

**Bern, Psychiatrische  
Universitätsklinik Waldau  
Sanierung  
Energieversorgung**

Herausgeber:

Bau-, Verkehrs- und Energie-  
direktion des Kantons Bern  
Hochbauamt  
Reiterstrasse 11, 3011 Bern

Februar 1996

## **Inhalt**

**3**  
**Gemessen – angemessen**

**4**  
**Bauträgerschaft  
und Planer**

**5**  
**Vom rauchenden  
Hochkamin zu innovativer  
Katalysator-technik**

**8**  
**PUK-Heizzentrale  
Heisswasserkessel  
Einbau einer DeNOx-  
Katalysator-Anlage**

### **Redaktion und Satz**

Kantonales Hochbauamt, Bern  
Barbara Wyss-Iseli

### **Fotos**

Fotostudio Croci + du Fresne, Worblaufen

### **Druck**

Rickli + Wyss AG, Graphischer Betrieb, Bern  
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

### **Titelseite**

PUK-Heizzentrale

**Begegne den Dingen,  
bevor sie da sind**

*Lao-Tse*

Die Staatsverschuldung nimmt laufend zu. Die Wälder sterben, langsam aber sicher. Nur das Ozonloch wächst, dafür schnell. Sollte es etwa sein, dass wir unseren Wohlstand nicht nur erarbeitet, sondern erfrevelt haben? Wie gross darf die Schuldenlast sein, welche wir mit dem Ziel, unseren Komfort zu steigern, auf spätere Generationen übertragen?

Die Inbetriebnahme der neuen DeNOx-Katalysatoranlagen ist eine Art Schuldentilgung. Durch den Einbau der über 700 000fränkigen Anlage konnte der Ausstoss von jährlich 2500 Tonnen CO<sub>2</sub> zwar nur geringfügig gesenkt werden, die Umweltbelastung durch NOx jedoch sank von 2250 Kilo pro Jahr auf unter 500 Kilo pro Jahr.

Auch Umweltkatastrophen muss man begegnen, bevor sie da sind.



**Urs Hettich**  
Kantonsbaumeister

**Bauträgerschaft  
und Planer**

**Bau-, Verkehrs- und  
Energiedirektion  
des Kantons Bern**

vertreten durch das Hochbauamt  
Urs Hettich, Kantonsbaumeister  
Peter Huggler, Projektleiter  
Gottfried Rufenacht, Fachleiter Haustechnik

**Psychiatrische  
Universitätsklinik Bern**

Prof. Dr. Wolfgang Böker, Direktor  
Ruedi Fetzer, Verwaltungsdirektor  
Andreas Böhlen, Chef Technischer Dienst  
Andreas Sägesser, Technischer Dienst

**Fachingenieur Heizung**

Erwin Reinhard, Haustechnik, Bau- und Energieberater, Albligen



## **Vom rauchenden Hochkamin zu innovativer Katalysatortechnik**

A. Böhlen, Chef Technischer Dienst

Bis in die siebziger Jahre war der rauchende Hochkamin der kohlenbeschickten Anlage, nicht immer zur Freude der Anwohner, ein weithin sichtbares Zeichen unserer Klinik. 1973 wurde mit dem Ersatz durch die mit leichtem Heizöl betriebene Zentrale im neuen Wirtschaftsgebäude dieses Problem entschärft. Mit der Rauchgasüberwachung wurde sichergestellt, dass sich keine Russpartikel ins Kamin verirren konnten. Alle anderen Abgase waren unsichtbar und für uns daher nicht relevant, schliesslich war das eine moderne Anlage. Man ging mit der Zeit, die Ölpintli wurden durch die Spraydosen ersetzt und der Ölverbrauch erreichte 1978 stolze 1,7 Millionen Liter. Wachstum wohin man auch blickte: Ozonloch? – nie gehört.

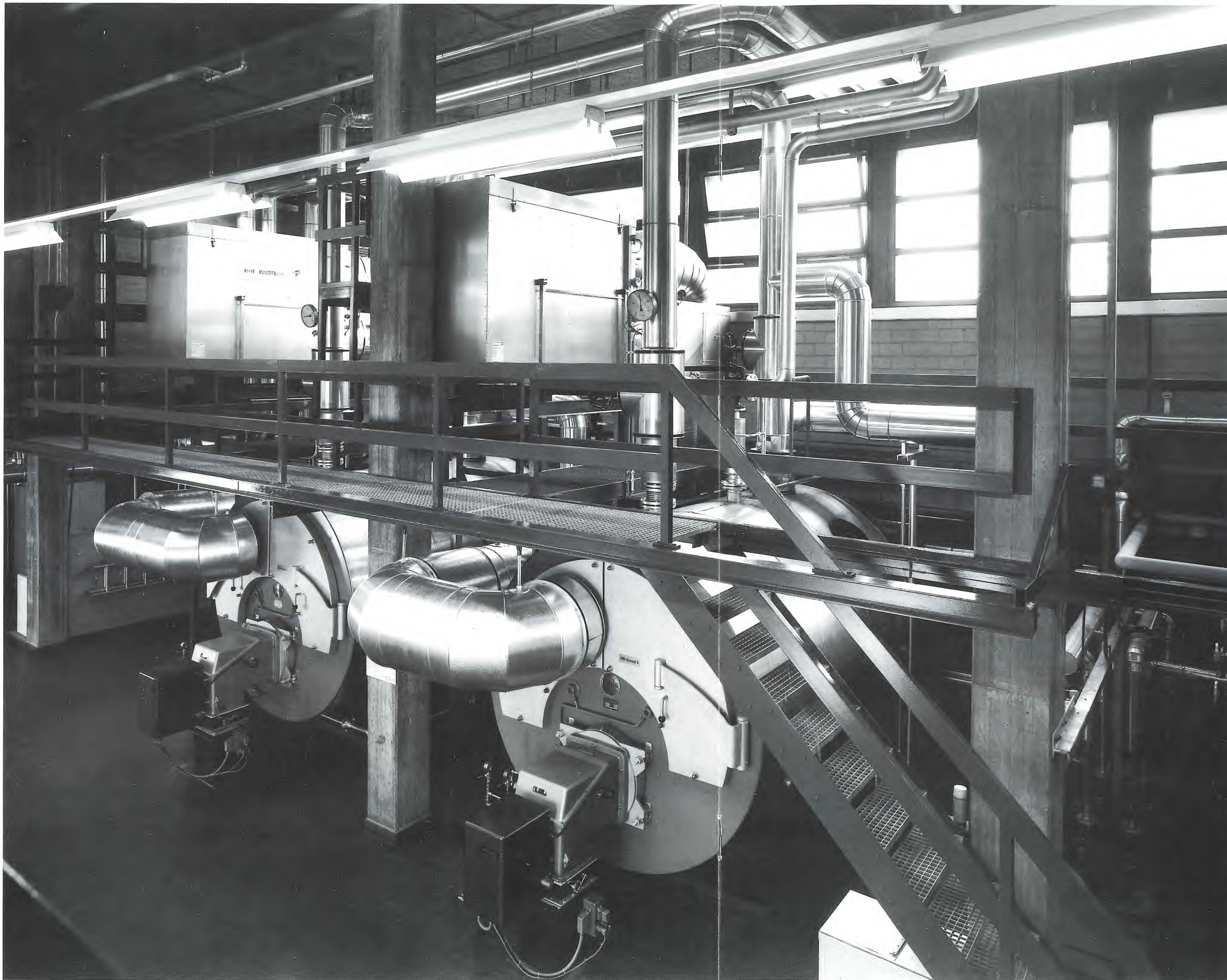
Mit der Erkenntnis, dass die Luftqualität für uns alle (über-) lebensnotwendig ist, und mit unzähligen kleinen und grösseren Massnahmen wurde «die moderne Anlage» modifiziert und der Heizölverbrauch auf 800 000 Liter gesenkt. Dass dies nicht allein auf Direkteinsparungen, sondern auch auf den Patientenabbau und andere Reorganisationen zurückzuführen ist, sei hier nur am Rande vermerkt. Immerhin löste die Energiekrise und die ganze Umweltproblematik in vielen Köpfen einen heilsamen Denkprozess aus.

Doch damit konnten wir es nicht bewenden lassen, die gesetzlich festgelegten und von uns nicht mehr einhaltbaren Grenzwerte, aber auch altersbedingte Abnützungen zwangen uns zu einer Sanierung. Mit dem glücklichen Entscheid zum Ersatz der Ölbrenner und dem Einbau der Katalysatoren haben wir nun die Möglichkeit, eine neue, umweltfreundliche und zukunftsgerichtete Technik einzusetzen und unseren Anteil an Stickoxiden drastisch zu senken.

Verbunden mit unserem Ziel, die Anlage optimal zu nutzen, gut zu unterhalten und die vorhandenen Ressourcen sinnvoll einzusetzen, wird der Einbau dieser Katalysatoren nicht der letzte, aber ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu besserer Luft sein.

Danken für dieses gelungene Werk und für die gute und partnerschaftliche Zusammenarbeit möchte ich dem Kantonalen Hochbauamt und dem Ingenieurbüro Reinhard, aber auch allen meinen Mitarbeitern, welche bei der Realisierung und Ausführung beteiligt waren.





Zwei Heisswasserkessel  
mit Katalysatoranlage



**PUK-Heizzentrale  
Heisswasserkessel  
Einbau einer DeNOx-  
Katalysator-Anlage**

E. Reinhard, Fachingenieur Heizung

**Ausgangslage**

Der «Massnahmenplan Luft» der Region Bern, seit 1992 in Kraft, sieht vor, dass Anlagen in Ballungsgebieten mit Leistungen von mehr als 5 MW (Megawatt) innerhalb dreier Jahre zu sanieren sind.

In einem Schreiben des Amtes für Umweltschutz vom Januar 1992 wurde darauf hingewiesen, dass die Heisswasser-Kesselanlagen der Psychiatrischen Universitätsklinik Waldau die geltenden Grenzwerte des Massnahmenplanes nicht mehr erfüllen und bis Herbst 1995 saniert werden müssen.

Dies veranlasste die Betreiber, die Psychiatrische Universitätsklinik Waldau (PUK), sowie die Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, vertreten durch das Hochbauamt, zum Handeln.

Das Ingenieurbüro E. Reinhard wurde mit einer Studie über Sanierungsmöglichkeiten oder Ersatz der Anlagen gemäss Luftreinhalteverordnung (LRV) des Massnahmenplanes beauftragt.

In die im September 1992 vorliegende Studie einbezogen wurden folgende Varianten:

- 1. Sanierung der Heisswasserkessel Umrüsten auf LowNOx
- 2. Ersatz der Kessel durch Neuanlage Zweistoffbetrieb Öl/Gas
- 3. Katalysatortechnik für bestehende Heisswasserkessel
- 4. Anteil der Wärmeerzeugung mit einer Holzschnitzelfeuerung
- 5. Anteil der Wärmeerzeugung mit einem Blockheizkraftwerk

*Technische Daten*

2 Heisswasserkessel	Fabrikat	YGNIS - HWG 3000
	Leistung	3500 kW
	Einbaujahr	1973
Abgaswärmetauscher	Fabrikat	YGNIS - ECO /1986
Ölbrenner	Fabrikat	Oertli AR-30 /1972

<i>Energieverbrauch</i>	<i>durchschnittlicher Jahresverbrauch</i>
Betriebsstunden	4300 – 4700 Std. pro Jahr
Heizöl extraleicht	680 000 kg pro Jahr

<i>Emissionswerte</i>	<i>gemessen</i>
Stickoxide NOx als NO <sub>2</sub>	(3 % vol. O <sub>2</sub> /1013 mbar/273K)
vor Sanierung	193 – 259 mg/m <sup>3</sup>

**Erläuterungen  
zur Systemstudie**

Abklärungen und Nachfragen bei den entsprechenden Ämtern und Stellen ergab, dass in absehbarer Zeit keine Pilotprojekte für eine anderweitige Lösung in Vorbereitung sind. Die in die Studie einbezogenen Varianten umfassen die zurzeit realisierbaren Möglichkeiten.

Die Investitions- und Jahreskosten der in der Studie aufgeführten Variantensysteme weichen jedoch gemäss nebenstehender Gegenüberstellung sehr stark voneinander ab. Die Umrüstung der bestehenden Heizkessel auf LowNOx-Brenner (Variante 1) wurde nach eingehenden Abklärungen aus technischen Gründen nicht mehr weiterverfolgt (ungeeignete Kessel-Feuerraumgeometrie).

**Zusammenfassung**

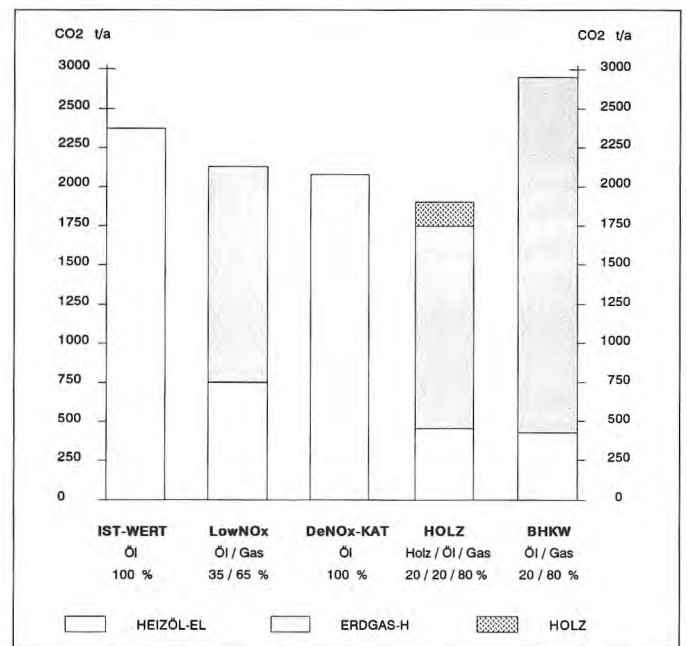
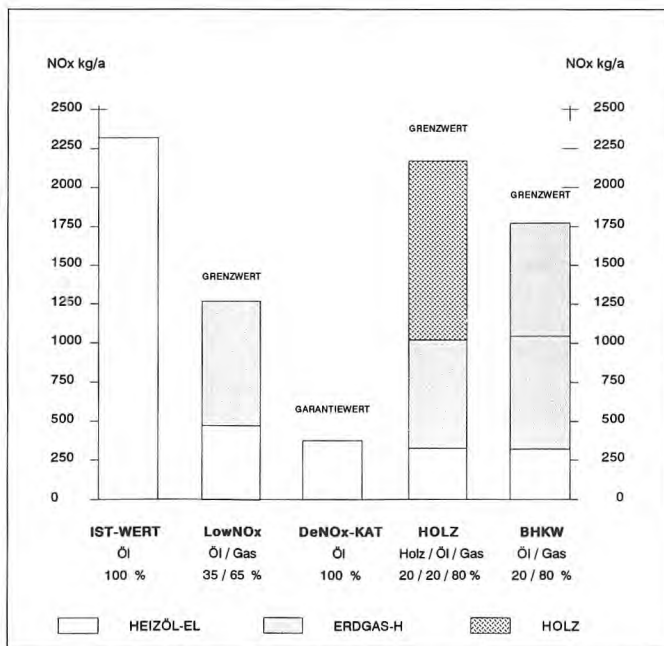
Aus nebenstehender Gegenüberstellung der in die Studie einbezogenen Varianten geht hervor, dass Variante 3 «DeNOx-Katalysator» die vorteilhaftesten Werte in bezug auf Kosten und Emissionen aufweist. Hinzu kommt die hohe Wiederverwertung vorhandener Substanzen (Kessel, Eco und Regulierung).

Dem Antrag auf eine Sanierung mittels Katalysatortechnik wurde zugestimmt. Aufgrund der relativ neuen Technik wurden aber auch berechtigte Vorbehalte geäussert.



### Kostengegenüberstellung

Position/System		Variante 2 LowNOx Gas/Öl	Variante 3 <b>DeNOx-Kat</b> <b>Öl</b> <b>(ausgeführt)</b>	Variante 4 Holz Holz/Gas/Öl	Variante 5 BHKW Gas/Öl
Anlagekosten	Fr.	1 150 000	<b>620 000</b>	1 365 000	1 700 000
Nebenkosten	Fr.	225 000	<b>150 000</b>	335 000	330 000
Investitionskosten	Fr.	1 375 000	<b>770 000</b>	1 700 000	2 000 000
Brennstoffkosten	Fr.	382 400	<b>272 160</b>	411 460	373 117
Wartungskosten	Fr.	8 000	<b>6 500</b>	9 000	36 000
Kapitalkosten	Fr.	204 915	<b>114 752</b>	253 350	298 059
Jahreskosten	Fr.	595 315	<b>393 412</b>	673 990	707 176
Mehrkosten pro Jahr	Fr.	201 903	<b>0</b>	280 578	313 764



## Sanierungskonzept

### Sommer 1994

### bis Herbst 1995

- Beibehaltung der bestehenden Heisswasserkessel inklusive der nachgeschalteten Abgaswärmetauscher (ECO).
- Beibehaltung der bestehenden Abgaskamine.
- Ersatz der zwei alten Ölbrenner mit Brennersteuerungen und Anpassung der Ölversorgungsleitungen.
- Einbau von zwei Katalysatoren mit den entsprechenden Ausrüstungen.
- Umbau der Elektrotableaus und Anpassung an die neuen SVTI-Vorschriften betreffend der Sicherheitskette.
- Umbau und Anpassungsarbeiten der Leitungen, Isolationen, Podeste usw.
- Einbau von Schalldämmkulissen bei Brennerventilatoren.

Bei den Ausführungsarbeiten «Sanierungen und Nachrüstungen» war zu berücksichtigen, dass eine der Anlagen auch während den Sommermonaten immer in Betrieb bleibt.

Die Heizzentrale versorgt 25 Gebäude mit einem umbauten Raum von ca. 190 000 m<sup>3</sup> mit Wärme.

## Ausrüstung der Anlage

Heisswasserkessel

Typ

Brenneranlage

Typ

Katalysatoranlage

Typ

### Messresultate

Abgastemperatur vor Katalysator  
nach ECO  
CO<sub>2</sub>-Gehalt  
Russzahl  
Abgasverlust

Stickoxide NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub>  
Grenzwert LRV  
mit Katalysator

Ygnis AG  
6017 Russwil  
YGNIS HWG - 3000

Heizungs-Service AG  
3110 Münsingen  
Weishaupt WKL 50-1A

H+H Innotech  
8484 Weisslingen  
SCR IF 16/3-2.10

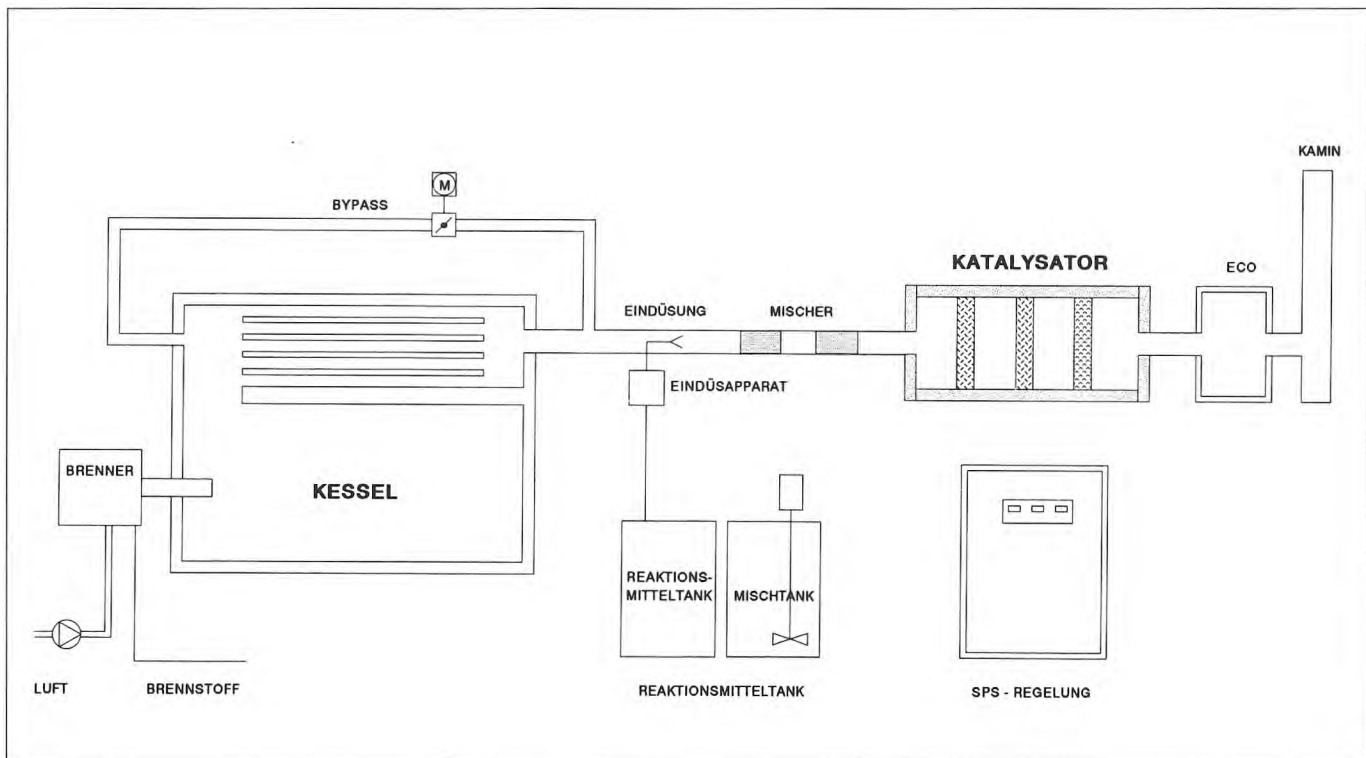
*gemessen*

300 – 330 °C  
135 – 165 °C  
11 – 13,5 %  
0  
5,4 – 6,0 %

(3 % vol. O<sub>2</sub>/1013 mbar)  
120 mg/m<sup>3</sup>  
12 – 35 mg/m<sup>3</sup>







### Funktion der Katalysorteknik

Bei der Erzeugung von Wärme mit Heizöl wird die Katalysorteknik für die Entstickung von Abgasen eingesetzt. Mit der Katalysorteknik lassen sich chemische Reaktionen in die gewünschte Richtung beeinflussen. Um Stickoxide reduzieren zu können, ist neben dem Reduktionskatalysator noch ein Reaktionsmittel erforderlich. Zwischen der Eindüsstelle und dem Mischer befindet sich die Pyrolysestrecke. Hier findet die Zersetzung (Pyrolyse) des Reaktionsmittels Harnstoff statt.

Der Vorgang in der Pyrolysestrecke: Die Harnstoff-Wasserlösung wird im Abgasstrom zu einem feinen Aerosol versprüht und muss in extrem kurzer Zeit pyrolysieren. Um Verstopfungen an der Düse zu vermeiden, wird eine Zweistoffdüse eingesetzt (Harnstoff mit Druckluft). Das Verdüsen erfolgt in Abgasstromrichtung.

Zusätzlich ist der Katalysator mit einer Oxidationswabenreihe ausgerüstet, in welcher das CO in CO<sub>2</sub> umgewandelt wird.

Die Mess- und Regeltechnik des Reduktionsverfahrens erfolgt über eine Speicher-Programmierbare-Steuerung (SPS). Alle Systeme der Abgasreinigungsanlage und die Steuerung der Kesselanlage sind aufeinander abgestimmt. Der Reaktionsmittelfluss wird von der frei programmierbaren NO<sub>x</sub>-Massenstromkurve über die Microprozessorsteuerung geregelt.

Die Bearbeitung und Lagerung des Reaktionsmittels Harnstoff – NH<sub>2</sub> ist unbedenklich. Die Lebenserwartung der Katalysatorwaben liegt bei 20 000 bis 40 000 Betriebsstunden. Der Einsatz

der Katalysatorwaben erfolgt in mehreren Abläufen von vorne nach hinten.

### Erste Betriebserfahrungen

Nach anfänglichen Startschwierigkeiten mit der Regulierung der Abgasmengen und Abgastemperaturen konnten die ersten Messungen erstellt werden. Die Messresultate zeigten, dass die erwarteten Resultate erreicht und mit den Feinregulierungen noch verbessert werden können und somit die Garantiewerte sowie die LRV-Werte erheblich unterschritten werden.

Der Verbrauch an Harnstoff entspricht den vorgegebenen Werten. Dank den neuen modulierenden Ölbrennern kann praktisch die gesamte Wärmebedarfsleistung durch einen Heizkessel abgedeckt werden. Die Weiterverwendung der 1973 eingebauten Heizkessel zeigt, dass gut gewartete und unterhaltene Anlagen weit über die vorgegebene Lebenserwartung hinaus eingesetzt werden können.

Die Luftschadstoffbilanz zeigt eine massive Reduktion der Schadstoffbelastung: 80% NO<sub>x</sub>-Reduktion. Mit einer Messregulierung zur Erhöhung der Harnstoffmenge bis an die stöchiometrische Grenze (Ammoniakchlupf) könnte der NO<sub>x</sub>-Wert noch verbessert werden. Die Betriebskosten erhöhten sich hier nur unbedeutend. Mit der Verbesserung des Anlagewirkungsgrades sinken auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die Investitionskosten von Fr. 770 000.– gemäss der Kostengegenüberstellung der Systemstudie vom September 1992 konnten eingehalten werden.