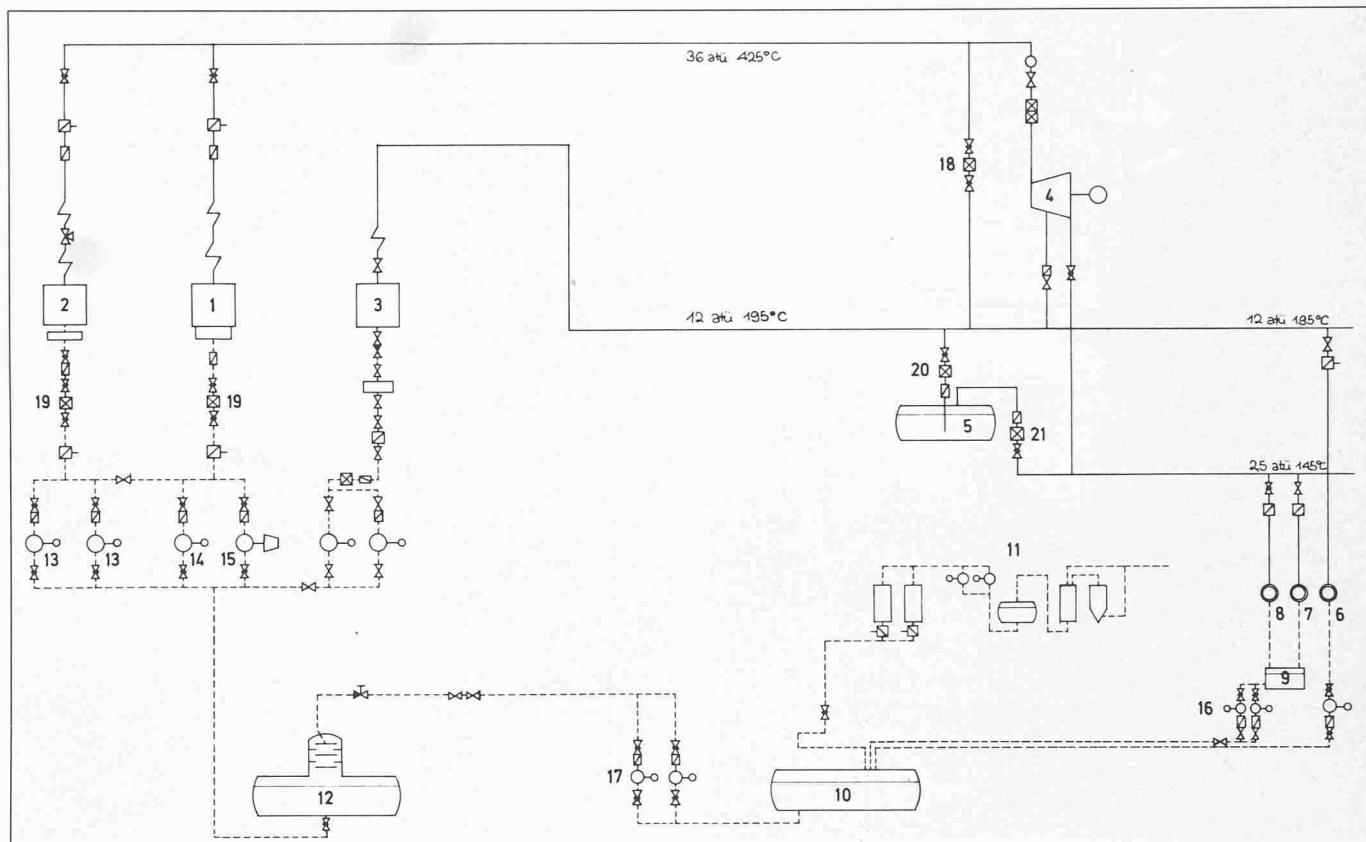
Verhandlungen über solche Energielieferverträge können sich oft über mehrere Jahre hinwegziehen. Im vorliegenden Falle galt es einen Jahresverbrauch von ca. 8000 t Schweröl zu ca. 70 Prozent durch Erdgas zu ersetzen. Die Firma Model wurde durch den Abschluss des Liefervertrages über diese Menge von ca. 6 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas zum grössten Bezüger innerhalb des Gasverbundes Ostschweiz.

## Mehrstofffeuerungsanlage Erdgas/Schweröl

Die *Umstellung der Feuerung von Schweröl auf Mehrstoffbrenner* verlangt eine gründliche Abklärung und Zusammenarbeit zwischen Brennerlieferant, Kesselbauer und Überwachungsbehörde. Bei tadelloser Vorbereitung und Abklärung der Ziele ist es möglich, innert kurzer Zeit ein Gesamtkonzept auszuarbeiten, wobei mit Vorteil eine fachlich ausgewiesene Industriebrennerfirma die Federführung mit entsprechenden Garantien übernimmt.

## Keine Umbauprobleme an Kessel

Im vorliegenden Falle musste die Brennerplatte des Sulzer-Kessels vollständig ersetzt werden. Die Einführung des teilgewarteten Betriebes erforderte die Montage erweiterter Sicherheitseinrichtungen. Die gesamte elektrische Steuerung und Regulierung des Kessels und der neuen Brenner führte zur Neuanlage der entsprechenden Schaltschränke. Alle vorerwähnten Arbeiten wurden durch die Brennerfirma (in Zusammenarbeit mit dem Kessellieferanten) mitgeplant und ausgeführt.



## AnlagenSchema

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 1 Strahlungskessel 8/10t/h, 41 atü, 425°C, $p_{ü} = 36$ atü  | 8 Heizung div. Apparate und Direkt-Dampfverbraucher | 15 Speisewasser-Turbopumpe 16 t/h          |
| 2 Strahlungskessel 16/20t/h, 41 atü, 425°C, $p_{ü} = 36$ atü | 9 Kondensatreservoir 3,5 m³ Rohrkanal               | 16 Kondensat-Rückförderpumpen je 5 t/h     |
| 3 Weber-Kessel 3,6t/h, 30 atü, 310°C, $p_{ü} = 27$ atü       | 10 Kondensatreservoir 15 m³ Kesselhaus              | 17 Kondensatpumpen im Kesselhaus je 15 t/h |
| 4 Entnahme-Gegendruck-Turbogenerator 820 kW                  | 11 Wasseraufbereitung 4 m³/h                        | 18 Druckreduzierventil 36/12 atü           |
| 5 Dampfspeicher, 25 m³, 12/2,5 atü                           | 12 Speisewasserbehälter 15 m³                       | 19 Speiseregelventile                      |
| 6 Wellkartonmaschine   | 13 Speisewasser-Elektropumpen 24 t/h                | 20 Speicher-Ladeventil                     |
| 7 Kartonmaschine   | 14 Speisewasser-Elektropumpen 12 t/h                | 21 Speicher-Entladeventil                  |

## Mehrstoffbrenner

Die Entwicklung von Brennern macht es dank grossen Fortschritten möglich, heute Aggregate anzubieten, die Öl oder Gas unterschiedlicher Qualität wirtschaftlich verbrennen können. Dabei ist es unerlässlich, alle geltenden Vorschriften über Emissionen, aber auch eine optimale Regulierbarkeit des Brenners einzuhalten.

Bei der Model AG wurden nach langen sorgfältigen Abklärungen die Verwendung von 2 Elco-Öl-Gas-Brenner, Typ EKLG 2,700 RP mit einer totalen Leistung von 14,7 Gcal/h für den Kessel 2 beschlossen.

Die Brenner können einzeln betrieben werden. Dadurch ergibt sich gemeinsam mit der Regulierbarkeit von ca. 1:5 Öl sowie 1:7 Gas eine sehr feine, genaue Anpassung der momentanen Brennerleistung an den jeweiligen Bedarf.

Die Umstellung der Brennstoffe erfolgt teilweise ferngesteuert ab Überwachungstableau innert kürzester Zeit. Die Nebenanlagen mussten der neuen Betriebsweise angepasst bzw. ersetzt werden. Das Prinzipschema zeigt den Aufbau einer Zweistoffbrenneranlage Schweröl/Erdgas für Industriefeuerung. Gegenüber der alten Anlage wurden insbesondere ersetzt:

- die Brennerpumpengruppe, Leistung  $2 \times 4500$  l/Std.

- und das Verbrennungsluftgebläse, Leistung  $2 \times 10\,000$  m³/Std., Motorenleistung 23 kW

Die erdgasseitige Brennerausrüstung verlangt eine entsprechende Gassteuer- und Regelgruppe, ausgerüstet mit Motorventilen, Gasdruckreglern (Gasdruck am Brenner ca. 0,15 bar), Gasdruckwächter sowie Gasfiltern.

## Garantien

Brennlieferaufträge dieses Ausmasses müssen mit entsprechenden Lieferbedingungen ergänzt werden, die für beide Brennstoffseiten gelten. Vor allem sind

- Luftüberschusszahlen (bei Teil- und Vollast),
- Russzahlen nach Bacharach,
- CO-Gehalt (0,01% Volumen) festzuhalten.

## Brennerregulierung

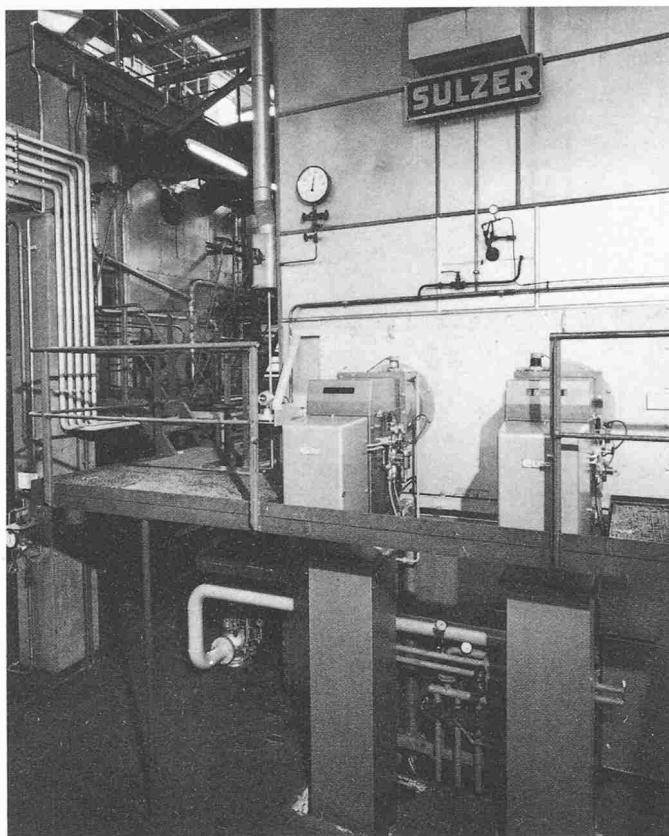
Hochentwickelte Brennersysteme wie Elco-Eklg 2,700 verfügen über ausgelügte Reguliereinrichtungen, die eine hohe Reguliergenauigkeit sowie das Wahren eines weiten Regelverhältnisses erlauben. Der Brenner verfügt auf der Ölseite über ein Rücklaufdüsen-

system, kontrolliert durch einen Mengenregler, der eine optimale Dosierung ermöglicht.

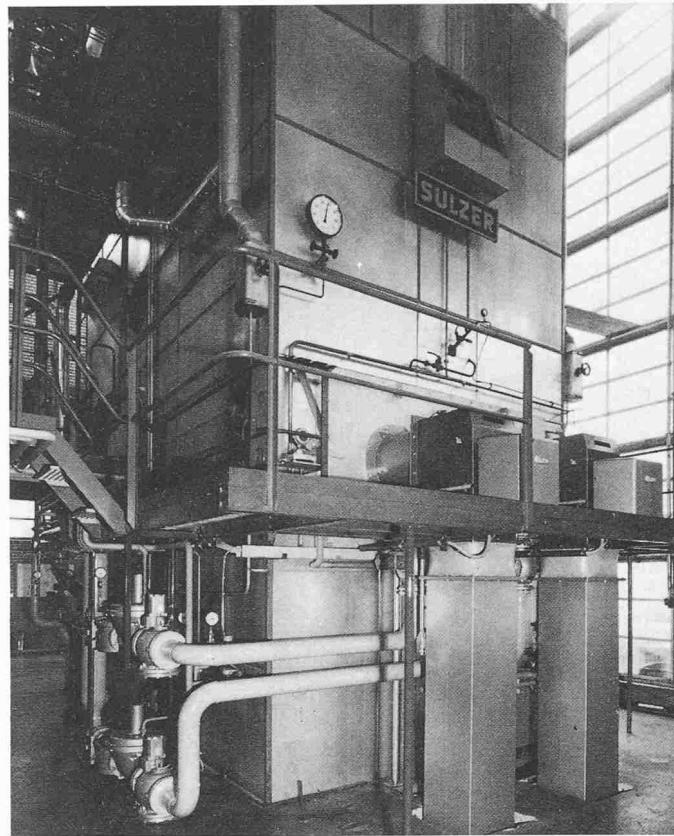
Die Gasleistungsregulierung erfolgt über neu entwickelte Linearklappen. Eine neuartige Verbundregelung arbeitet als eine Art Funktionsgenerator, dessen Kurvenform den Bedürfnissen der Brenneranlage angepasst wird. Diese Regelanlage ermöglicht, den jeweils erforderlichen Luftbedarf automatisch optimal zu vergleichen.

## Umbauarbeiten und Inbetriebsetzung

Die vorgeschriebene Anlage für «Kessel 2» wurde nach gründlicher Vorbehandlung innert zwei Wochen vollständig umgebaut (Demontage, Neumontage). Nach kurzer Regulierphase konnte die Anlage auf Erdgasbetrieb im Januar 1978 eingeschaltet werden. Im Verlaufe der folgenden Wochen und Monate wurden die beiden Seiten Schweröl und Erdgas feinreguliert, wobei praktisch keine nennenswerten Schwierigkeiten auftraten. Es muss allerdings gesagt werden, dass die Einregulierung einer solchen komplexen Industriefeuerungsanlage ein Fachwissen und Fachkom-



Ansicht der Kessel- und Brennereinheiten



petenz verlangt, die nicht alltäglich ist. Nicht voraussehbar sind Vibrations-Resonanzerscheinungen, die durch Anpassung des Brenners an Ort und Stelle an die Kessel- und Kaminanlage behoben werden können.

Der freie Sauerstoffgehalt in den Abgasen ergibt ein Mass für den Luftüberschuss. Dieser Luftüberschuss ist aus Wirkungsgradgründen so klein als möglich zu halten, jedoch so, dass eine möglichst vollkommene Verbrennung erreicht wird.

#### Feuerungstechnischer Wirkungsgrad

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad lässt sich wie folgt berechnen:

$$\eta = 100 - \frac{C}{CO_2} (t_R - t_L) \text{ (nach Siegert)}$$

C = 0,57 Öl

0,47 Erdgas

t<sub>R</sub> = Randgasttemperatur °K

t<sub>L</sub> = Raumtemperatur °K

Der Abnahmeversuch ergab einen feuerungstechnischen Wirkungsgrad von 94 bis 95% für Öl und Erdgas.

#### Verluste durch gebundene Wärme und Strahlung

Die Grösse der Strahlungsverluste ist von der Kesselkonstruktion abhängig und liegt im allgemeinen zwischen 0,5–3% der Nennleistung des Kessels. Die Verluste durch gebundene Wärme (X<sub>b</sub>), d. h. infolge unvollständiger Verbrennung, können wie folgt berechnet werden:

$$X_b = \frac{48 \cdot CO}{CO_2 + CO} = \% \text{ (Heizöl)}$$

oder

#### Betriebsresultate

Obwohl die neue Zweistofffeuerungsanlage erst seit wenigen Monaten in Betrieb steht, kann von einem vollen Erfolg in bezug auf die Einhaltung der Garantiewerte gesprochen werden.

#### Erdgasbetrieb

Die Abnahmemessung erstreckte sich auf einen Lastbereich von ca. 14% bis 100% Vollast, dabei ergaben sich folgende Werte

Abgas-CO kleiner als 0,01% Volumen

Abgas-O<sub>2</sub> ca. 1,7% Vol. bei 14% Last

0,9% Vol. bei 50% Last

0,5% Vol. bei 100% Last

Diese O<sub>2</sub>-Messungen sind nur mehr mit speziellen elektrischen Messgeräten möglich.

#### Ölbetrieb

Der Lastbereich wurde geprüft zwischen 20 bis 100% der Nennlast von 14,7 Gcal/h.

Russ (nach Bacharach)

2-3 bei 20% Last  
2 bei 100% Last

O<sub>2</sub> im Abgas

1,7% bei 20% Last  
0,8% bei 100% Last

$$X_b = \frac{32 \cdot CO}{CO_2 + CO} = \% \text{ (Erdgas)}$$

Die vorliegenden Resultate ergeben keine messbaren CO-Anteile, somit X<sub>b</sub> = sehr klein!

#### Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Bei überwiegendem Erdgasbetrieb des Kessels und sorgfältiger Wartung ist ein sehr hoher Jahresgesamtwirkungsgrad der Feuerung zu erwarten. Aufgrund von Schätzungen und Erhebungen des Zustandes vor dem Umbau, dürfte dieser nach Umstellung auf die moderne Feuerungstechnik und Erdgas/Ölbrenner mindestens um 5% verbessert werden. Damit dürften 5% Brennstoffkosten (entsprechen ca. 400 t Schweröl je Jahr) oder Fr. 88 000.—/Jahr eingespart werden (1 t Öl-S zu Fr. 220.—).

Die Investitionen für eine solchermaßen modernisierte Industriefeuerung können somit, dank kompromissloser Verwendung neuester Techniken und Brennerbauarten, innerhalb rascher Zeit amortisiert werden (ca. 3 Jahre). Selbstverständlich liegt die Ausgangslage nicht bei allen Projekten gleichermassen günstig; bei konkurrenzfähigen Erdgaspreisen sind ähnliche Resultate anderswo durchaus möglich.

Adresse des Verfassers: E. Haltiner, Ing. HTL, c/o Schweiz. Spenglertechniker- und Installateur-Verband, Abteilung Technik + Kalkulation, Postfach, 8023 Zürich