

# Heizung/Lüftung/Klima

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa**

Band (Jahr): **90 (1983)**

Heft 11

PDF erstellt am: **17.05.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Klima

Die Umgangssprache unterscheidet nicht klar zwischen Wetter und Klima. Beide beschäftigen sich mit Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Wind, Sonnenschein und Niederschlägen in einer bestimmten Gegend. Aber während Wetter nur den momentanen Zustand meint, bedeutet Klima den zeitlichen Ablauf des Wetters über Tage und Jahreszeiten. Die Klimaforschung bleibt nicht beim statischen Erfassen von Klimaelementen wie Temperatur und Feuchtigkeit stehen, noch begnügt sie sich mit der Beschreibung ihres zeitlichen Ablaufs. Ihr Ziel ist das Aufzeigen der Einflüsse, welche Klimafaktoren wie geografische Breite, Meereshöhe, Nachbarschaft von Gewässern und Gebirgen auf das Klima haben. Der Klimaforscher braucht Geduld und Ausdauer: Er darf nicht schon aus dem momentanen Wetter auf das Klima schliessen, denn nicht jeder Wetterumschlag leitet eine epochale Klimaveränderung ein.

Klimaanlagen halten Temperatur, Feuchtigkeit und Reinheit der Luft in einem Raum innerhalb festgelegter Grenzen. Sie erfüllen diese Aufgabe unter Einsatz von Maschinen, Apparaten und Energie. Der Aufwand lohnt sich, wenn dank dem günstigeren Klima Arbeitsverfahren möglich werden, die sonst nicht oder nicht in der gleichen Qualität durchführbar sind.

Klima und Atmosphäre sind Ausdrücke, die wir auch im übertragenen Sinn brauchen: Betriebsklima, Arbeitsklima, Gesprächsklima, Investitionsklima. Es ist erstaunlich, wie weit die Parallelen zwischen der ursprünglichen und der übertragenen Bedeutung gehen. Auch das Betriebsklima und das Investitionsklima sind Ergebnis eines eingespielten Gleichgewichts. Es bedarf nachhaltiger Anstrengungen, um das Klima in der gewünschten Richtung zu beeinflussen. Versuche, das grossräumige Klima mit radikalen Methoden schnell zu ändern, geraten leicht ausser Kontrolle. Hingegen kann ähnlich wie im Fall einer Klimaanlage das Mikroklima im kleinen, abgeschirmten Bereich wirkungsvoll verbessert werden. Oft genügt dies, um unsere Probleme zu lösen. Auch für den Fall, dass es einmal nicht gelingt, das Betriebsklima zu verbessern, spielt die Analogie: Wenn es zu kalt ist, ziehe ich mich wärmer an, bis die Sonne wieder scheint. Und bei frostigem Betriebsklima lege ich mir eine dicke Haut zu, bis die betriebliche Eiszeit zu Ende geht.

In einem wichtigen Punkt allerdings unterscheidet sich die Beeinflussung des Betriebsklimas von jener des Raumklimas. Die Klimaanlage, welche im Sommer einen Raum angenehm kühlt, gibt die entzogene Wärme an die Umgebung weiter, beeinflusst somit das Umgebungsklima im umgekehrten Sinn. Wenn Sie hingegen in Ihrem Bereich das Betriebsklima verbessern, führt dies nicht zur Verschlechterung in Ihrer weiteren Umwelt. Im Gegenteil, vielleicht stecken Sie sogar die andern an.

Observator

## Heizung/Lüftung/Klima

### Umweltschutz durch optimale Energienutzung

Kosten senken im Energiebereich ist auch heute noch, 10 Jahre nach der Energiekrise, für viele so etwas wie ein Hindernislauf.

Die Vielfalt von mehr oder weniger sachkundigen Artikeln und Publikationen zum Thema Energiesparen in der Tagespresse sowie das reichhaltige Angebot an Energiesparprodukten und stagnierende Ölpreise führen zur allgemeinen Verunsicherung des Hausbesitzers.

Die neutrale Energieberatung hat nicht zuletzt wegen der zunehmenden Häufigkeit der Bauschäden an Bedeutung gewonnen.

Bei der Ausführung von gezielten Sanierungsmassnahmen sind beachtliche Einsparmöglichkeiten von nicht selten 30 bis 40% des Ist-Verbrauches mit vertretbaren Investitionen durchaus möglich.

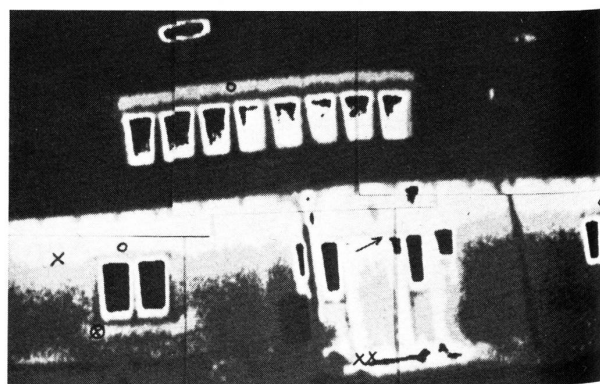
Die Planung solcher erfolgreichen Sanierungsmassnahmen bedingt genaue Kenntnisse über die effektiven Wärmeverluste durch die Gebäudehülle und über den Nutzungsgrad der Heizanlage.

Eine speditive Untersuchung mit einer Infrarotmessausrüstung-Bauthermografie und Messungen an der Heizanlage ermöglichen eine kostengünstigere Ist-Zustandsaufnahme als Grundlage für das weitere Vorgehen.

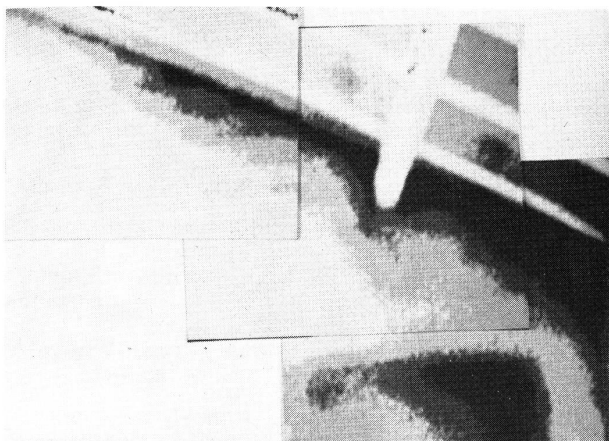
Beschreibung des Vorgehens bei einer messtechnischen Ist-Zustandsaufnahme:

#### 1. Bauthermografische Untersuchung

Die Infrarotmessausrüstung ermöglicht eine qualitative und quantitative Messung während ca. 2,5 bis 5 Stunden der Isolationseigenschaften von Gebäudehülle (Fassade, Dachkonstruktion, Fenster, Türen und Keller usw.) mittels Oberflächentemperaturverteilung. Sämtliche Schwachstellen und Unzulänglichkeiten können im Bild festgehalten werden (siehe Bild 1 und 2)



5-Stufen-Thermogramm einer Hausfassade: Die Oberflächentemperatur variiert infolge inhomogener Wärmedämmung zwischen  $+2,0^{\circ}\text{C}$  (schwarz) und  $+5,6^{\circ}\text{C}$  (weiss), je nach Grauton. Fenster und Kamine sind ausserhalb des Messbereichs, das heisst wärmer als  $+5,6^{\circ}\text{C}$ .



5-Stufen-Thermogramm einer Innenaufnahme: Das Mauerwerk im Dachanschlussbereich (dunkel) ist teilweise nicht isoliert; diese kalten Stellen weisen eine Innenoberflächentemperatur auf, die rund 2 °C tiefer ist als die Zimmertemperatur.

Solche Messungen sind nur in der Heizperiode bei besonderen Aussenklimabedingungen möglich (z.B. keine Sonneneinstrahlung, kleine Temperaturschwankungen). Von Fall zu Fall ist es sinnvoll, eine ergänzende k-Wert-Messung vorzunehmen. Die im Bericht ausgewerteten Aufnahmen und zusammengefassten Schwachstellen sowie einen Massnahmenkatalog ermöglichen eine Kosten-/Nutzen-Analyse der einzelnen Massnahmen sobald deren Kostenschätzung bzw. konkrete Offerte vorliegen. Die Ergebnisse ermöglichen ebenfalls eine Beurteilung der Bauschäden- und Feuchtigkeitsschädenrisiken, der Luftdichtigkeit und Wohnbehaglichkeit. Solche Angaben sind bei der Baustoffwahl während der Planung der Sanierungsmassnahmen von entscheidender Bedeutung.

Den bauphysikalisch einwandfreien Detaillösungen ist grosse Beachtung zu schenken, denn besonders bei gut isolierten Häusern gilt: «Die Wärmedämmung ist so gut wie ihre schwächste Stelle».

## 2. Messungen zur Beurteilung der Heizanlage

Bekanntlich verbrennen die Heizanlagen älteren Baujahres die wertvollen Öl- und Gas-Rohstoffe mit schlechtem Jahresnutzungsgrad (zwischen 60 und 70%).

Die Hauptursachen sind die hohen Abgastemperaturen der oft 3fach überdimensionierten und ungenügend isolierten Heizanlagen.

Die Neubemessungen solcher Anlagen lässt sich am besten durch Kurzzeitmessungen an der bestehenden Anlage realisieren. Gemessen werden sämtliche Betriebstemperaturen, der effektive Brennstoffdurchsatz, CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase und die Betriebszeiten des Brenners. Ebenfalls können auch die Stillstandsverluste (Verluste, wenn der Brenner nicht in Betrieb ist) soweit sie nicht bekannt sind, mit einer separaten Messung erfasst werden.

Zur Berechnung des Jahresnutzungsgrades ist der Warmwasserverbrauch zu ermitteln.

Die Messdaten werden nach der Brennzeitmethode ausgewertet und in einem Bericht samt Ergebnissen zusammengefasst.

Eine richtig dimensionierte Niedertemperatur-Heizanlage mit entsprechender Kaminanpassung erreicht einen Jahresnutzungsgrad von ca. 90%; das heisst nur ca. 10% des Brennstoffheizwertes geht verloren.

## 3. Wann ist eine messtechnische Gebäude-Ist-Zustandsaufnahme sinnvoll?

Anforderung einer solchen Untersuchung ist spätestens bei erhöhtem Energieverbrauch (zum Beispiel mehr als 20 kg Öl/m<sup>2</sup>) angezeigt.

Bei Sanierungsvorhaben ist es sicher eine lohnende Investition, die die spätere Planungsphase wesentlich erleichtern kann.

Oft werden solche Untersuchungen als Abnahmekontrolle oder auch als Bauschadenexpertise verlangt.

Wir hoffen, mit diesem Beitrag zur Schonung unserer Umwelt mit Hilfe der modernen Messtechnik beizutragen. Mancher dürfte nun zum ersten Schritt Richtung wirtschaftlicher Energienutzung ermutigt werden.

Weitere detaillierte Auskünfte und Unterlagen sind bei der Consultherm AG in 8044 Zürich erhältlich.

## Schon wieder eine zukunftsweisende Erfindung von Elco: Das Duomat-System



Elco-Brenner «Duomat»

Dieses neue Elco-System arbeitet mit einer hydraulischen Verbund-Regulierung. Damit wird sowohl bei Teillast wie auch bei Vollast das Luft-Brennstoffverhältnis derart präzise abgestimmt, dass wir CO<sub>2</sub>-Werte von mindestens 13% sogar schriftlich garantieren können.

### Wie entstand die neue Duomat-Technik?

*Gestern:* Beinahe jede Heizanlage, das heisst Brenner, Kessel und Kamin wurden zu gross dimensioniert. Zu-

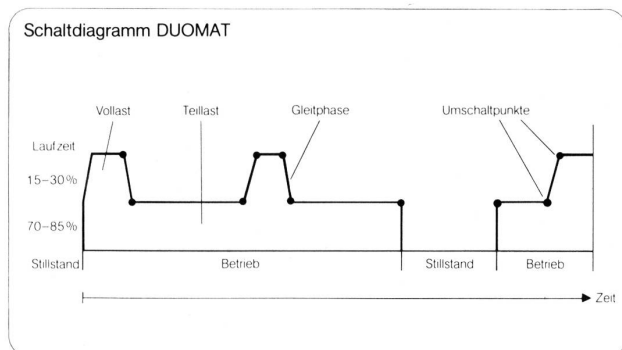
dem verlangten die Kamin-Innenwände aus Bausteinen – zur Verhinderung zerstörender schwefelhaltiger Kondensate – Abgastemperaturen von mindestens 200 °C. Dies wiederum bedingte Brenner mit hoher Leistung, wobei die Teillast-Stufe meist nur während der kurzen Startzeit benützt wurde. Die erforderliche Kesseltemperatur war zwar schnell erreicht – aber die Schalthäufigkeit gross und damit der Betrieb unwirtschaftlich. Denken Sie sich einen Velofahrer, der antritt – stillsteht – antritt – stillsteht ...

**Heute:** Zu einem modernen Heizsystem gehören ein Energiesparkessel, ein rostfreier Kamin und der Elco-Duomat-Brenner. Der Kessel mit idealer Feuerraum-Geometrie ist optimal isoliert. Der Kamin ist im Durchmesser um die Hälfte reduziert, und seine Innenwände sind aus säurefestem Chromstahl. Der zukunftsweisende Elco-Duomat-Brenner arbeitet vorwiegend auf der energiesparenden Teillast-Stufe mit Abgastemperatur von ca. 120 °C. Um beim Velofahrer zu bleiben: Er tritt gleichmässig und kräftesparend in die Pedalen ...

### Wie der Elco-Duomat-Zweistufenbrenner Energie spart

Beim heute bekannten Zweistufenbetrieb der handelsüblichen Brenner, wird durch den Teillastbetrieb eine längere Laufzeit erzielt. Folglich verkürzt sich die Stillstandszeit. Um diese Betriebsart erheblich zu verbessern, weist das von Elco entwickelte Duomat-System die folgenden einzigartigen Konstruktionsmerkmale auf:

1. Simultane gleitende Umschaltung
2. Luftgeschwindigkeits-Optimierung (LGO)
3. Kompletter Abschluss der Luftklappe bei Brennerstillstand



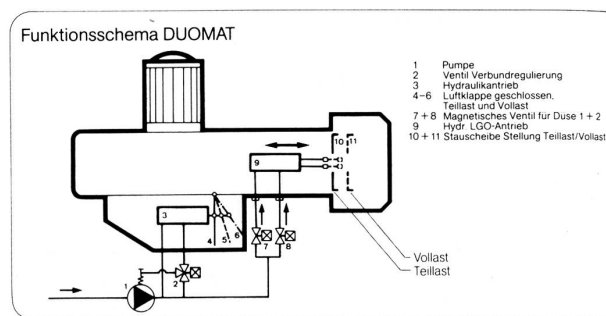
#### Simultane, gleitende Umschaltung

Durch die Stufenschaltung des Zweistufenbetriebs wird die Brennerleistung dem variablen Wärmebedarf des Heizsystems angepasst. Daher kommt den häufigen Umschaltungen – den Lastwechseln – eine grosse Bedeutung zu. Dank einer speziellen Verbundhydraulik erfolgt die Umschaltung beim Duomat gleitend. Simultan werden Heizölmenge, Luftmenge und Luftgeschwindigkeit im Brennkopf verändert. Diese Anordnung erlaubt es, auch beim Lastwechsel den Verbrennungsvorgang optimal aufrecht zu erhalten. Dies wirkt sich vorteilhaft auf das Langzeitverhalten der Brenner/Kessel-Kombination und schliesslich auch auf den Ölverbrauch aus.

#### Luftgeschwindigkeits-Optimierung (LGO)

Handelsübliche Zweistufenbrenner arbeiten mit einer Regulierung, welche die Verbrennungsluftmenge mit

Luftklappen dosiert. Der Brennkopfquerschnitt bleibt bei Umschaltung von Teil- auf Vollast unverändert.



Folglich sind Luft- und Mischgeschwindigkeit bei Teillast kleiner, was zu Luftüberschuss führt. Daraus ergibt sich ein grösserer Energieverlust infolge schlechterer CO<sub>2</sub>-Werte und höherer Abgastemperaturen.

Genau deshalb sind alle Duomat-Brenner mit dem Elco LGO-System ausgerüstet. Die hydraulische Verbundregulierung verändert den Querschnitt im Brennkopf. Dadurch erreichen wir auf der Teil- und Vollast eine optimale Vermischung von Luft und Öl. Das Resultat: Konstant hohe CO<sub>2</sub>-Werte, das heisst kleinster Luftüberschuss und tiefere Abgastemperatur.

#### Kompletter Abschluss der Luftklappe bei Brennerstillstand

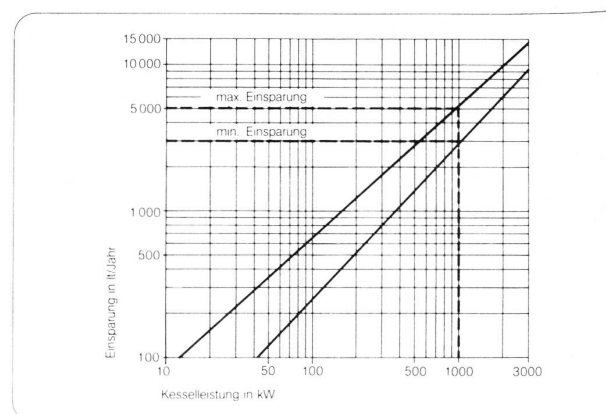
Die geschlossene Luftklappe verhindert den Durchzug von kalter Luft durch Brenner, Kessel und Kamin während der Stillstandszeit. Eine wesentliche Reduktion der inneren Auskühlverluste ist die Folge; auch die teure Rauchrohr-Abschlussklappe kann wegfallen.

Mit dem Duomat-Brenner werden sowohl auf der Teillast als auch auf der Vollaststufe CO<sub>2</sub>-Werte von 13% und mehr erreicht. Das entspricht an moderneren Kesseln einem feuerungstechnischen Wirkungsgrad bis zu 95%.

#### Wieviel Heizöl spart die Duomat-Technik?

Das folgende Diagramm demonstriert die Sparsamkeit des Duomat-Zweistufenbrenners im Vergleich zu einem handelsüblichen Fabrikat. Die geringe Mehrinvestition ist in wenigen Monaten bereits amortisiert.

#### Einsparungs-Diagramm





|                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| Beispiel: Kesselleistung    | 1000 kWh (860 Mcal/h)    |
| Einsparung max. 5000 l/Jahr | (Ölpreis Fr. 70.-/100 l) |
| Einsparung min. 3000 l/Jahr |                          |
| Mehrpreis Brenner           | Fr. 1075.-               |
| Amortisationszeit:          | ca. 5 Monate             |

#### *Exklusiv von Elco: Die Brennwert-Garantie*

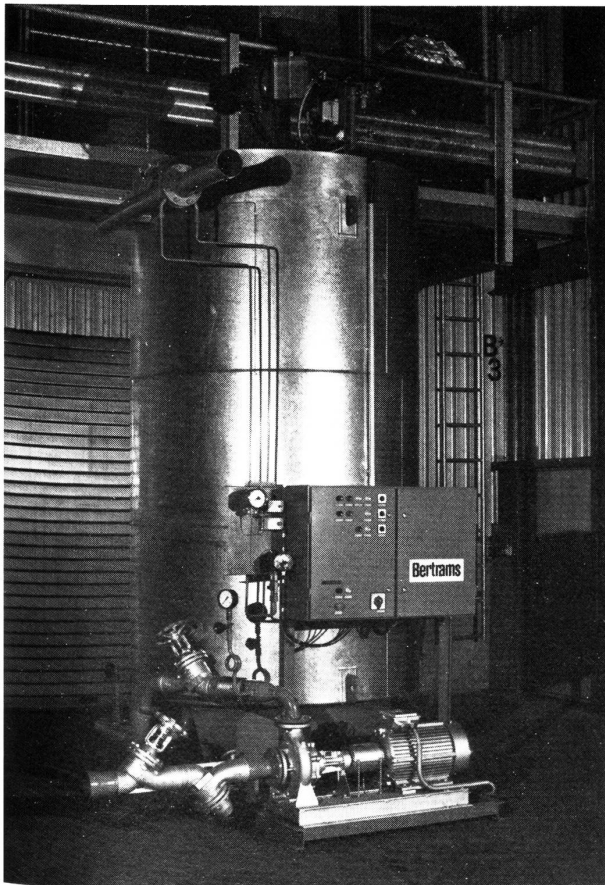
Ausgereifte Konstruktion, hervorragende Feldtestergebnisse und jahrelange Erfahrung erlauben uns, für die Duomat-Brenner ein schriftliches Garantieversprechen einzugehen.

*Die garantierten CO<sub>2</sub>-Werte von mindestens 13% stehen einmalig da.*

Die Brennwert-Garantie ist ein weiterer Beweis für die Überlegenheit der Elco-Spitzentechnik.

Elco Energiesysteme AG  
Thurgauerstrasse 23, 8050 Zürich

### **Bis 93% Wirkungsgrad mit der neuen Normerhitzer-Baureihe**



Bertrams Normerhitzer-Kompaktanlage

Diese Baureihe öl- oder gasgefeuerter Thermalölerhitzer für die Beheizung von Anlagen zur indirekten Wärmeübertragung im Leistungsbereich von 0,1 bis 4,8 MW ist

für alle Anwendungsbereiche für Temperaturen bis 350 °C konzipiert. Die Erhitzer werden im eigenen Werk in Serien – nach dem Baukastenprinzip – hergestellt. Die zu dieser Heizanlage dazugehörenden Anlageteile der Bertrams-Systemtechnik können mit der jeweils kostengünstigsten Lösung auf jeden Bedarfsfall vom Erhitzer bis zur anschlussfähigen Kompaktanlage abgestimmt werden. Der weltweit anerkannte Qualitätsstandard erlaubt ein hohes Mass an Betriebssicherheit mit entsprechend langer Lebensdauer (z.B. 5 Jahre Garantie auf der Erhitzerschlange).

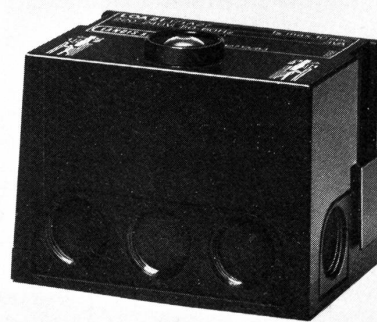
### **Neuer Ölfeuerungsautomat LOA 21**

Der neue Ölfeuerungsautomat LOA 21 von Landis & Gyr eignet sich in Verbindung mit einem Fotowiderstandsfühler QRB... für die vollautomatische ein- oder zweistufige Inbetriebsetzung und Überwachung von Ölzerstäubungsbrennern mit oder ohne Düsenstockheizung. Öldurchsatz nach DIN max. 30 kg/h. Je nach Anschluss des Zündtransformators erfolgt keine Nachzündung oder eine solche von ca. 15 s Dauer.

Der Ölfeuerungsautomat LOA 21 ersetzt die bisherigen Typen LAI... und LAB 1 und kann mittels eines Adapters an deren Stelle eingesetzt werden, ohne Ausbau oder Umverdrahtung des Sockels. Die Bauhöhe bleibt unverändert und der Entriegelungsknopf befindet sich in gleicher Lage wie bei den Typen LAI und LAB.

Im Stecksockel aus schlagfestem und wärmebeständigem Kunststoff sind ausser den 12 erforderlichen Anschlussklemmen zusätzlich 3 Nulleiter- und 4 Erdungsklemmen sowie zwei frei benützbare Stützklemmen eingebaut. Der Ölfeuerungsautomat LOA 21 wird schraubenlos mit einer Schnappvorrichtung am Stecksockel befestigt. Im Boden des Sockels sind 2 Ausbrechöffnungen für die Kabeleinführung vorgesehen. Weitere 5 Öffnungen mit Gewinde für PG 11 bzw. 3/4" UNP befinden sich im herausnehmbaren Stopfbuchsenhalter.

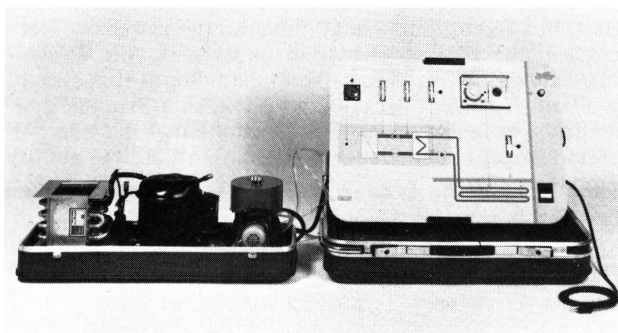
Wird der Ölfeuerungsautomat mit einem Öltemperaturregler ROC... betrieben, stimmen die Befestigungslöcher überein, so dass dieser mit dem Sockel des LOA 21 gemeinsam befestigt werden kann.



Ölfeuerungsautomat LOA 21 für Zerstäubungsbrenner kleiner Leistung im intermittierenden Betrieb

LGZ Landis & Gyr Zug AG  
CH-6301 Zug

## Demonstrationsmodell einer Luft/Wasser-Wärmepumpen-Heizungsanlage



Wärmepumpenmodell von Landis & Gyr mit Steuerteil und Bodenheizung

Zur Unterstützung in der Ausbildung hat der Geschäftsbereich Comfort Control der Landis & Gyr in Zug eine transportable Demonstrationseinheit entwickelt, bei der es sich um eine sogenannte Luft/Wasser-Wärmepumpe handelt.

Dieser Demonstrationskoffer dient der einfachen, anschaulichen Erklärung einer Wärmepumpenanlage und der Unterstützung der bei Landis & Gyr erhältlichen Grundkurse «Wärmepumpen und Kältemaschinen».

Die Einheit ermöglicht insbesondere die Demonstration eines Kältemittel-Kreisprozesses mit den Komponenten Kompressor, Kondensator, Verdampfer und Drosselorgan. Es kann dabei gezeigt (und auch gefühlt) werden, dass am Verdampferelement der Umgebungsluft Wärme entzogen und diese im Kondensator an den Wasserkreislauf der Bodenheizung abgegeben wird. Ausserdem ist die Demonstration einer witterungsgeführten Vorlauftemperatur-Regelung möglich.

LGZ Landis & Gyr Zug AG  
CH-6301 Zug

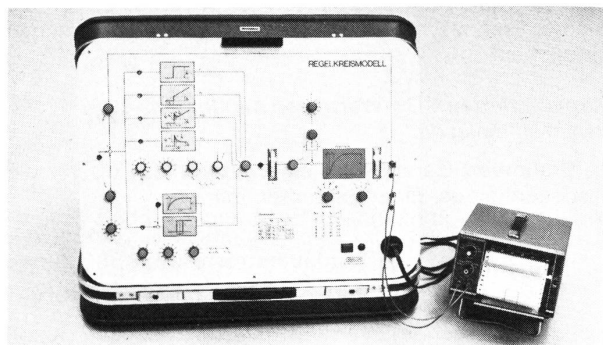
## Ausbildungsmittel für Überwachung, Steuerung und Regelung von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage

Landis & Gyr stellt Apparate und Systeme für die Überwachung, Steuerung und Regelung von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage (HLK) her. Seit Jahren werden für die Ausbildung des eigenen sowie des Kundenpersonals auf diesem Gebiet Demonstrationstafeln verwendet, die eine weitgehende Simulation der Vorgänge in HLK-Regelungen ermöglichen. In transportabler Form sind die Simulationstafeln als Demonstrationskoffer erhältlich.

Diese Ausbildungsmittel werden mit Erfolg auch in Fach- und Berufsschulen eingesetzt. Der abgebildete Regelkreismodell-Koffer beispielsweise ermöglicht die Simulation von Regelvorgängen mit verschiedenen Reglerverhalten (P, PI, PID, PD, 2-Punkt) mit einstellbaren Regelparametern und die Aufnahme des Frequenzganges. Alle zeitabhängigen Vorgänge sind 1:60 gerafft.

Anhand des Modells können die Verhaltensweisen von fünf verschiedenen Regelstrecken sowie der Einfluss beliebiger Störgrössen gezeigt werden. Die Momentanwerte der Stell- und Regelgrössen werden an Instrumenten angezeigt oder können mit einem externen Linienschreiber registriert werden.

Der abgebildete Koffer misst 72 cm in der Breite, 53 cm in der Tiefe und ist 18 cm hoch.

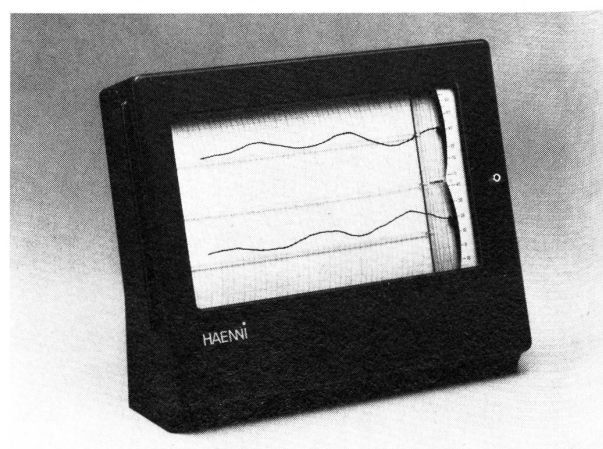


Landis & Gyr-Demonstrationskoffer «Regelkreismodell» mit 1-Kanal-Linienschreiber (Esterline Angus)

LGZ Landis & Gyr Zug AG  
CH-6301 Zug

## Neuer Panoramaschreiber

Der Thermo-Hygrograph KRK 501 ist ein Zwillingsgerät, welches gleichzeitig Temperatur und Luftfeuchtigkeit misst und registriert. Das Anwendungsgebiet ist gross und reicht über die Lagerhäuser der Papier-, Textil-, Lebensmittel- und Pharmaindustrie bis zu den Kühllhäusern, Tabaklagern und Rechenzentren. Aber auch im Bereich der Meteorologie sowie Forschung und Schulung werden diese Geräte eingesetzt.



Haenni Panoramaschreiber (Thermo-Hygrograph)

Nebst einem zeitgemässen Design ist das herausragendste Merkmal die flache Anordnung des Schreibstreifens; eine grosse Panoramascheibe ermöglicht, dass alle aufgezeichneten Daten mit einem Blick erfasst werden können. Ebenso sind die Messglieder vollständig im Gerät eingebaut, was vor unbeabsichtigtem Berühren schützt. Die Temperatur wird mit einem Bimetallelement erfasst, während es für die Feuchte speziell zubereitete Naturhaare sind.

Die Registrierzeit kann wahlweise auf sieben Tage oder 24 Stunden eingestellt werden. Das Federwerk mit Handaufzug weist eine Gangdauer von acht Tagen auf. Als Schreibsysteme stehen Faser- oder Tintenschreiber zur Verfügung. Das Gerät kann zudem wahlweise mit oder ohne Schloss geliefert werden.

Für die Schweiz:  
Haenni & Cie. AG, CH-3303 Jegenstorf  
Für die Bundesrepublik Deutschland:  
Haenni & Cie. mbH, Postfach 500 529  
D-7000 Stuttgart 50

## Energiesubstitution und Energieeinsparung in einer Textilfabrik

### Ausgangslage

Der Energieverbrauch in einem Textilbetrieb mit angegliederter Färberei ist ein wesentlicher Bestandteil der Fabrikationskosten, die auf das Produkt überwältzt werden müssen. Die Geschäftsleitung der Firma Bebié AG in Linthal erachtete es deshalb als unerlässlich, den Energieverbrauch zu reduzieren. Sie beauftragte das Ingenieurbureau Toscano-Bernardi-Frey AG in Zürich mit der Ermittlung des Öl-, Strom- und Wasserverbrauches, sowie zur Ausarbeitung von Energiesparmassnahmen.

### Wärme- und Stromerzeugung

Für die Fabrikation wird Heisswasser von 140 °C benötigt. Zu dessen Erzeugung waren je 1 Heizkessel Fabrikat Sulzer und ein Heizkessel Fabrikat Kerag eingebaut mit einer Leistung von 1860 kW respektive 1050 kW. Zur Überbrückung des Spitzenverbrauches ist den Kesseln ein Heisswasserspeicher von 25 m<sup>3</sup> Inhalt nachgeschaltet. Die Wärmeverbraucher sind: Fabrikation, Raumheizung und Brauchwarmwasser für die Färberei.

Wie im Kanton Glarus üblich, hat auch die Firma Bebié AG eine Eigenstromerzeugung. Die so gewonnene Energie dient hauptsächlich zum Antrieb von Motoren. Bei guter Wasserführung kann mit der im Jahre 1972 modernisierten Turbinenanlage 320 kW Strom erzeugt werden.

### Grundlagen

Bereits seit Jahren wurden durch den Betriebsunterhalt der Energie- und Betriebsmittelverbrauch registriert und monatlich für die Geschäftsleitung zusammengefasst.

Diese Aufzeichnungen bildeten eine ausgezeichnete Grundlage für differenzierte Aufteilung des Verbrauches, der seinerseits sehr wichtig ist für das gezielte Ermitteln von Sparmassnahmen.

Im Einzelnen präsentieren sich diese Zahlen wie folgt:

#### Ölverbrauch

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| Bereitschafts- und Transportverluste | 153 000 kg |
| Färberei Heisswasser                 | 200 000 kg |
| Färberei Brauchwarmwasser            | 82 000 kg  |
| Tröcknerei                           | 30 000 kg  |
| Spinnerei, Dämpfer, Raumheizung      | 61 000 kg  |
| Total Jahresverbrauch                | 526 000 kg |

#### Elektroverbrauch und Eigenerzeugung

|                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| Eigenerzeugung                 | 2 626 900 kWh |
| Lieferung an EW Linthal        | 1 305 400 kWh |
| Jahresverbrauch Eigenerzeugung | 1 321 500 kWh |
| Bezug vom EW Linthal           | 120 300 kWh   |
| Total Jahresverbrauch          | 1 441 800 kWh |

#### Wasserverbrauch

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| Spinnerei             | 1 070 m <sup>3</sup>  |
| Färberei              | 63 940 m <sup>3</sup> |
| Hochbau               | 30 700 m <sup>3</sup> |
| Total Jahresverbrauch | 95 710 m <sup>3</sup> |

Durch begrenzten Einsatz von Unterzählern konnte der Wasserverbrauch noch wie folgt aufgeteilt werden:

|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Verbrauchskonstante Bezüger | 31 610 m <sup>3</sup> /Jahr |
| Kühlwasser Färbeapparate    | 6 600 m <sup>3</sup> /Jahr  |
| Dampfapparate               | 2 000 m <sup>3</sup> /Jahr  |
| Frischwasser Färbeflotte    | 54 500 m <sup>3</sup> /Jahr |

#### Arbeitszeit

|                  |          |
|------------------|----------|
| Arbeitsschichten | 2/Tag    |
| Arbeitszeit      | 17,5/Tag |
| Arbeitstage      | 264/Jahr |

#### Energiekosten

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Heizöl                 | Fr. 60.-/100 kg |
| Strom im Mittel: Bezug | Fr. -.17,5/kWh  |
| Verkauf                | Fr. -.01,8/kWh  |

### Vorschläge für Energiesparmassnahmen

Auf Grund der Verbrauchszahlen, sowie dem eingehenden Studium des Betriebsablaufes wurden durch das Ingenieurbüro folgende Vorschläge unterbreitet.

| Nr. | Massnahme                              | Einsparung Öl<br>kg | Mehrverbrauch resp.<br>Mindererlös Strom<br>kWh | Netto<br>Einsparung<br>Fr. | Investition<br>Fr. |
|-----|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| 1   | Wärmerückgewinnung Färberei            | 144 000             | 9 030                                           | 85 000                     | 180 000.-          |
| 2   | Wärmerückgewinnung Tröcknerei          | 17 000              | -                                               | 10 200.-                   | 3 500.-            |
| 3   | Verbesserung des Kesselwirkungsgrades  | 9 500               | -                                               | 5 700.-                    | .-                 |
| 4   | Elektro Überschussverwertung           | 84 850              | 840 000                                         | 35 790.-                   | 80 000.-           |
| 5   | Umbau Fernleitung Wohnhaus             | 5 500               | -                                               | 3 300.-                    | 4 000.-            |
| 6   | Absenkung Vorlauf-temperatur Spinnerei | 2 900               | -                                               | 1 740.-                    | .-                 |

Die Geschäftsleitung der Firma Bebié AG bewilligte den Kredit zur Ausführung der Massnahmen 1 und 4. Die Verbesserung des Kesselwirkungsgrades soll beim nächsten Brennerservice vorgenommen werden. Im weiteren wurde die Vorlauftemperatur Spinnerei durch den Betriebsmechaniker auf das noch zulässige Minimum abgesenkt.

### Elektroüberschuss – Eigenverwertung

Die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigten, dass eine Ausnützung der Eigenstromerzeugung zu Heizzwecken sehr interessant ist. Beträgt doch die Differenz zwischen Ölpreis und Überschusstarif der Energie ungefähr 3,3 Rp./kWh zu Gunsten der eigenen Stromerzeugung.

Parallel zum noch bestehenden Heisswasserkessel wurde ein Elektrodurchlauferhitzer eingebaut. Der Kessel ist abgebrochen worden, da bei der Kontrolle sich starke Korrosionsschäden im Wasserraum zeigten. Diesen Schritt konnte man wagen, weil durch zusätzliche Sparmassnahmen (Massnahme 1) der Energieverbrauch so reduziert wird, dass der Betrieb nur mit einem Kessel möglich ist.

Mit der neuen Kombination Ölkessel-Elektrokessel wird nach folgendem Betriebskonzept gearbeitet: Die Turbine ist so einreguliert, dass sie immer die maximal mögliche Energie abgibt. Durch Messungen wird festgestellt, wieviel die Differenz zwischen erzeugten und durch die Fabrikation verbrauchte Energie beträgt. Besteht ein Überschuss, wird dieser automatisch zur Erzeugung von Heizwasser genutzt. Dazu sind die Wärmeerzeuger in Kaskade Elektrokessel-Ölkessel geschaltet. Nicht benötigte Elektroenergie wird automatisch an das Ortsnetz abgegeben.

Die Temperatur im Heisswasserspeicher beträgt 180 °C. Gegen Ende der Arbeitszeit lässt man die Temperatur auf 150 °C absinken, damit nachts die anfallende Elektroenergie voll genutzt werden kann. Der Ölkessel ist während dieser Zeit gesperrt. Er wird erst ca. 2 Stunden vor Arbeitsbeginn eingeschaltet. Dadurch kann bei einem Stromausfall die Speichertemperatur von 180 °C bei Arbeitsbeginn gewährleistet werden.

Bei geringer Wasserführung der Linth kann die für die Fabrikation notwendige Energie nicht mehr selber erzeugt werden. Die Deckung der Differenz erfolgt dann vom Ortsnetz. Dabei kann der Bezug von Spitzenleistung mittels eines verstellbaren Messinstrumentes limitiert werden. Je nach Strombezugstarif und Ölpreis wird auch Strom für die Wärmeerzeugung aus dem Ortsnetz bezogen.

### Wärmerückgewinnung Färberei

Laut den Ablesungen am Wasserzähler bezieht die Färberei rund 54 500 m³ Frischwasser im Jahr. Der Abwasseranfall ist gleich gross. Messungen ergaben folgende Aufteilung der Abwassermengen auf die verschiedenen Temperaturstufen:

|                                          |       |     |
|------------------------------------------|-------|-----|
| Abwasser                                 | 20 °C | 15% |
| Abwasser                                 | 45 °C | 68% |
| Abwasser                                 | 55 °C | 3%  |
| Abwasser                                 | 75 °C | 3%  |
| Abwasser                                 | 90 °C | 11% |
| Abwassermischtemperatur                  | 47 °C |     |
| Erforderliche Warmwasserzulauftemperatur | 45 °C |     |

Zur möglichst guten Ausnützung des Wärmeinhaltes des Abwassers wird es durch einen Plattenaustauscher geleitet, wo es das im Gegenstrom durchfliessende Frischwasser aufwärmt. Erschwerend für die Planung der Wärmerückgewinnung wirkte sich der schwallweise Anfall des Abwassers, sowie die zeitliche Verschiebung von Abwasseranfall und Frischwasserbedarf. Zur Lösung dieses Problems drängte sich die Anordnung von Speichern auf; das sowohl auf der warmen Abwasser-, als auch auf der warmen Frischwasserseite.

Das System funktioniert im einzelnen wie folgt:

Das warme Abwasser wird in einen Zwischenspeicher geleitet, der im Stollen der Turbinendruckleitung aufgestellt ist.

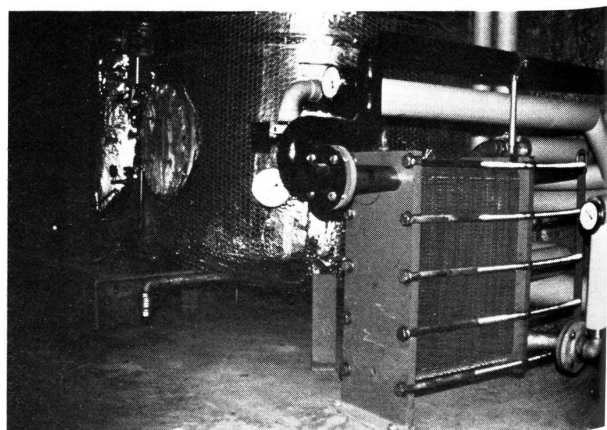
Eine mit Niveauregler gesteuerte Pumpe fördert das Wasser in einen Schmutzwasserspeicher von 8 m³ Inhalt hinauf. Ist der Speicher bereits gefüllt, läuft das Abwasser über einen Tauchbogen im Zwischenbehälter weg.

Zur Speicherung des warmen Frischwassers sind drei Behälter zu je 5 m³ Inhalt aufgestellt. Für die Erwärmung des Wassers sind zwei Ladesysteme vorgesehen. Entweder erfolgt die Aufwärmung über einen Heisswasserwärmetauscher oder über den Plattentauscher der Wärmerückgewinnung. Beim Ladevorgang wird das Frischwasser über die Speicher umgewälzt bis die eingestellte Temperatur am Speicher 1 erreicht ist. Bei Wärmerückgewinnung ist zugleich eine Pumpe in Betrieb, die Abwasser aus dem Schmutzwasserspeicher absaugt und durch den Plattentauscher drückt von wo es abgekühlt zur fabrikeyigen Kläranlage fliesst.

Dieser ganze Ablauf erfolgt automatisch durch eine einfache Steuerung mit folgenden Funktionen:

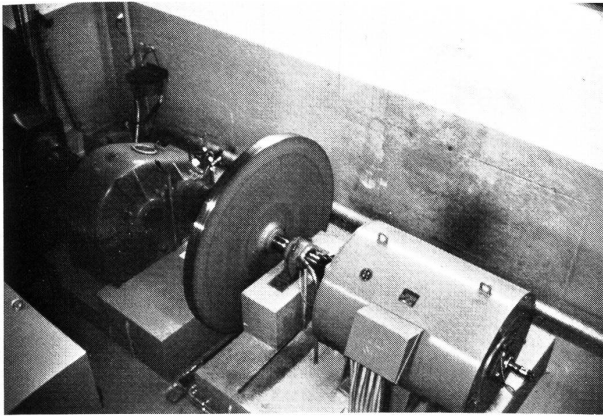
Während des Tages wird soweit als möglich die Wärme aus dem Abwasser genutzt. Je nach Färbeflotte ist es möglich, dass die verlangte Temperatur von 45 °C nicht erreicht wird. Dann wird das Wasser im Speicher 3 über den Heisswasserumformer auf die notwendige Temperatur nachgewärmt.

Ist nach Arbeitsschluss noch warmes Wasser im Schmutzwasserspeicher wird dieses unter Abgabe der Wärme an das Frischwasser weggepumpt. Der leere Speicher kann nun das erste Abwasser der Frühschicht bereits wieder aufnehmen.



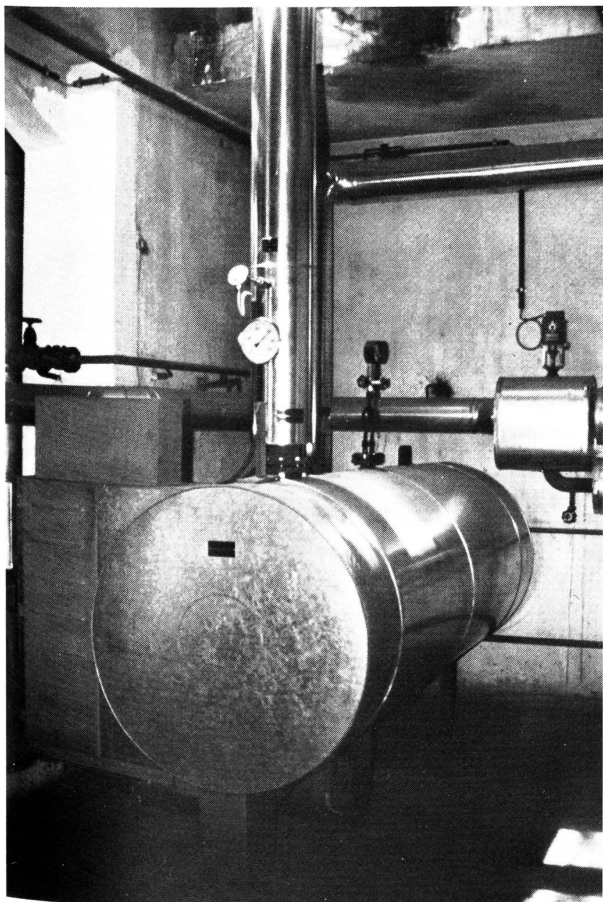
Plattentauscher, dahinter unterer Teil des Schmutzwasserspeichers





Rohrturbine, Getriebe, Schwungrad und Generator

Bei Arbeitsbeginn am Morgen ist der Warmwasserbedarf am grössten, weil alle Färbeapparate gefüllt werden müssen. Dazu reicht aber die durch Rückgewinnung gespeicherte Wärme nicht aus. Es ist deshalb nötig, nachts die Temperatur in den Speichern auf 90 °C zu erhöhen. Sobald der Schmutzwasserspeicher leer ist, erfolgt automatisch die Umschaltung auf den Heisswasserumformer. Sind alle drei Speicher 90 °C warm, wird der Ladevorgang abgebrochen. Die nachts bezogene Wärme stammt normalerweise aus der eigenen Stromerzeugung.

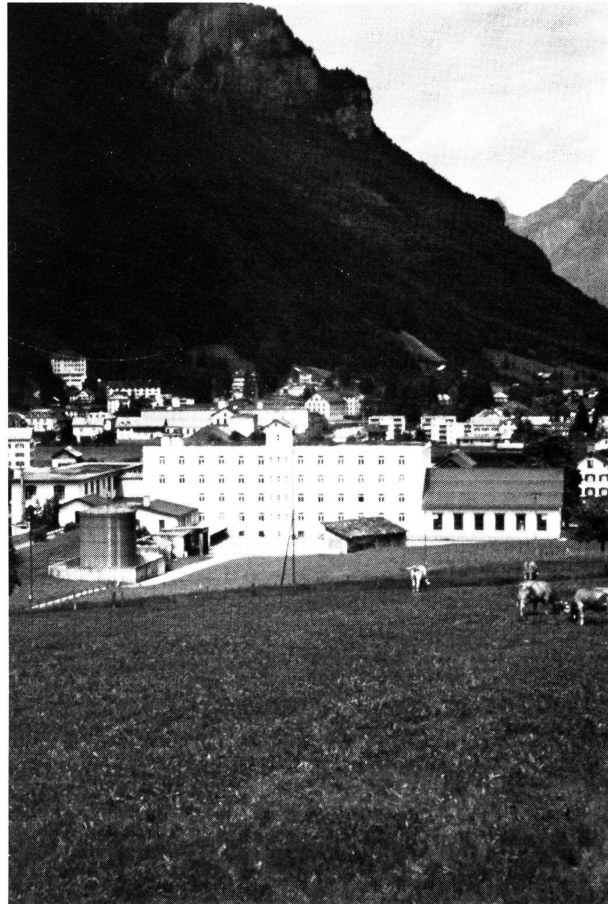


Elektroumformer

## Planung des Färbebetriebes

Obwohl die Wärmerückgewinnung und der Heizbetrieb mit Heisswasser automatisch ablaufen, ist eine seriöse Planung der Färbeprozesse sehr wichtig. Der Färbermeister muss darauf achten, dass er den Ablauf so plant, damit immer etwa Wasser gleicher Temperatur wegfliessen. Mit Vorteil wird am Morgen Garn gefärbt, das eine höhere Temperatur verlangt, da im Laufe des Tages Abwassertemperatur und somit auch die Warmwasserzulauftemperatur sinkt.

## Wer ist Bebié AG Linthal?



Ansicht auf einen Fabrikteil

Die Firma Bebié AG ist ein Tochterunternehmen der Coop-Gruppe. In den Abteilungen Spinnerei, Zwirnerei und Färberei werden Handstrickgarne hergestellt. Mit einer Belegschaft von 95 Personen werden jährlich 400 000 kg Garn hergestellt.

Erwin Ochsner  
Toscano, Bernardi, Frey AG  
Planer und Ingenieure  
8006 Zürich



Wer *Rieter* an der ITMA  
nicht besuchen konnte, wird  
staunen, welche Neuigkeiten  
**RIETER** an der ITMA zu  
bieten hatte:

Damit kommen Sie zu Prospekten mit Daten und Fakten über die neuesten Produkte von Rieter.  
Ich will Verpasstes nachholen, schicken Sie mir Ihre

Prospekte:

Firma/Name: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Ausschneiden und einsenden an: Maschinenfabrik Rieter AG CH-8406 Winterthur, Schweiz

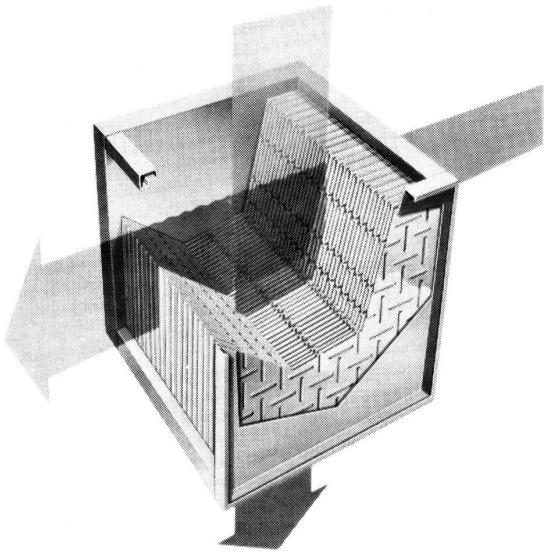
## Energierückgewinnung aus Luft, Wasser und Abfall

### 1. Energierückgewinnung aus Luft

Seit 1974 baut Hoval Geräte zur Wärmerückgewinnung aus Abluft. Sei dies nun in Lüftungs-, Klima-, Schwimmbad- oder Industrieprozessanlagen. Bis heute sind in der Schweiz über

5000 Anlagen → 17 Mio. m<sup>3</sup>/h Luftleistung

mit Hoval-Wärmerückgewinnungsapparaten ausgerüstet. Auf der Basis von Durchschnittswerten errechnet, sparen diese Anlagen 30 000 Tonnen Öl. Das verbreitetste System für die Wärmerückgewinnung aus Abluft sind die Plattentaucher:



Hoval Plattenwärmetauscher

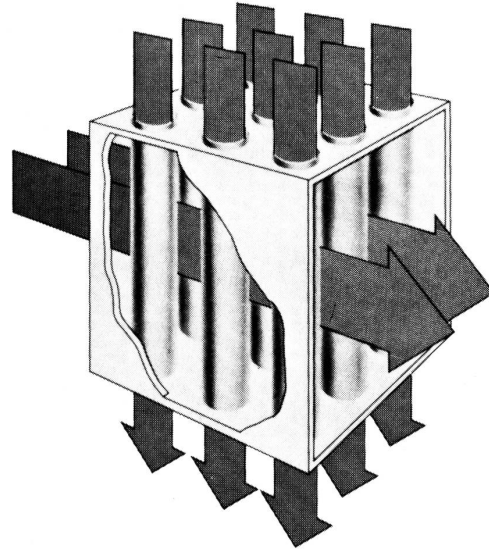
Die warme Frontluft streicht, durch eine dünne Platte getrennt, an der kalten Zuluft vorbei. Dadurch entsteht ein Wärmeaustausch, ohne dass sich die beiden Luftströme berühren. Dies garantiert, dass keine Verunreinigungen, Gerüche, Feuchtigkeit usw. übertragen werden können.

Das geringe Gewicht, der hohe Wirkungsgrad (60–75%) und der günstige Preis, erlauben die Verwendung bereits bei kleinen Luftmengen und Temperaturdifferenzen. Die Wahl zwischen verschiedenen Korrosionsschutzarten der Aluminiumplatte ermöglicht zudem den Einsatz in anspruchsvollen Lüftungs- oder Prozessanlagen.

Lüftungs- und Absaugungsanlagen sowie Trocknungsprozesse in der Industrie und in gewerblichen Betrieben stellen hohe Anforderungen an Wärmerückgewinnungsanlagen. Die seit Jahren erprobten Glasrohr-Wärmetauscher von Air Fröhlich sind für solche Ansprüche gebaut. Sie sind absolut korrosionsbeständig, schmutzunempfindlich und leicht zu reinigen. Sie haben sich in einer Vielzahl von Einsatzgebieten bewährt, zum Beispiel in:

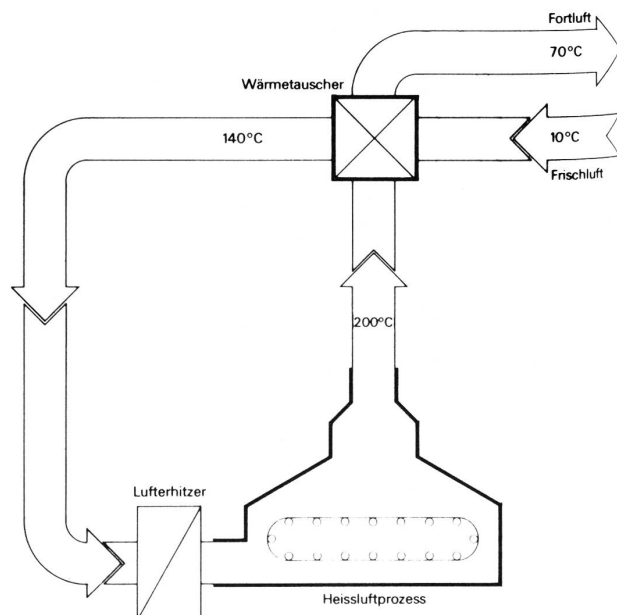
- Galvanischen Betrieben
- Färbereien
- Absaugungen über Behandlungsbädern
- Textilveredlungsbetriebe

- Druckereien
- Papier- und Zelluloseindustrie
- Schweiss- und Farbspritzabsaugungen
- Prozessen zur Kunststoffherstellung
- Wäschereien
- Chemielabors
- Krankenhäusern und Hallenbädern

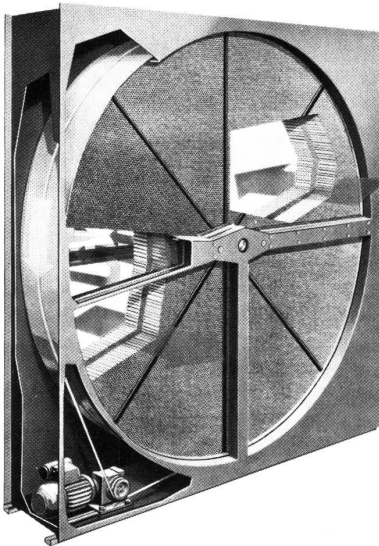


Air-Fröhlich-Glasrohrwärmetauscher

Beim Air-Fröhlich-Glasrohr-Wärmetauscher bilden die Glasrohre die Trennfläche zwischen den beiden Luftströmen. Der hohe Wirkungsgrad von 65–80% ermöglicht beträchtliche Einsparungen. Dies ergibt zum Beispiel für eine Anlage mit einer Luftleistung von 10 000 kg je Stunde, einer Temperaturdifferenz von 190 °C und 4000 h jährlicher Betriebsdauer eine Einsparung von etwa 175 000 kg Heizöl.



Wird bei einer Lüftungsanlage Wärme und Feuchte zurückgewonnen, so kommt vorteilhaft der Rotationswärmetauscher zum Einsatz.



Hoval  
Rotationswärmetauscher

Das Prinzip des Rotationswärmetauschers besteht darin, dass die Abluft die eine, die Zuluft die andere Hälfte des Rotors durchströmt. Durch die Drehung wird dabei Wärme und Feuchte, oder Kälte übertragen. So kann bis zu 85% der in der Fortluft enthaltenen Energie auf die Zuluft übertragen werden.

*Beispiel einer Wärmerückgewinnung bei der Produktion von Kindernahrungsmittel in einem Milchtrockenwerk:*

|                           |                                                                           |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Verdampfungsleistung      | 550 kg Wasser je Stunde                                                   |
| Lufterhitzer              | dampfbeheizt, Trocknungs-<br>temperatur 150 °C                            |
| Brennstoff                | Heizöl S, Hu = 40 130 kJ/kg<br>(9600 kcal/kg);<br>Kesselwirkungsgrad: 85% |
| Jährliche Betriebsstunden | 4000 h/a                                                                  |

#### Ermittlung der Energieersparnis

|                                     | Leistungsdaten<br>ohne Wärmerückgewinnung | Leistungsdaten<br>mit Wärmerückgewinnung | Leistung des Wärmetauschers                      |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Zuluftmenge                         | 7,92 kg/s<br>(= 28 500 kg/h)              | 7,92 kg/s<br>(= 28 500 kg/h)             | –                                                |
| Zuluftzustand (aus Raum)            | 26,5 °C / 60% r.F.                        | 26,5 °C / 60% r.F.                       | Erwärmung von 26,5 °C auf 63 °C                  |
| Abluftmenge                         | 8,07 kg/s<br>(= 29 050 kg/h)              | 8,07 kg/s<br>(= 29 050 kg/h)             | –                                                |
| Abluftzustand Temperatur            | 83 °C                                     | 83 °C                                    | Abkühlung von 83 °C<br>auf ca. 47 °C             |
| Abs. Feuchte                        | 34 g/kg                                   | 34 g/kg                                  |                                                  |
| Energieverbrauch<br>am Lufterhitzer | 983 kW<br>(= 845 000 kcal/h)              | 692 kW<br>(= 595 000 kcal/h)             | Einsparung 291 kW<br>(= 250 000 kcal/h)          |
| Dampfverbrauch                      | 1595 kg/h                                 | 1120 kg/h                                | Einsparung 475 kg Dampf/h                        |
| Jährlicher Brennstoffverbrauch      | 414 200 kg/a                              | 291 600 kg/a                             | Einsparung <b>122 600 kg/a</b><br>– <b>29,6%</b> |

Die mit Air-Fröhlich-Wärmerückgewinnungs-Anlagen erreichbaren hohen Energieeinsparungen schlagen sich als spürbare Betriebs- oder Produktionskostenvermindernungen nieder.

Die Praxis zeigt, dass die Investitionen für die Wärmerückgewinnungs-Anlage in Form dieser Betriebskosteneinsparungen in kürzester Zeit zurückfließen. Die Kapitalrückflusszeit ist jedoch stark abhängig von der jährlichen Betriebszeit des Trockners und selbstverständlich von den Brennstoffkosten.

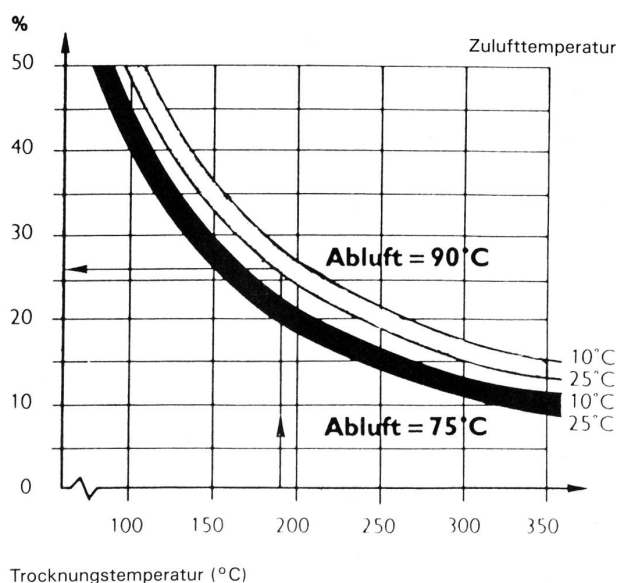
Kapitalrückflusszeiten von 1 bis 4 Jahren, im Mittel etwa alle 2,5 Jahre, sind in den meisten Fällen realisierbar. Dabei sind investitionsmässig sowohl der Gesamtaufwand, inklusive bauliche Massnahmen und Reinigungseinrichtungen, wie auch betriebliche Mehrkosten für Strommehrverbrauch an den Ventilatoren und der Aufwand für Reinigungsmittel berücksichtigt.

*Die Energieeinsparung ist abhängig von der Trocknungstemperatur sowie von der Abluft- und Frischlufttemperatur*

Die prozentuale Energieeinsparung lässt sich aus diesem Diagramm ermitteln. Der obere Bereich gilt für eine Ablufttemperatur von 90 °C, der untere für eine solche von 75 °C, jeweils für Zulufttemperaturen zwischen 10 °C (Aussenluftansaugung) und 25 °C (Raumluftansaugung).

Beispiel:  
Trocknungstemperatur 190 °C  
Ablufttemperatur 90 °C  
Frischlufftemperatur 20 °C (Raumluft)

Energieeinsparung





**Resultat:**

Einsparung am Luftherhitzer, das heisst an aufzunehmender Primärenergie oder auch an Heizleistung: 26%

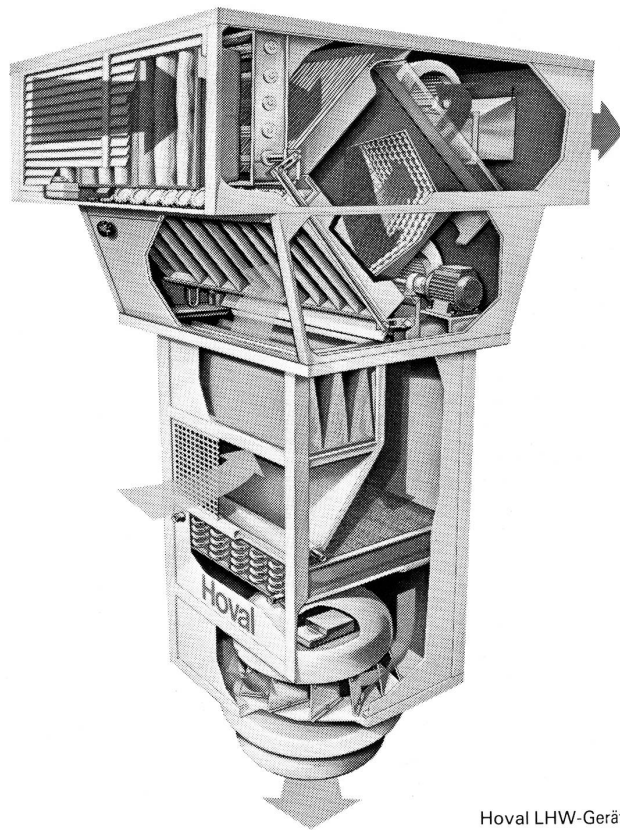
**Wärmerückgewinnung in Industriehallen**

Schlechtes Klima am Arbeitsplatz hat auch schlechtere Arbeitsleistung, erhöhte Unfallraten und Krankmeldungen zur Folge. Mit viel Sauerstoff angereicherte Luft dagegen erhöht die Konzentrationsfähigkeit und Leistung des Mitmenschen.

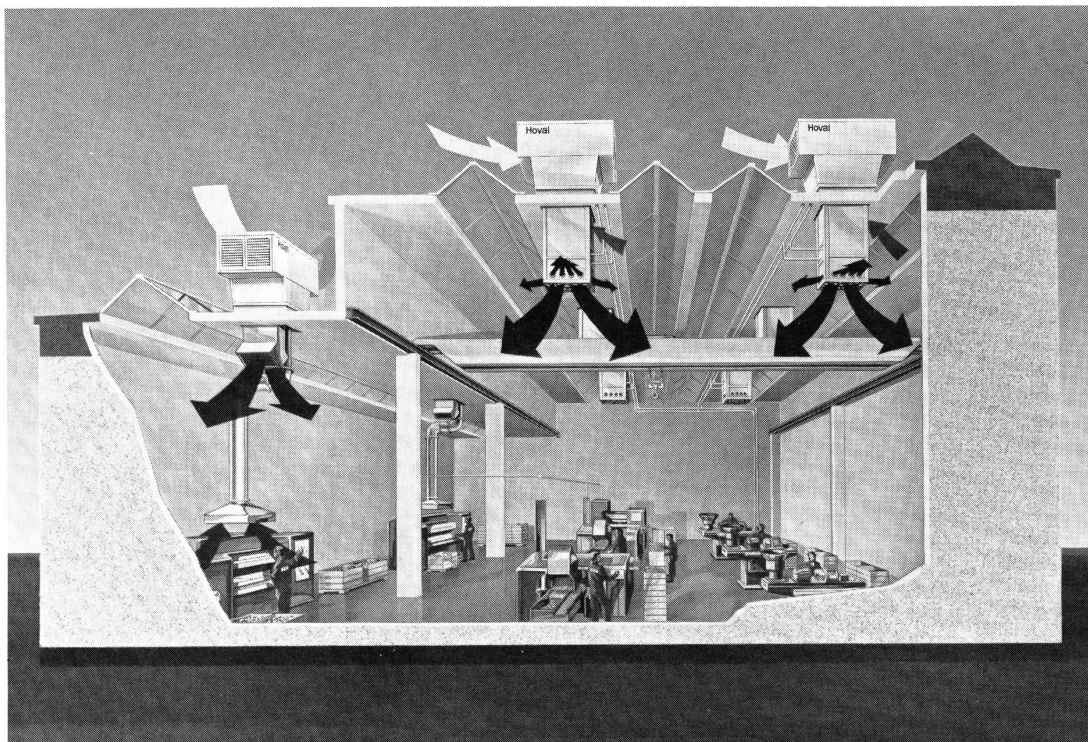
Das Hoval LHW-System ermöglicht hohe Luftwechselzahlen und hohe Lüftungsqualität bei geringen Investitionskosten und schneller Amortisation durch Wärmerückgewinnung.

Beim Neubau von Industriehallen war bisher die Lüftungs- und Heizungsanlage ein ganz entscheidender Kostenfaktor. Bei bereits bestehenden Hallen nachträglich für eine bessere Lüftung zu sorgen war oft aus Kosten- und architektonischen Gründen unmöglich.

Das Hoval LHW-System ist dagegen so flexibel und platzsparend, dass es selbst bei baulich ungünstigen Voraussetzungen leicht nachträglich integriert werden kann.



Hoval LHW-Gerät



Halle LHW

Die verschiedenen Anlagen in der Schweiz, so zum Beispiel Netstal Maschinen AG in Näfels, Bühler AG in Uzwil, SRO Kugellagerwerke in Zürich, Waffenfabrik Bern, Sandoz AG in Basel, Terlinden in Küsnacht etc. haben erwiesen, dass oft schon nach weniger als drei Jahren der Gewinn durch die Energieersparnis grösser ist als die Investition für die Wärmerückgewinnung.

**2. Energierückgewinnung aus Wasser**

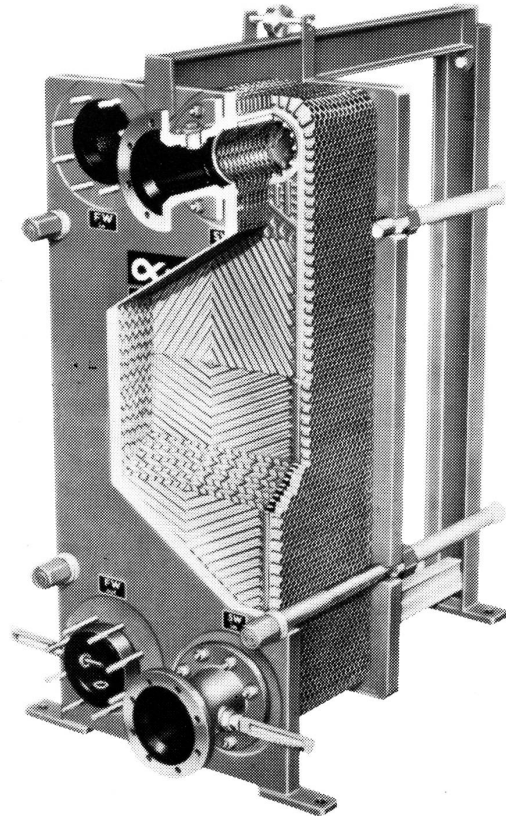
Warmes Abwasser kann mit Hilfe eines Wärmetauschers für die Vorwärmung von Boilerwasser oder als Wärmequelle einer Wärmepumpe verwendet werden. Es bieten sich zwei Sorten von Tauschern an, der Rohrbündel- und der Plattenwärmetauscher. Da bei der



Ausnützung vom Abwasser meistens kleine mittlere Temperaturdifferenzen vorhanden sind, hat der Plattenwärmetauscher mit seiner grossen Austauschfläche bei kompakter Bauweise entscheidende Vorteile.

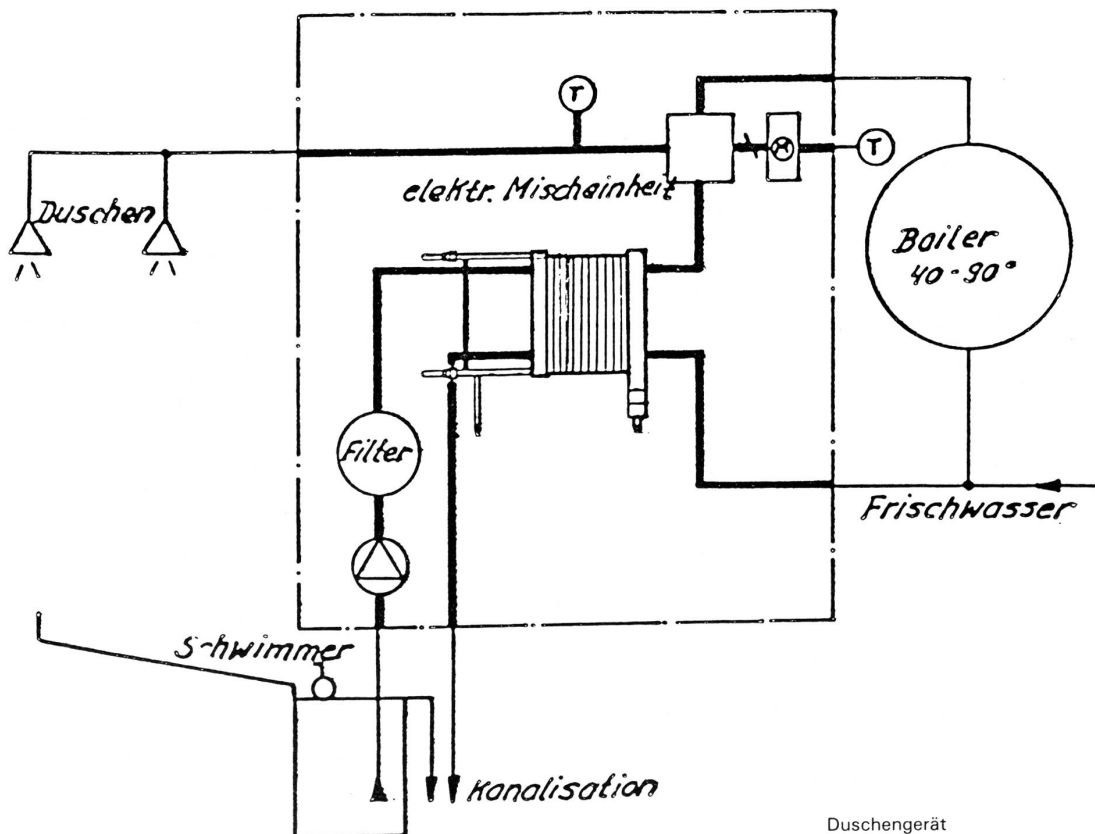
Der Alfa-Laval-Plattenwärmetauscher besteht aus einer variablen Anzahl von abgedichteten Kanalplatten, die mit Seitenbolzen zwischen einer feststehenden Gestellplatte und einer beweglichen Druckplatte gespannt sind. Die Kanalplatten und Druckplatten werden auf einer mittig angeordneten, oberen Tragstange aufgehängt und auf einer ähnlich gestalteten unteren Tragstange geführt. Strömungsöffnungen an den Ecken der Kanalplatten sind so angeordnet, dass die beiden flüssigen Medien abwechselungsweise im Gegenstromprinzip zwischen den Platten durchströmen.

Diese Anordnung, zusammen mit den speziell gewellten Platten, ermöglichen Temperaturunterschiede von nur  $1^{\circ}\text{C}$  bei den Kreisläufen.



**ALFA-LAVAL** *Duschen-Unit*

Alfa-Laval-Plattenwärmetauscher



Duschengerät

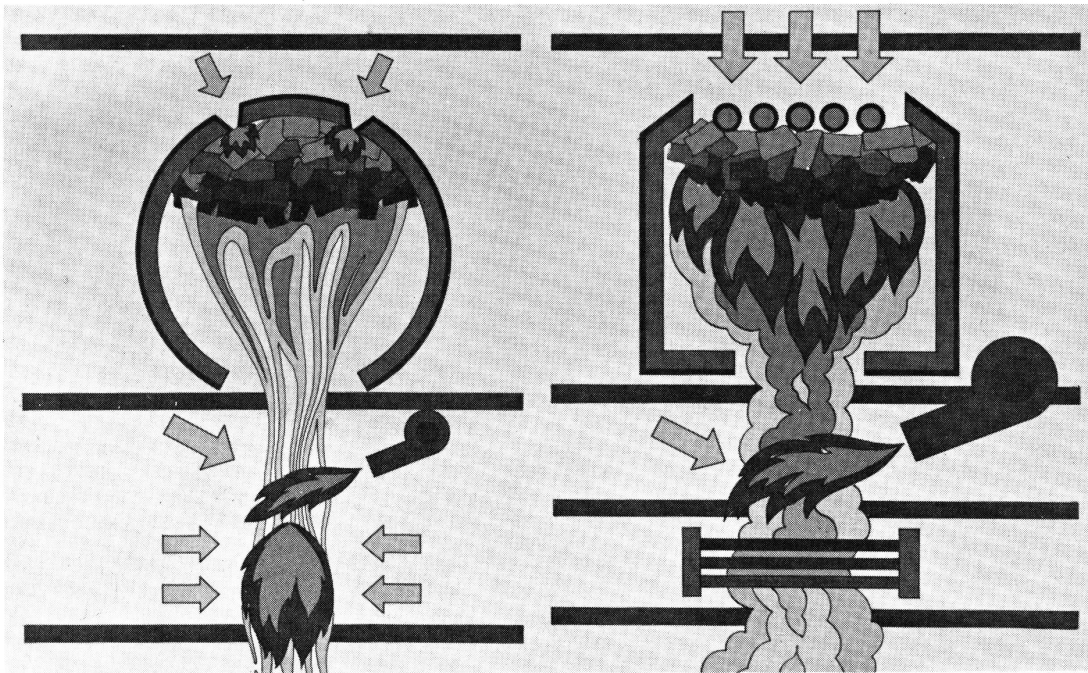
### 3. Energierückgewinnung aus Abfall

Der Hoval-Pyrolyse-Ofen ermöglicht es, Energie aus Produktionsrückständen zu gewinnen. Die Funktion der Hoval-Pyrolyse ersehen Sie aus nachfolgendem Systemvergleich.

schriebenen Grenzwerte sind intensive Nachverbrennung und aufwendige, mit hohen Kosten verbundene Filtersysteme erforderlich.

#### Hoval-Pyrolysesysteme

Brennstoffe werden unter Hitzeeinwirkung und bei Sau-

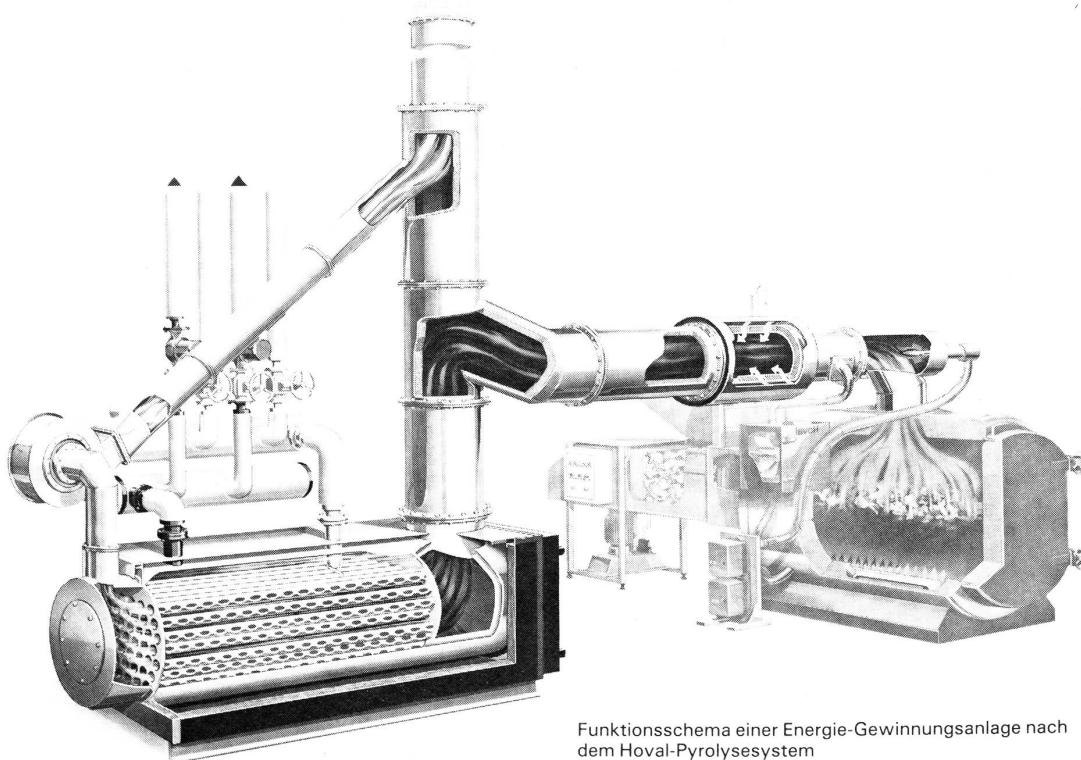


Systemvergleich

#### Konventionelle Verbrennung

Es entstehen Rauchgase mit unverbrannten Gasanteilen und hoher Staubkonzentration. Zur Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen und Sicherung der vorge-

erstoffmangel verschwelt. Beim Pyrolyse-Prozess werden nur wenig Staubteilchen oder andere Feststoffemissionen in den Rauchgasen mitgeführt. Die entstehenden brennbaren Gase werden in einer zweiten Nutzungsstufe rückstandsfrei verbrannt.



Funktionsschema einer Energie-Gewinnungsanlage nach dem Hoval-Pyrolysesystem

### Pyrolysekammer mit Thermoreaktor

In der Pyrolysekammer werden die unterschiedlichsten Produktionsrückstände unter Hitzeeinwirkung bei gleichzeitigem Sauerstoffmangel verschwelt. In einer zweiten Verfahrensstufe verbrennt das bei diesem Pyrolyse-Prozess erzeugte Schwelgas in einer thermischen Mischkammer – dem Thermoreaktor – bei Temperaturen von 1200 °C. Beim Hoval-Pyrolyse-System gibt es – im Gegensatz zu herkömmlichen Verbrennungsverfahren mit Sauerstoffüberschuss – keine Umweltbelastung durch Staub und Aschenteile in den Rauchgasen. Unbrennbare Bestandteile verbleiben in der Pyrolysekammer und werden ihr nach der Abkühlung zum Deponieren entnommen. Auch eine Geruchsbelästigung wird vermieden – die hohen Temperaturen im Thermoreaktor sichern eine geruchsfreie Verbrennung der Pyrolysegase.

### Beschickung

Art und Dimensionierung der Beschickungsanlagen kann sich im Hoval-Pyrolysesystem ohne Einschränkung nach den betriebsspezifischen Gegebenheiten richten. Je nachdem, welche Produktionsrückstände der Energiegewinnung zugeführt werden sollen, werden Zerkleinerungsanlagen, Förderbänder, Förderschnecken, Zykclone, Absauganlagen, hydraulische Pressen oder – bei flüssigen Produktionsrückständen – Pumpen mit der Pyrolysekammer verbunden. Für konventionelle Anlagen stehen im Rahmen eines Baukastensystems verschiedene Standardausführungen zur Verfügung. Weitgehende Automatisierung ist möglich.

### Wärmetauscher für Warmwasser, Heisswasser oder Dampf

Zur Nutzung der vom Thermoreaktor erzeugten sauberen, heißen Gase stehen im Hoval-Pyrolysesystem ebenfalls – je nach Aufgabenstellung – Hochleistungswärmetauscher unterschiedlicher Leistung als Baukasten-Elemente bereit. Sie können der Erzeugung von Warmwasser, Heisswasser oder Dampf dienen und ihre Auslegung kann auf das im Unternehmen bereits vorhandene System abgestimmt werden.

### Viele Unternehmen besitzen eine eigene Energiequelle und wissen es nicht

Dazu gehören nicht nur Industriebetriebe. Auch bei Banken, Einkaufszentren, Verwaltungen, Krankenhäusern fallen täglich Brennstoffe in Mengen an, die Energiegewinnung durch das Hoval-Pyrolysesystem wirtschaftlich machen. Zumal die Energiequellen bisher fälschlicherweise als «Abfälle» betrachtet wurden. Und mit oft hohen Kosten abtransportiert, gelagert oder vernichtet werden mussten.

### Verschenkter Heizwert ersetzt teure Import-Energie

Drei Beispiele: Eine Tonne Verpackungsmaterial entspricht der Energie von 250 bis 300 kg Heizöl. Eine Tonne Krankenhausabfälle ist mit dem Heizwert von 160 kg Heizöl gleichzusetzen. Mit einer Tonne Kunststoffabfällen lässt sich die Heizenergie von 500 kg Heizöl erzeugen.

### Moderne Klimaanlage

Immer wieder taucht in Diskussionen bei Behörden, Architekten, Bauherren und sogar bei Energiefachleuten die Frage auf: Welchen Energieverbrauch hat denn eigentlich eine Klimaanlage? Da wird doch von Gegnern einfach die These in den Raum gestellt: «Klimaanlagen sind Energiefresser!».

Viele Leute, vor allem Politiker, Presse und Benützer glauben diese These vorbehaltlos. In Entwürfen der Energiegesetze werden Verbote von Klimaanlage gefordert. Was stimmt nun wirklich?

Wie aus einem von Konstantin Müller, beratender Ingenieur, Basel, veröffentlichtem Bericht entgeht, wurde eine Untersuchung über den Energieverbrauch von Klimaanlage ausgeführt. Einige Punkte aus diesem Bericht:

### Beschreibung der untersuchten Systeme

A-Gebäude mit Raumheizungsanlagen, statische Heizflächen unter den Fenstern. Die Räume werden natürlich be- und entlüftet (Fensterlüftung). Temperaturschwankungen Sommer/Winter werden in Kauf genommen.

B-Gebäude mit Heizungs- und Klimaanlage. Statische Heizflächen unter den Fenstern. Fenster zu öffnen. Die Raumluft wird mittels Niederdruck-Einkanalanlage konditioniert. Konstantvolumensystem: Heizen, befeuchten, im Sommer kühlen. Keine Wärmerückgewinnungssysteme.

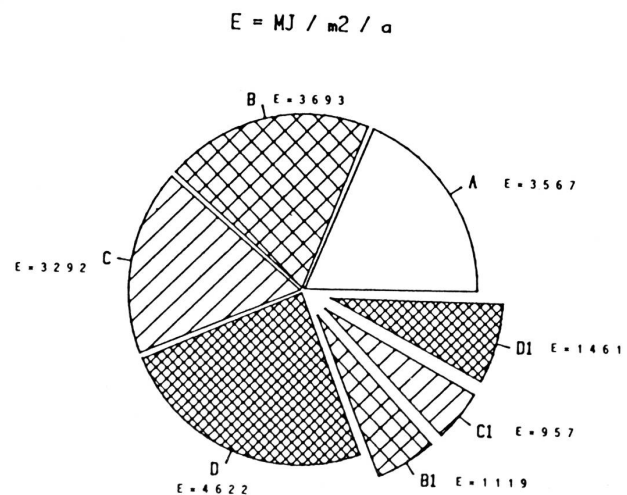
C-Gebäude mit Heizungs- und Klimaanlage. Statische Heizflächen unter den Fenstern. Fenster zu öffnen. Die Raumluft wird mittels Variabel-Volumenstrom, System Einkanal-Hochdruck, konditioniert. Heizen, befeuchten, im Sommer kühlen. Keine Wärmerückgewinnungssysteme.

D-Gebäude mit Klimaanlage. 4-Leiter-Klimakonvektoren-Anlage. Fenster zu öffnen. Individuelle Raumregelung. Die Raumluft wird immer auf die Bedürfnisse des Benützers konditioniert (heizen, kühlen). Die Primärluftversorgung übernimmt das Befeuchten. Keine Wärmerückgewinnungssysteme.

B1-Ausführung wie B, jedoch sämtliche Anlagen mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpenschaltung der Kältemaschinen.

C1-Ausführung wie C, jedoch sämtliche Anlagen mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpenschaltung der Kältemaschinen.

D1-Ausführung wie D, jedoch sämtliche Anlagen mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpenschaltung der Kältemaschinen.



Vergleich Energiekennzahl

Wer jetzt noch von Energiefressern sprechen will, muss stark enttäuscht sein, denn sämtliche Systeme mit Klimaanlage brauchen nur zwischen 26% und 40% der Gesamtenergie eines gleichen Gebäudes, das nur mit einer Heizungsanlage und Fensterlüftung ausgerüstet ist.

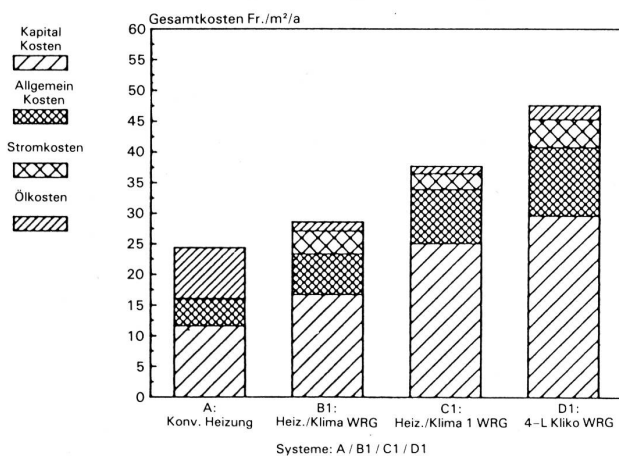
Damit soll nicht gesagt sein, jedes neue Gebäude soll mit einer Klimaanlage ausgerüstet werden. Auch die Fachleute sind sich da schon lange einig, Klimasysteme sollen nur dort eingesetzt werden, wo sie unbedingt erforderlich sind.

Der von der politischen Seite so oft geforderte Bedürfnisnachweis muss deshalb bei jeder Planung von Neubauten durchgeführt werden. Die gleich guten Resultate der Energiekennzahl erreicht man auch beim Einsatz von einfacheren lufttechnischen Anlagen.

Im Vergleich der Verbrauchswerte für die einzelnen Energiearten sieht das Bild wie folgt aus: Werte in MJ und Prozent.

| Energieart | Heizöl |       | Strom   |        |            |      |
|------------|--------|-------|---------|--------|------------|------|
|            | Objekt | Wärme | Fördern | Kühlen | Wärmepumpe |      |
| A)         |        | 3245  | 100 %   | 5,4    | 100%       | 0    |
| B)         |        | 3266  | 100,6%  | 63,0   | 1166%      | 39,6 |
| C)         |        | 2882  | 88,8%   | 50,4   | 933%       | 32,4 |
| D)         |        | 4163  | 128,3%  | 81,0   | 1500%      | 54,0 |
| B1)        |        | 640   | 19,7%   | 90,0   | 1666%      | 39,6 |
| C1)        |        | 534   | 16,4%   | 64,8   | 1200%      | 32,4 |
| D1)        |        | 961   | 29,6%   | 100,8  | 1866%      | 54,0 |

Vergleich Gesamtbetriebskosten  
Konv. Heizung/Mod. Klimasysteme



Umfangreiche Wirtschaftlichkeitsrechnungen wurden angestellt. Der Entscheid fiel einstimmig auf das System C1, 73% weniger Energie als A und der Vorteil der ganzjährigen Luftqualität mit der Luftbehandlung.

### Schlussbetrachtung

Moderne Klimaanlage sind keine Energiefresser! Im Gegenteil, nur mit modernen lufttechnischen Systemen, ob Lüftungs- oder Klimaanlage, kann der Energiehaushalt reduziert werden. Hoval bietet Ihnen mit dem variablen Volumenstrom – sowie den Kaltwassermaschinen mit Doppelkondensatoren von Carrier und den Wärmerück-

gewinnungsapparaten – kompetente Partnerschaft für wirtschaftliche Klimaanlage.

M. Woerz  
Leiter Klima und Wärmerückgewinnung  
Hoval Herzog AG  
8706 Feldmeilen

## Messgeräte für die Klimatechnik

Das präzise Messen von physikalischen Grössen ist heute von entscheidender Bedeutung, bilden diese Werte doch die Grundlage zur Berechnung und Überwachung von wirtschaftlichen Anschluss- und Leistungswerten in der Klima- und Heizungstechnik. Der Aufsatz befasst sich mit der mechanischen Messung von Temperatur, Luftdruck und -feuchtigkeit, also mit den drei Elementen, die im Oberbegriff Klima enthalten sind.

### Klima

Unter den Begriff «Klima» fallen drei verschiedene Bedeutungen:

#### Meteorologie/Natur

Der für ein bestimmtes geographisches Gebiet charakteristische Ablauf der Witterung. Dieser beeinflusst die Lebensweise von Mensch, Tier und Vegetation ganz entscheidend.

#### Technik

Künstlich hergestellte Luft-, Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse in einem Raum oder Fahrzeug. Das gestiegene Komfortbedürfnis des Menschen dürfte diese Entwicklung stark gefördert haben.

#### Übertragener Sinn

Soziale oder politische Stimmung bzw. Atmosphäre, die ihren Ursprung in den zwischenmenschlichen Beziehungen haben kann (z.B. «Betriebsklima»).

Alle drei Definitionen üben auf das menschliche Wohlbefinden einen grossen Einfluss aus.

## Das Messen allgemein

Messen wird heute wie folgt definiert:

«Festhalten, wie oft in einer zu messenden physikalischen Grösse eine gleichartige, im voraus festgelegte Masseinheit enthalten ist.»

Messen ist demnach ein Vergleich, das Ergebnis eine Gleichung. Dazu brauchen wir ein Gerät oder eine Vorrichtung, verbunden mit einer entsprechenden Masseinheit.

Praktische und juristische Überlegungen führten zur Festlegung möglichst genauer und reproduzierbarer Masseinheiten. In neuester Zeit definiert man die fundamentalen Masseinheiten durch Naturvorgänge, die im Laufe geschichtlicher Zeiten als unverändert gelten können.



Die Geschichte der Metrologie (griech. «metron», was «Mass» bedeutet) bestätigt, dass der Mensch von alters her versucht hat, Masse zu standardisieren und reproduzierbar zu machen, mit möglichst grosser «Wiederholgenauigkeit». Vorerst orientierte sich der Homo sapiens an den Naturmassen, z.B. nach der Körpergrösse (Fuss, Elle) oder nach einer Reihe von Samenkörnern. Die menschliche Kraft konnte in Form einer «Steinwurfweite» gemessen werden; auch die lange gebräuchliche «Pferdestärke» stammt aus der Natur. Wohl sehr früh wurden auch die Sonne und der Mond als Basis der Zeiteinheit erkannt.

Von den Anfängen des Messens und Eichens, wo erste Versuche einer Längen- und Zeitdefinition gemacht wurden, über die Meterkonvention in Paris (am 30. Mai 1875 von 17 Staaten unterzeichnet), bis zu den modernen mechanischen und elektronischen Messgeräten, ist ein langer und mühsamer Weg, verbunden mit tausenden von Jahren Kulturgeschichte der Menschheit.

Vor mehr als einem Jahrhundert fanden der deutsche Arzt, J.R. Mayer und der Engländer J.P. Joule Erkenntnisse über die Äquivalenz von Arbeit, Wärmemenge und Energie. Das beginnende technische Zeitalter mit der damit verbundenen Industrialisierung erforderte immer genauere Messmethoden und Masseinheiten. Mit der Meterkonvention von 1875 wurde die Basis für eine internationale Normierung der Masseinheiten geschaffen. Daraus entstand denn auch «Das Internationale Komitee für Mass und Gewicht» (Comité International des Poids et Mesures). Mit dem sogenannten Internationalen Einheitensystem (= SI, *Système International d'Unités*), wie wir es heute kennen, wurde eine übersichtliche Ordnung bezüglich der Masseinheit geschaffen, ohne die das Messwesen ja gar nicht auskommt. Dass das SI absolut und unabhängig von den Verhältnissen auf der Erde ist, beweist, dass wir im Zeitalter der Raumfahrt leben.

## Die Temperatur

Die Temperatur ist ein Mass für die Intensität der Wärme.

Die Basiseinheit im SI-System ist das Kelvin mit dem Kurzzeichen K. Das Kelvin ist der 273,16te Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunktes von reinem Wasser. Der Tripelpunkt (= 273,16 K) beschreibt den Zustand des Wassers, in welchem dieses gleichzeitig in der festen, flüssigen und gasförmigen Phase auftritt. Der Tripelpunkt ist 0,01 K höher als der Schmelzpunkt von Wasser bei einem absoluten Druck von  $p_{abs} = 1013,25 \text{ mbar}$ , und somit mit diesen fast identisch.

Der Nullpunkt der thermodynamischen Temperatur (0 K) ist die tiefste theoretisch erreichbare Temperatur.

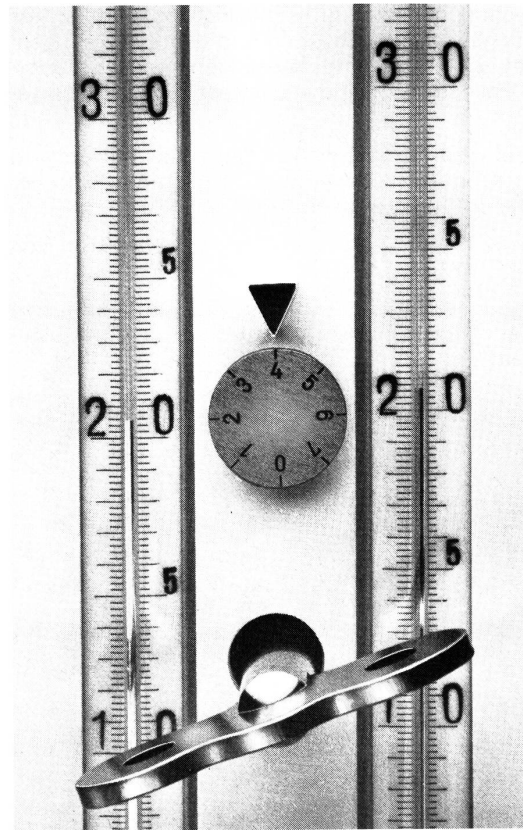
Als gesetzliche Temperaturskala ist in Europa neben der Kelvin- auch die Celsius-Skala zulässig. Die Einheit ist das Grad Celsius mit dem Kurzzeichen °C. Die Celsius-Skala ist gegenüber der Kelvin-Skala um 273,15 K verschoben, so dass 0 °C dem Schmelzpunkt und 100 °C dem Siedepunkt von reinem Wasser entsprechen.

In der Meteorologie wird mit der Celsius-Skala gearbeitet.

Das Formelzeichen für Lufttemperatur ist  $t_{amb}$ .

Gemessen wird die Temperatur mit dem Thermometer, das sich in drei Hauptgruppen bezüglich Aufbau aufteilen lässt:

## Flüssigkeits-Glasthermometer

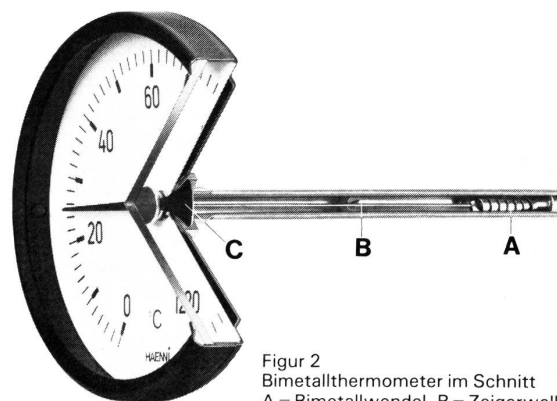


Figur 1  
Beispiel eines Flüssigkeits-Glasthermometers. Oft werden sie zum besseren Schutz in Holz oder Metall gefasst (z.B. Einbau in Armaturen oder Mantelrohre); im vorliegenden Fall sind sie in einem Aspirations-Psychrometer eingebaut.

Hier wird, wie beim Flüssigkeits-Federthermometer, die thermische Ausdehnung der Füllflüssigkeit (z.B. Quecksilber oder Alkohol) zur Temperaturmessung benutzt. Als Anzeige dient jedoch der Stand der Flüssigkeit in der mit einer Skala verbundenen Kapillare.

Da Industriethermometer oft rauen Betriebsbedingungen ausgesetzt sind, eignen sich die Glasthermometer weniger dazu. Auch wird beim heutigen Umweltschutzdenken auf die Gefahr von eventuell auslaufendem Quecksilber aufmerksam gemacht.

## Bimetallthermometer



Figur 2  
Bimetallthermometer im Schnitt  
A = Bimetallwendel, B = Zeigerwelle, C = Zeiger

Das Messglied besteht aus einer Bimetallwendel. Bimetall ist ein Werkstoff, welcher aus zwei aufeinanderplattierten Legierungen mit unterschiedlichem thermischem Ausdehnungskoeffizient besteht und dadurch die Eigenschaft hat, sich bei Temperaturänderungen zu verformen. Im Falle einer Wendel entsteht eine Drehbewegung.

Die Wendel ist im untersten Teil des Fühlers eingebaut. Die Übertragung der Drehbewegung auf den Zeiger erfolgt über eine Zeigerwelle.

Mit Bimetall-Thermometern können Temperaturen von  $-30^{\circ}\text{C}$  bis  $500^{\circ}\text{C}$  gemessen werden.

Die Umgebungstemperatur hat bei ordnungsgemäßen Einbau des Fühlers keinen Einfluss auf die Anzeigegenauigkeit.

Durch die Verwendung geeigneter Fühler- und Gehäusewerkstoffe reicht das Anwendungsgebiet von der Heizungstechnik bis zur chemischen Industrie.

#### Flüssigkeits-Federthermometer



Figur 3  
Flüssigkeits-Federthermometer mit Ansicht des Messgliedes (A) sowie des Fühlers (B) mit Kapillarrohr (C).

Das Messglied besteht aus einer schneckenförmig gebogenen und am freien Ende verschlossenen Rohrfeder. Am festen Ende ist das Messglied durch ein Kapillarrohr mit dem Fühler verbunden. Das ganze System ist mit einer organischen Flüssigkeit oder Quecksilber gefüllt. Eine Temperaturerhöhung am Fühler bewirkt durch die Ausdehnung der Füllflüssigkeit einen Druckanstieg, welcher über das Kapillarrohr in das Messglied geführt wird und dort eine reproduzierbare Drehbewegung hervorruft. Je nach Konstruktion des Messgliedes kann dieses direkt auf den Zeiger übertragen oder muss mit Hilfe eines Zeigerwerkes verstärkt werden.

Mit Flüssigkeits-Federthermometern können Temperaturen von  $60^{\circ}\text{C}$  bis  $650^{\circ}\text{C}$  gemessen werden.

Durch die Tatsache, dass sich ein kleiner Teil der Füllflüssigkeit in der Fernleitung und im Messglied befindet, ist die Anzeige von der Umgebungstemperatur abhängig, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden. Alle Haenni-Flüssigkeits-Federthermometer sind deshalb mit einer Kompensation für den Gehäusetemperaturerfluss und im Fall der Vollkompensation auch für die Fernleitung ausgerüstet.

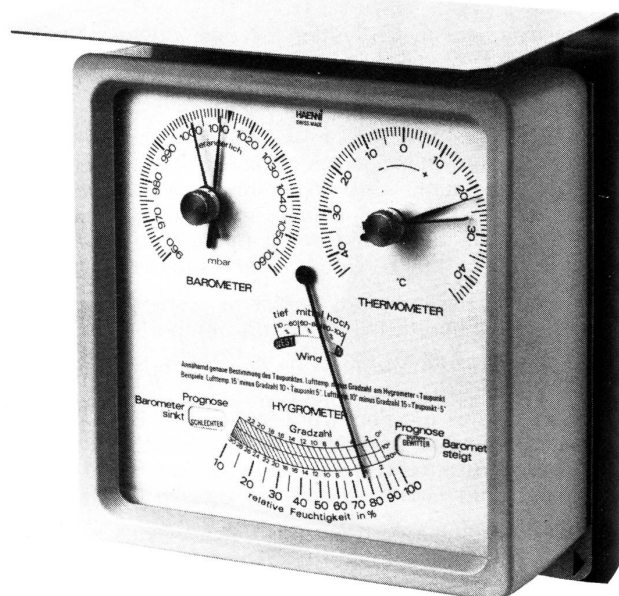
Durch die grosse Vielfalt der verfügbaren Bauformen und Ausführungen sowie die robuste Konstruktion sind Flüssigkeits-Federthermometer in allen Bereichen der Industrie einsetzbar.

#### Der Druck

Der Druck im physikalischen Sinn, ist definiert als das Verhältnis einer senkrecht auf eine Fläche wirkende Kraft und dem Flächeninhalt dieser Fläche. Dadurch leitet sich die Masseinheit des Druckes aus dem Verhältnis der Einheiten der Kraft und der Fläche ab. Diese wiederum können auf die Basiseinheiten der Masse, Länge und Zeit zurückgeführt werden. Führt man diese Ableitung im SI-System durch, erhält man für die Kraft die Masseinheit mkg/s und für die Fläche  $\text{m}^2$ , wobei die Masseinheit der Kraft der Einfachheit halber mit Newton (N;  $1\text{ N} = 1\text{ mkg/s}$ ) bezeichnet wird.

Für den Druck erhält man folglich die Masseinheit  $\text{N/m}^2$ , was wiederum als Pascal, mit dem Kurzzeichen Pa, bezeichnet wird. Als weitere Masseinheit für den Druck wurde das Bar mit dem Kurzzeichen bar festgelegt, um eine SI-Einheit zur Verfügung zu stellen, welche recht genau der früher benutzten Masseinheit der Atmosphäre entspricht ( $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa} = 0,9869\text{ atm}$ ). Für kleine Drücke und als Ablösung der früheren Einheit Torr wurde das Millibar mit dem Kurzzeichen mbar festgelegt ( $1\text{ mbar} = 10^2\text{ Pa} = 0,75\text{ Torr}$ ).

Der auf Meereshöhe bezogene Luftdruck ist der effektive Luftdruck am Messort, umgerechnet auf Meereshöhe.



Figur 4  
Kombiniertes Klima-Messgerät, enthaltend Baro-, Thermo- und Hygrometer. Diese Wetterstation eignet sich besonders für Messungen im Freien.

he. Die Umrechnung erfolgt durch die Addition einer Druckdifferenz  $\Delta p$ , welche durch das Gewicht der Luftsäule zwischen dem Messort und der Meereshöhe entsteht. Dadurch wird erreicht, dass Luftdrücke unabhängig von ihrer Messorthöhe miteinander verglichen werden können.

Das Formelzeichen für den umgebenden atmosphärischen Luftdruck ist  $p_{amb}$ .

In der Meteorologie wird der Luftdruck in Millibar (mbar) angegeben, wobei zwischen dem effektiven und dem auf Meereshöhe bezogenen Luftdruck unterschieden wird.

Der effektive Luftdruck ist der momentane, am Messort gemessene Absolutdruck  $p_{abs}$ .

Der Luftdruck wird mit dem Barometer gemessen.

### Die Feuchtigkeit

Mit Feuchtigkeit oder Feuchte bezeichnet man den Wassergehalt eines Stoffes. Im Falle der Luftfeuchtigkeit ist das Wasser im gasförmigen Zustand homogen mit der Luft vermischt.

Wie jeder andere Stoff hat Luft nur eine begrenzte Aufnahmefähigkeit für Wasser. Diese Grenze wird als Sättigung bezeichnet. Unterhalb der Sättigung ist feuchte Luft für das Auge nicht von trockener zu unterscheiden, also völlig farblos und durchsichtig. Oberhalb der Sättigung fällt der überschüssige Wasseranteil in Form von feinsten Wassertropfchen als Nebel aus.

Die aufgenommene Wassermenge bei Sättigung ist von der Lufttemperatur abhängig. Sie steigt stark progressiv mit ihr an. Bei 0 °C beträgt sie beispielsweise 4,9 g/m<sup>3</sup>, bei 20 °C bereits 17,3 g/m<sup>3</sup>.

Für die zahlenmässige Angabe der Feuchtigkeit in der Luft bestehen drei übliche Grössen.

Die absolute Feuchtigkeit  $f$  ist das Verhältnis des Gewichtes des in der Luft enthaltenen Wassers und dem Rauminhalt dieser feuchten Luft. Die Einheit im SI-System ist das Gramm pro Kubikmeter mit dem Kurzzeichen g/m<sup>3</sup>.

Der Feuchtegrad  $x$  ist das Verhältnis des Gewichtes des in der Luft gelösten Wassers zum Gewicht der trockenen Luft. Die Einheit im SI-System ist das Gramm pro Kilogramm mit dem Kurzzeichen g/kg.

Die relative Feuchtigkeit  $\phi$  (oder r.F.) ist das Verhältnis der momentanen und der bei der gleichen Temperatur grösstmöglichen absoluten Feuchtigkeit. Die relative Feuchtigkeit ist dimensionslos und wird meistens in % angegeben.

Die absolute Feuchtigkeit wird vor allem in der Physik angewendet. Sie hat den Vorteil, dass der Wert für die Sättigung unabhängig vom Luftdruck ist. Dagegen ist der Feuchtegrad besonders vorteilhaft, wenn Zustandsänderungen von feuchter Luft bei annähernd konstantem Druck berechnet werden sollen, da diese Grösse bei Temperaturänderungen konstant bleibt.

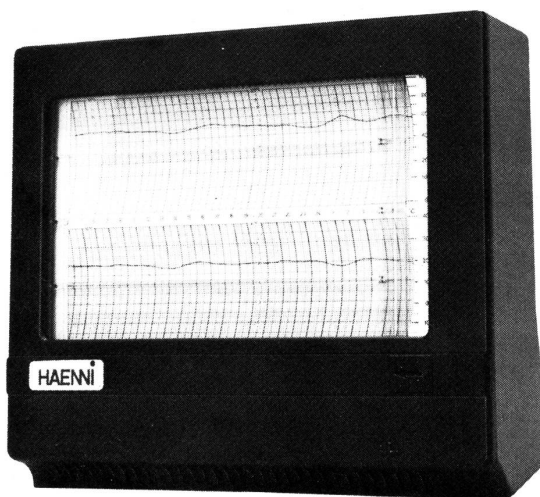
Die relative Feuchtigkeit ist besonders gut auf das menschliche Empfinden zugeschnitten. Beispielsweise empfindet man eine relative Feuchtigkeit von 90% bei allen Temperaturen über 20 °C als schwül, unabhängig davon, dass sich dabei die absolute Feuchtigkeit ganz erheblich mit der Temperatur verändert.

In der Meteorologie wird normalerweise die relative Feuchtigkeit angegeben.

Das Messgerät für die Luftfeuchtigkeit heisst Hygrometer.



Figur 5  
Raumhygrometer als Standmodell für Büro- und Wohnräume.  
Als Fühler wird speziell behandeltes Naturhaar verwendet.



Figur 6  
Der Thermo-Hygrograph, ein typischer Vertreter der neuen Generation Klimageräte.

Heinz Niklaus  
technischer Redaktor  
Haenni & Cie. AG, Jegenstorf