# Wärmepreis und sog. reduzierter Heizwert des Leuchtgases

Autor(en): **Tobler, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **30 (1938)**

Heft 2-3

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-922158

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Wärmepreis und sog. reduzierter Heizwert des Leuchtgases[1]

Von Dr. *J. Tobler*, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Zürich

Da die Begriffe «Heizwert», «Wärmepreis» etc. nicht überall klar sind, sollen im folgenden ihre mannigfaltigen physikalisch-chemischen Grundlagen für Nichtfachleute zusammengestellt werden.

*1. Die Gasgesetze*

Gase füllen, wenn von wenigen Ausnahmen (unter Druck verflüssigte Gase, Gravitationsschichtung in der Atmosphäre) abgesehen wird, jeden zur Verfügung gestellten Raum gleichmässig aus. Die Gasmenge ist nur dann durch das ausgefüllte Volumen eindeutig bestimmt, wenn gleichzeitig auch Temperatur und Druck angegeben werden.

In erster Annäherung ist der Zusammenhang zwischen Menge (Gewicht) G, Volumen V, Druck P und Temperatur t für alle Gase gleich und wird durch die sog. *Zustandsgleichung idealer Gase* wiedergegeben:

$$P \times V = n \times G \times (t + 273) \qquad (1)$$

(n ist ein Proportionalitätsfaktor, der seinerseits wiederum proportional zur Gasdichte ist und von den gewählten Masseinheiten abhängt).

Die für unsere Betrachtung wichtigsten Ergebnisse dieser Formel sind:

a) Nur bei Konstanthaltung von Temperatur und Druck ist die Gasmenge proportional zum Volumen.

b) Bei Konstanthaltung von Temperatur und Volumen ist die Gasmenge proportional zum Gasdruck.

c) Bei Konstanthaltung von Druck und Volumen ist die Gasmenge umgekehrt proportional zur sog. absoluten Temperatur ($^\circ C + 273$).

Diese Folgerungen sind sinngemäss zu kombinieren, wenn nur eine der Variablen G, P, V, t, konstant gehalten wird. Z. B. steht man oft vor der Aufgabe zu berechnen, wie gross der auf die Volumeneinheit bezogene Heizwert ($H_2$) bei den Bedingungen $P_2$ und $t_2$ wird, wenn der Heizwert $H_1$ bei anderen Bedingungen $P_1$ und $t_1$ experimentell bestimmt wurde oder sonstwie bekannt ist. Die Lösung lautet:

$$H_2 = H_1 \cdot \frac{P_2 \cdot (t_1 + 273)}{P_1 \cdot (t_2 + 273)} \qquad (2)$$

Diese und die obigen Beziehungen gelten nur ohne Einschränkung, wenn der in Volumen- oder Gewichtsprozent ausgedrückte Feuchtigkeitsgehalt des Gases konstant bleibt. Aenderungen des Feuchtigkeitsgehaltes (Kondensation oder Verdunstung von Wasser) werden dadurch rechnerisch beherrscht, dass man die Gasgesetze nur auf die trocken gedachten Gase anwendet; d. h. man zieht vom Gesamtgasdruck den Wasserdampfteildruck (Partialdruck) ab. Die Gleichung (2) wird dann zu

$$H_2 = H_1 \cdot \frac{(P_2 - w_2) \cdot (t_1 + 273)}{(P_1 - w_1) \cdot (t_2 + 273)} \qquad (3)$$

wobei $w_1$ und $w_2$ die Wasserdampfpartialdrucke bedeuten.

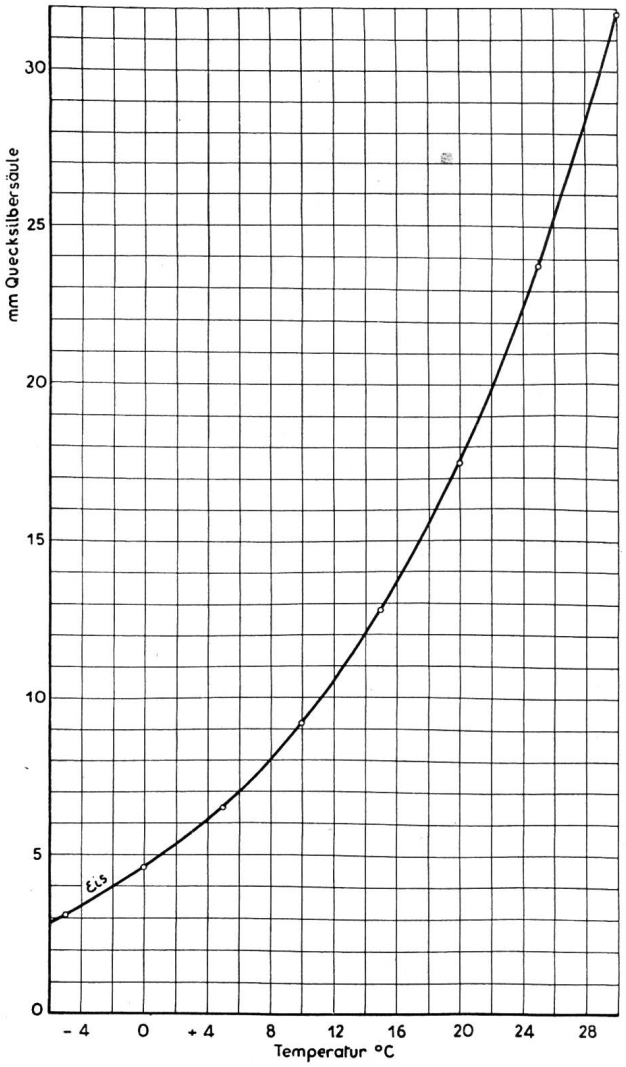


*Abb. 8* **Wasserdampfsättigungskurve.**

[1]) *Anmerkung der Redaktion.* Die besonderen physikalischen Eigenschaften des Leuchtgases und insbesondere die Abhängigkeit seines Volumens von Druck und Temperatur bedingen notwendigerweise verschiedene Heizwerte, je nach den vorhandenen Bedingungen. Da bei der Nennung dieser Zahlen die ihnen zu Grunde liegenden Bedingungen oft nicht genannt werden oder die Formeln und Tabellen, die zu Umrechnungen dienen können, nicht geläufig sind oder nicht zur Verfügung stehen, besteht diesen Problemen gegenüber eine grosse Unsicherheit. Auch über die Gasregler, speziell ihre Rolle in bezug auf die Regulierung des Heizwertes, bestehen vielfach irrtümliche Auffassungen. Herr Dr. J. Tobler von der eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt in Zürich hat sich auf Ansuchen des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes der sehr verdankenswerten Aufgabe unterzogen, Licht in diese Fragen zu bringen und im folgenden Aufsatz eine auch für Nichtfachleute des Gasfaches verständliche Darstellung der Probleme zu geben.

Der Wasserdampfteildruck ist kleiner oder höchstens gleich wie der Wasserdampfsättigungsdruck (kurz: Wasserdampfdruck). Der Sättigungsdruck wird z. B. in mm Quecksilbersäule (mm Hg): Atmosphären oder gr/m³ gemessen und ist eine Exponentialfunktion der Temperatur, wie die Abb. 8 zeigt. Der Sättigungsdruck ist unabhängig vom Gesamtdruck des Gases, wenn jener, wie erwähnt, in einem Druckmass ausgedrückt wird. Prozentual aber ist bei völliger Sättigung der Wasserdampfgehalt bei niedrigem Gesamtgasdruck grösser als bei hohem. Beispiel:

| | Wasserdampfgehalt bei Sättigung | | |
|---|---|---|---|
| Gastemperatur | 10° C | 20° C | 30° C |
| Gesamtgasdruck | | | |
| 760 mm Hg | 1,2 Vol % | 2,3 Vol % | 4,2 Vol % |
| 700 mm Hg | 1,3 Vol % | 2,5 Vol % | 4,5 Vol % |
| 600 mm Hg | 1,5 Vol % | 2,9 Vol % | 5,3 Vol % |

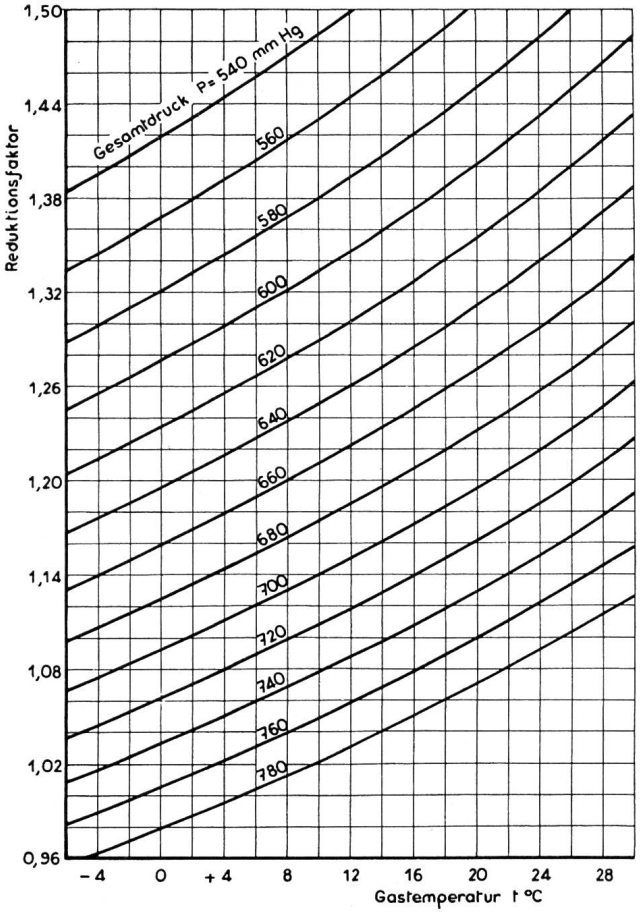


*Abb. 9* **Reduktionsfaktoren für die Umrechnung der bei t° C und P mm Quecksilbersäule im wasserdampfgesättigten Zustand bestimmten Gasheizwerte auf die Heizwerte bei 0° C, 760 mm Hg und trockenen Zustand.** *(Bei der umgekehrten Aufgabe, d. h. der Umrechnung des reduzierten Heizwertes auf die Bedingungen t°, P mm Hg, feucht [-wasserdampfgesättigt] werden die Faktoren zu Divisoren.)*

**Beispiel 1** *Im Junkers'schen Kalorimeter werde der obere Heizwert von Leuchtgas bei 18°, 720 mm Hg, feucht, zu 4348 kcal/m³ bestimmt. Gesucht der reduzierte Heizwert. Nach der Abb. 9 ist der Reduktionsfaktor 1,15, der gesuchte obere reduzierte Heizwert demnach 4348 × 1,15 = 5000 kcal/Nm³.*

**Beispiel 2** *Gegeben sei der untere reduzierte Heizwert von Leuchtgas (4500 kcal/Nm³), gesucht der tatsächliche bei 18° C, 680° feucht. Nach der Abbildung ist der Reduktionsfaktor in diesem Fall 1,22, der gesuchte Heizwert ist demnach:* $\frac{4500}{1,22} = 3690$ *kcal/m³.*

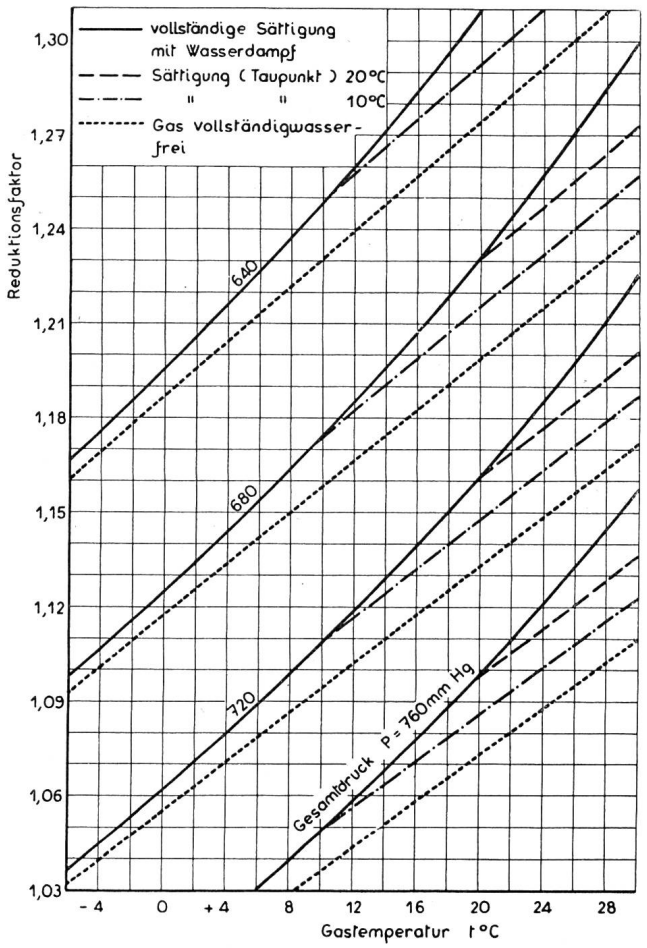


*Abb. 10* **Reduktionsfaktoren (resp. -divisoren) für die Umrechnung von reduzierten Heizwerten auf die Bedingungon t° C, P mm Hg trocken, sowie teilweise und vollständige Sättigung.**

**Beispiel 3** *Gegeben sei der untere red. Heizwert von Leuchtgas (4500 kcal/Nm³), gesucht der «tatsächliche» bei 18° C, 720 mm Hg und einem Taupunkt des Gases von 10° C. Nach der Abb. 10 ist der Reduktionsdivisor 1,14, der gesuchte Heizwert daher:*

$$\frac{4500}{1,14} = 3947 \text{ kcal/m}^3$$

Für die Umrechnung von bei verschiedenen Temperaturen und Drucken bestimmten Volumina resp. Heizwerten von wasserdampfgesättigten Gasen auf die Volumina resp. Heizwerte bei Vergleichsbedingungen (z. B. ° C, 760 mm Hg, trocken) hat man sog. «Reduktionstabellen» zusammengestellt. Diese führen die Aufgabe auf das Aufsuchen eines Faktors resp. Divisors und eine Multiplikation resp. Division zurück. In der Abb. 9 sind die Reduktionsfaktoren, die zur Reduktion des direkt bestimmten Gasheizwertes auf «Normalbedingungen» (0° C 760 mm Hg trocken) dienen, graphisch wiedergegeben. Sie wurden berechnet nach der Formel:

$$F = \frac{760 \cdot (t + 273)}{(P - s) \cdot 273} \qquad (4)$$

F = Reduktionsfaktor

s = Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Hg

In der Abb. 10 sind die Reduktionsfaktoren für trockene sowie für teilweise und vollständig gesättigte Gase aufgezeichnet. Der Wasserdampfgehalt

macht sich mit steigender Temperatur und fallendem Gesamtgasdruck besonders stark bemerkbar.

*2. Die Mengen-(Volumen-)messung des Leuchtgases*

Das Leuchtgas wird in der Regel nach dem Volumenmass verkauft. Die Bestimmung des Volumens erfolgt wohl ausschliesslich durch die sog. Gasmesser (Gasuhren). Für unsere Betrachtung haben wir zwischen den sog. trockenen und nassen Gasmessern zu unterscheiden. Die Haushaltungsmesser gehören fast ausnahmslos zur ersten Kategorie, weil diese aus verschiedenen, hier nicht näher zu erläuternden Gründen für diesen Zweck geeigneter sind. Die nassen Gasmesser enthalten (in der Regel) Wasser und werden im allgemeinen für Spezialzwecke in den Werken sowie in Laboratorien reserviert. Die nassen Gasmesser gelten bei Einhaltung gewisser Vorsichtsmassregeln für genauer als die trockenen Apparate. Diese haben zwar für unsere Betrachtung den prinzipiellen Vorteil, dass sie den Wasserdampfgehalt des Gases nicht verändern.

Es ist im allgemeinen üblich, bei exakten Laboratoriumsuntersuchungen (z. B. Heizwertbestimmungen des Leuchtgases nach Prof. Junkers) wasserdampfgesättigtes Gas herzustellen, damit der Wasserdampfgehalt auf eine einfache Art festgelegt ist (diese Bestimmung ist dann auf eine Temperaturmessung zurückgeführt) und die Wassermenge im Gasmesser sich nicht rasch ändert. Bei der Auslegung von Heizwerten, die in einem Laboratorium mit Hilfe des Junkerschen Kalorimeters direkt festgestellt wurden, ist daher zu berücksichtigen, dass die zu messende Grösse durch die Bestimmungsmethode (Befeuchtung, ev. auch Erwärmung des Gases, sowie auch Herabsetzung des Gasdruckes) verändert wurde. Man darf daher nicht ohne weiteres diesen Heizwert mit dem «tatsächlichen» im Gasmesser des Konsumenten herrschenden identifizieren. Dieser dürfte in der Regel höher liegen. Für die Bestimmung dieses «tatsächlichen» Heizwertes verfährt man wie folgt: Man stellt Druck, Temperatur und Feuchtigkeit des Gases im Gasmesser des Abonnenten fest und führt gleichzeitig die übliche Heizwertbestimmung, nach Prof. Junkers durch. Unter 8, «Der Wärmepreis», wird auseinandergesetzt, warum die Bestimmung dieses «tatsächlichen» Heizwertes keine grosse praktische Bedeutung besitzt, obwohl man a priori vielleicht erwarten könnte, dass der Abonnent nur für diesen «tatsächlichen» Heizwert ein Interesse hat.

*3. Physikalische und chemische Eigenschaften des Leuchtgases*

Unser Leuchtgas wird in der Regel durch Kohlendestillation unter Beimischung von Wassergas (theoretische Zusammensetzung des Wassergases: 1 Volumteil Wasserstoff, 1 Volumteil Kohlenoxyd) hergestellt und enthält neben Wasserdampf folgende Hauptbestandteile:

a) brennbare Bestandteile: Wasserstoff (45—60 Vol %), Methan (15—30 Vol %), Kohlenoxyd (5—15 Vol %) und sog. schwere oder ungesättigte Kohlenwasserstoffe (2—5 Vol %).
b) nicht brennbare (inerte) Bestandteile: Kohlensäure (2—4 Vol %), Stickstoff (3—10 Vol %) und Sauerstoff (bis 1 Vol %).

(Die in den Klammern angegebenen Grenzen sind absichtlich etwas weit gesteckt.) Zu den schweren oder ungesättigten Kohlenwasserstoffen werden hauptsächlich Aethylen und Benzolkohlenwasserstoffe gezählt. Die spezifischen Gewichte, Heizwerte und theoretischen Luftbedarfe dieser Bestandteile sind nachstehend tabellarisch zusammengestellt.

| Gasbestandteil | Spezifisches Gewicht | | Heizwert (0° C, 760 mm Hg) trocken | | Theoretischer Luftbedarf |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gewicht eines Liters bei 0° C 760 mm Hg trocken g | bezogen auf Luft = 1 | oberer* kcal/m³ | unterer* kcal/m³ | m³/m³ |
| Wasserstoff | 0,09 | 0,07 | 3052 | 2570 | 2,38 |
| Methan | 0,71 | 0,55 | 9527 | 8562 | 9,52 |
| Kohlenoxyd | 1,25 | 0,97 | 3034 | 3034 | 2,38 |
| Aethylen | 1,25 | 0,97 | 14903 | 13939 | 14,28 |
| Benzol (dampfförmig) | 3,5 | 2,7 | 34423 | 32978 | 35,7 |
| Kohlensäure | 1,97 | 1,52 | — | — | — |
| Stickstoff | 1,25 | 0,97 | — | — | — |
| Sauerstoff | 1,43 | 1,11 | — | — | — |

* Definitionen siehe: 5. Der Heizwert.

Besonders hervorgehoben seien der niedrige Heizwert und die kleine Dichte des Wasserstoffes sowie der hohe Heizwert und der grosse Luftbedarf der schweren Kohlenwasserstoffe.

Die Zusammensetzung des Leuchtgases hängt ab von: Ausgangsmaterial, Ofenkonstruktion, Zustand (Dichtheit) der Anlage, Betriebsführung (Entgasungstemperatur und -zeit, Unterdruck in den Entgasungsräumen etc.) und Menge des beigemischten Wassergases (z. B. Dampfungszeit).

In den meisten Fällen erfolgt die Entgasung in diskontinuierlich betriebenen Apparaten; der Gasverbrauch ist nicht täglich gleich, so dass immer gewisse Umstellungen nötig werden, wenn nicht sehr grosse Behälter vorhanden sind. Aus diesen Gründen schwankt die Gaszusammensetzung selbst in einem und demselben Werk bei anscheinend gleichem Ausgangsmaterial innerhalb gewisser Grenzen.

*4. Die Brennerleistung*

Die Wärmemenge, die ein Brenner pro Zeiteinheit entwickeln kann, ist um so grösser,

a) je grösser die wirksame Austrittsöffnung für das Gas (z. B. der Düsenquerschnitt),
b) je grösser der Ueberdruck, d. h. der Unterschied zwischen dem Gesamtdruck in der Gasleitung vor der Düse und dem Luftdruck (Barometerstand) nach der Düse,
c) je höher der Heizwert des Gases,
d) je kleiner das spezifische Gewicht und die Zähigkeit des Gases, und, da die Grösse der Flamme in der Regel in jedem praktischen Fall eine bestimmte Grösse (Länge) nicht überschreiten darf,
e) je grösser die Zündgeschwindigkeit des Gases ist und je günstiger die allgemeinen Verbrennungseigenschaften sind.

Zu den für unsere Betrachtung wichtigsten Punkten sei noch folgendes bemerkt: Das Gas fliesst nur von einer Stelle höheren Druckes zu einer Stelle niedrigeren Druckes. Damit das Gas mit genügender Geschwindigkeit durch die Leitungen fliesst, sind mindestens im Gaswerk (ev. auch in Unterwerken) Pumpen aufgestellt, die das Gas durch die Leitungen pressen. Die Arbeit der Pumpen (Kompressoren) wird, sofern die Verbrauchsstelle höher liegt als der Behälter des Gaswerkes, durch die zwischen beiden liegende Luftsäule unterstützt. Wenn nicht besondere Massregeln getroffen würden, so hätten die nahe dem Werk und die hochliegenden Verbrauchsstellen (mindestens solange die Leitungen nicht überlastet sind) die höchsten, und die tief und weit vom Werk liegenden die kleinsten Ueberdrücke. Diese Uebelstände können dadurch vermieden werden, dass verhältnismässig eng begrenzte Verbraucherbezirke Ueberdruck-Druckregler in die gemeinsame Zuleitung erhalten. Bei sehr ausgedehnten Verbrauchsnetzen werden auch in Unterstationen Kompressoren aufgestellt. Während der Hauptverbrauchszeiten kann der Druck erhöht werden, so dass auch der entfernteste Abonnent noch einen genügenden Ueberdruck vor seinem Verbrauchsapparat hat, um diesen mit Normalleistung zu betreiben. Es sei ausdrücklich wiederholt, dass die erwähnten Druckregler nicht die Aufgabe haben, die Luftdruckschwankungen (und den Wärmepreis, S. 8) auszugleichen, sondern im Gegenteil den Gesamtdruck des Gases immer um dieselbe Grösse über dem Luftdruck zu halten, damit die Leistung der Verbrauchsapparate jederzeit, und gleichgültig an welcher Stelle des Verteilungsnetzes sie angeschlossen seien, innerhalb der zulässigen Grenzen liegt.

*5. Der Heizwert*

Der Vollständigkeit halber seien die Definitionen für den sog. oberen und unteren reduzierten Heizwert wiederholt:

Der *obere reduzierte Heizwert* ist diejenige Wärmemenge, gemessen in kcal/m³, die bei vollständiger Verbrennung von 1 m³ Gas von 0° C, 760 mm Hg zu gasförmiger Kohlensäure und flüssigem Wasser von 0° C 760 mm Hg frei wird.

Der *untere reduzierte Heizwert* ist die Wärmemenge in kcal/m³, die bei der völligen Verbrennung von 1 m³ Gas von 0° C 760 mm Hg zu gasförmiger Kohlensäure und Wasserdampf von 0° C 760 mm Hg frei wird. Der obere Heizwert ist also um die Kondensationswärme des bei der Verbrennung entstehenden Wasserdampfes höher als der untere Heizwert. Praktisch werden dieselben reduzierten Heizwerte erhalten, wenn das Ausgangsgas und die Verbrennungsprodukte nicht 0° C und 760 mm Hg, sondern Zimmertemperatur und einen etwas anderen Druck besitzen (Temperatur und Druck müssen aber vor und nach der Heizwertbestimmung gleich sein).

Der obere (gleichzeitig auf die Normalbedingungen 0° C 760 mm Hg trockenen Zustand reduzierte) Heizwert wird für Vergleichszwecke in physikalisch-chemischer Hinsicht verwendet. Dieses Vorgehen ist historisch und vor allem dadurch begründet, dass die Bestimmung des oberen Heizwertes genauer und besonders für registrierende Methoden etwas einfacher ist, als die Feststellung des unteren Heizwertes. Die Bestimmung des unteren Heizwertes mit dem Junkersschen Kalorimeter setzt die gleichzeitige Feststellung des oberen Heizwertes voraus, d. h. man bestimmt gleichzeitig mit dem oberen Heizwert die Menge Verbrennungswasser, die pro m³ Gas gebildet wird. Für die praktisch in Frage kommenden Möglichkeiten der Zusammensetzung des Leuchtgases gehen oberer und unterer Heizwert ziemlich parallel.

In allen praktischen Fällen, wo die Verbrennungsprodukte nicht so weit nutzbar abgekühlt werden, dass Kondensat ausgeschieden wird, ist es wohl theoretisch richtiger, mit dem unteren Heizwert zu rechnen (häufig tritt anfangs eine Kondensation ein, das Kondensat wird aber bei der darauf folgenden Temperatursteigerung wieder verdampft, so dass die anfangs gewonnene Kondensationswärme nachher als Verdampfungswärme wieder aufgewendet werden muss). In der Schweiz wird für Nutzeffektsbestimmungen meistens der *untere Heizwert* verwendet, während z. B. in Frankreich hiefür häufig der obere Heizwert eingesetzt wird. Es ist dies schliesslich bis zu einem gewissen Grad auch Definitionssache. Selbstverständlich muss man konsequent sein und darf z. B. nicht bei Verbrauchsrechnungen den oberen Heizwert zugrunde legen, wenn sich der Nutz-

effekt auf den unteren Heizwert bezieht oder umgekehrt.

Da das Leuchtgas in der Regel nach dem Volumenmass (Temperatur- und Druckbedingungen in der Gasuhr) verkauft wird, ist bei Verbrauchs- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht mit den reduzierten, sondern mit den «tatsächlichen» Heizwerten zu rechnen. Dasselbe gilt auch beim Vergleich des Wärmepreises des Leuchtgases mit demjenigen anderer Energiearten.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass im deutschen Schrifttum folgende weitere Definitionen bestehen:

a) *Kalorimetrischer Heizwert* = im Kalorimeter direkt festgestellter oberer Heizwert.

b) *Praktischer Heizwert* = unterer reduzierter Heizwert.

c) *Technischer Heizwert (unterer Verbrauchsheizwert)* = unterer Heizwert bezogen auf 15° 760 mm Hg feuchten Zustand.

d) *Wirklicher Heizwert* = unterer Heizwert bei den wirklichen in der Gasuhr herrschenden Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitsverhältnissen.

Da diese Mannigfaltigkeit besonders für schweizerische Verhältnisse z. T. keinen Sinn hat oder nur zu Verwechslungen Anlass gibt, empfiehlt es sich bei jeder Angabe von Gasheizwerten ausdrücklich die Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitsbedingungen mitzuteilen und zu sagen, ob es sich um den oberen oder den unteren Heizwert handelt.

Im Abschnitt «Die Gasgesetze» wurden Formeln und graphische Darstellungen gegeben, welche die Umrechnung der tatsächlichen und reduzierten Heizwerte ermöglichen. 1 ° Temperaturerhöhung bewirkt eine Abnahme des tatsächlichen Heizwertes von rund $^1/_3$ %, 1 mm Hg (10 Meter Höhenunterschied) eine Differenz von ca. 1½ ‰. Im Schweizerischen Mittelland (730 mm, 15° C) kann bei Leuchtgas, das den Richtlinien des Schweiz. Vereins von Gas und Wasserfachmännern entspricht, der tatsächliche obere Heizwert zu ca. 4500 und der tatsächliche untere Heizwert zu rund 4000 kcal/m³ angenommen werden.

### 6. *Der Nutzeffekt (thermische Wirkungsgrad) der Verbrauchsapparate*

Nur in seltenen Fällen kann mit einem Gasverbrauchsapparat der gesamte Heizwert für den unmittelbaren Zweck ausgenützt werden. Z. B. ist bei einem Kochapparat im Sommer die zusätzliche Erwärmung der Küche unbedingt als Verlust zu buchen. Es ist üblich, denjenigen Prozentsatz des (unteren) Heizwertes, der für den unmittelbaren Zweck (im obigen Beispiel die Erwärmung des Kochgutes) nutzbar umgesetzt wird, als thermischen Wirkungsgrad (Nutzeffekt) zu bezeichnen.

Es muss unbedingt hervorgehoben werden, dass die wirtschaftliche Bedeutung der thermischen Wirkungsgrade oft überschätzt wird. Der Wirkungsgrad ist häufig eine ausgesprochene Funktion der Belastung oder anderer Betriebsbedingungen, z. B. des Kaminzuges. Vielfach wird auch ein kleinerer Nutzeffekt ohne weiteres in Kauf genommen, wenn das Hauptgewicht auf die Erfüllung anderer Anforderungen (z. B. rasches Ankochen) gelegt wird. Schliesslich sind nicht immer alle bei der Bestimmung des Nutzeffektes unmittelbar verlorenen Wärmemengen auch für den Abonnenten vollständige Verluste (im obigen Beispiel die Erwärmung einer nicht oder nur schlecht geheizten Küche durch die unausgenützten Verbrennungsgase). Es liegt in der Natur der Sache, dass bei einem Vergleiche der Wirtschaftlichkeit verschiedener Energiequellen jeder konkrete Fall als solcher gewürdigt werden muss; allgemein gültige Folgerungen können oft nur mit einer sehr grossen Toleranz (Ungenauigkeit) ausgesprochen werden. Auch bei der Verallgemeinerung von sehr sorgfältig gesammeltem statistischem Material ist dies zu beachten.

### 7. *Die Qualitätsanforderungen an das Leuchtgas*

Die Hauptforderung ist: Betriebssicherheit. Diese hängt natürlich nicht nur von der Qualität des Gases, sondern fast ebensosehr von derjenigen der Apparate ab (diesen Punkt verfolgen wir jedoch in dieser Betrachtung nicht weiter). Die gestellte Hauptforderung umfasst einen rein physikalischen und einen chemisch-physikalischen Teil. Der physikalische Teil betrifft den konstanten Ueberdruck vor den Verbrauchsapparaten. Diese sind nur für einen gewissen Leistungsbereich gebaut; ausserhalb desselben können unzulässige Erscheinungen auftreten.

Die Verbrennungseigenschaften des Gases dürfen auch nur innerhalb gewisser Grenzen ändern und werden vor allem durch die chemische Zusammensetzung bestimmt. Von besonderer Bedeutung sind die inerten Bestandteile des Gases, da sie einmal die Verbrennungseigenschaften direkt ungünstig beeinflussen und zudem das spezifische Gewicht des Gases erhöhen, wodurch die Brennerleistung erniedrigt wird. Die vom Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern empfohlenen Richtlinien für die Gasqualität begrenzen den Gehalt an inerten Gasen auf 12 %. Der Nichtfachmann vermisst vielleicht, dass diese Richtlinien (scheinbar) keine *positive* Vorschrift über die chemische Zusammensetzung des Leuchtgases enthalten. Der Grund liegt darin, dass es eine indirekte, leichter als die vollständige

Gasanalyse ausführbare Methode zur Charakterisierung der Gaszusammensetzung gibt, das ist der auf Normalbedingungen (0° C 760 mm Hg trockenen Zustand) reduzierte obere Heizwert (allerdings nur so lange, als es sich um ein einigermassen normal hergestelltes Leuchtgas von normalem Inertgasgehalt und spezifischem Gewicht handelt. Wenn die Vorschriften über Intertgasgehalt und Heizwert eingehalten werden, kann die Zusammensetzung des Gases nur in engen Grenzen schwanken. Für Spezialzwecke ist die Ausführung der chemischen Analyse oder die Bestimmung besonderer physikalisch-chemischer Eigenschaften, wie der Zündgeschwindigkeit, nötig.

*8. Der Wärmepreis*

Wünschbar wäre die Lieferung eines Gases mit konstantem Wärmepreis (Preis pro kcal). Bei konstanter Gaszusammensetzung ist bei der jetzt üblichen Art des Gasverkaufes pro $m^3$ und Mengenmessung bei einem dem Barometerstand parallelen Druck und der Temperatur des Gasmessers des Abonnenten der Wärmepreis nicht konstant, er sinkt mit steigendem Barometerstand und fallender Temperatur im Gasmesser. Die Aenderungen betragen, sofern der Wasserdampfgehalt des Gases sich nicht ändert, pro ° C ca. $^1/_3$ % und pro mm Hg (10 m Höhenunterschied rund $1^1/_2$ $^0/_{00}$.

Zur Erfüllung des Wunsches der Lieferung eines Gases mit konstantem Wärmepreis wurde schon vorgeschlagen, bei besonders niedrigem Barometerstand (ev. auch bei anormal hoher Aussentemperatur) die Gaszusammensetzung (den reduzierten Heizwert) so zu ändern, dass der «tatsächliche» untere Heizwert niemals eine bestimmte untere Grenze unterschreite. Diesem Vorschlag kann entgegengehalten werden, dass es in vielen Fällen nicht möglich sein dürfte, plötzlichen Witterungsumschlägen durch entsprechende Aenderungen in der Betriebsführung der Gaserzeugungs- und -verteilungsanlagen rasch genug folgen zu können. Ferner ist daran zu erinnern, dass bei der Änderung des reduzierten Heizwertes auch der Luftbedarf und die übrigen Verbrennungseigenschaften sich verschieben, wodurch in extremen Fällen die Betriebssicherheit der Verbrauchsapparate gefährdet werden könnte. Die weitere Möglichkeit, wenigstens den Druckeinfluss dadurch zu eliminieren, dass das Gas immer unter demselben Gesamtdruck durch die Gasmesser strömen gelassen wird, setzt den Einbau von Gesamtdruckreglern in die Verteilungsleitung, sowie eigentliche Reduzierventile nach jedem Haushaltungsgasmesser voraus.

Vor allem muss geprüft werden, wie gross die Schwankungen sind, und wie sie sich bei einer Betrachtung, die sich über grössere Zeiträume erstreckt, auswirken. Einige der möglichen Kombinationen von hohem oder tiefem Barometerstand sowie hoher oder niedriger Temperatur kompensieren sich in ihrer Beeinflussung des Wärmepreises des Gases teilweise, andere wirken sich für den Abonnenten sogar günstig aus. Der erste Fall tritt ein bei schönem Wetter, sofern Barometerstand und Temperatur hoch sind, ebenso bei kaltem Wetter, wenn Barometerstand und Temperatur niedrig sind. Der zweite Fall liegt bei kaltem Wetter und hohem Barometerstand vor, weil dann das Gas verhältnismässig billiger ist. Bei warmem Wetter und niedrigem Barometerstand (Föhn), wo der Gasverbrauch etwas kleiner sein dürfte, wird der höhere Wärmepreis dadurch teilweise kompensiert.

Ohne etwa irgendwie gegen einen künftigen Vorschlag zur Erfüllung des geäusserten Wunsches der Lieferung eines Gases mit konstantem Wärmepreis Stellung nehmen zu wollen, sei festgestellt, dass hier nicht das brennendste Problem liegt. Der Wärmepreis ist nicht in jedem Moment und an jeder Stelle eines Verteilungsnetzes gleich; für die Praxis aber bewirkt das Gesetz der grossen Zahlen, dass dieses bei Berücksichtigung längerer Zeitabschnitte weitgehend der Fall ist, wenn der auf Normalbedingungen reduzierte obere Heizwert konstant gehalten wird.

*Zusammenfassung*

1. Bei exakten Gasvolumen- und Heizwertbestimmungen sind die Temperatur und Druckbedingungen sowie der Feuchtigkeitsgehalt anzugeben. Die Umrechnung erfolgt nach den Gasgesetzen (Formel 3).

2. Es ist anzugeben, ob es sich um den oberen oder den unteren Heizwert handelt.

Der obere reduzierte Heizwert dient hauptsächlich für physikalisch-chemische Vergleichszwecke, der untere nicht reduzierte in der Regel für Wirtschaftlichkeitsberechnungen inkl. Vergleichsbetrachtungen mit andern Energiearten. (Ausnahmen, wenn der Wirkungsgrad nicht auf den unteren, sondern auf den oberen Heizwert bezogen wird, z. B. bei Warmwassererzeugung.)

3. Im schweizerischen Mittelland können für Ueberschlagsrechnungen bei Leuchtgas, das den Richtlinien des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern entspricht, für den «tatsächlichen» oberen Heizwert rund 4500 und für den «tatsächlichen» unteren Heizwert rund 4000 kcal/$m^3$ eingesetzt werden. Betr. Heizwert an Orten anderer Meereshöhe siehe Formel 3. (100 Meter Höhenunter-

schied bedeuten rund 1 1/2 % Unterschied im Heizwert.)

4. Die wirtschaftliche Bedeutung des nach bestimmten Normen festgestellten Wirkungsgrades von Wärmeerzeugungsapparaten soll nicht überschätzt werden.

5. Für eine orientierende Charakterisierung des Leuchtgases können der reduzierte obere Heizwert sowie der Inertgasgehalt verwendet werden.

6. Die Brennerleistung wird ausser durch den Düsenquerschnitt sowie die Zündgeschwindigkeit und den Heizwert des Gases vor allem bedingt durch die Dichte und den Ueberdruck des Gases.

7. Der Wärmepreis des Leuchtgases ist selbst bei gleichem reduziertem Heizwert und Kubikmeterpreis keine konstante, sondern eine «statistische» Grösse.

## Nordostschweizerische Kraftwerke A. G.

Die Generalversammlung der *Nordostschweizerischen Kraftwerke A. G.*, die am 15. Januar 1938 in Zürich abgehalten wurde, leitete der Präsident des Verwaltungsrates, Ständerat Dr. *Wettstein*, mit einigen Bemerkungen ein, die wir auszugsweise wiedergeben, da sie uns eine über das einzelne Unternehmen hinausgehende Bedeutung für die schweizerische Elektrizitätswirtschaft zu haben scheinen. Er führte aus:

«Bevor wir auf den Bericht über das abgelaufene Geschäftsjahr eintreten, gestatten Sie mir einige Bemerkungen über den Stand unserer Elektro-Energiewirtschaft im allgemeinen und unseres Unternehmens im besonderen. Dass Werke für die Versorgung des Landes mit elektrischer Energie Risiko-Unternehmungen sind, das haben auch die NOK erfahren. Der verhältnismässig hohe Kapitalbedarf dieser Unternehmungen verbunden mit der starken Abhängigkeit von der wirtschaftlichen Konjunktur macht ihre Oekonomie besonders empfindlich. Nur eine sehr sorgfältige und vorsichtige Abwägung des Bedarfes, eine von waghalsiger Spekulation wie von kurzsichtiger Aengstlichkeit gleich weit entfernte Beurteilung des Energiemarktes und seiner Aussichten schützen vor lebensgefährlichen Ueberraschungen. Die Erfahrungen im schweizerischen Kraftwerkbau zeigen, wie fatal die Folgen einer unrichtigen, mit den Bedürfnissen nicht übereinstimmenden Beantwortung der Frage sein können, ob und um wie viel die Produktion vermehrt werden soll. Die NOK sind bisher, dank einer klugen, Unternehmermut mit Vorsicht paarenden Leitung über die unvermeidlichen Schwierigkeiten, die die unsicheren Zeitverhältnisse mit sich brachten, glücklich hinweggekommen. Sie haben den Bedarf ihrer Abnehmer zu Preisen zu decken vermocht, die heute unter dem Niveau der Vorkriegszeit stehen, anderseits Kapitalfehlleitungen vermieden, wie sie anderwärts vorgekommen sind. Die Lösung des Problems, die Produktion mit dem Konsum möglichst im Gleichgewichte zu halten, wäre aber wesentlich leichter, wenn es endlich gelänge, eine feste Ordnung im schweizerischen Kraftwerkbau herbeizuführen. Die Bemühungen, eine solche Ordnung durch Vereinbarung unter den Werken unter Führung — wohlverstanden nicht auf und unter Befehl — des Bundes zu schaffen, sind leider bisher misslungen; bei einzelnen Werken fehlte der Wille zur Verständigung, in Bern der Wille, vielleicht auch Mut und Kraft zur Führung. Ich gebe jedoch angesichts der jüngsten Erfahrungen, die wohl auch in der Westschweiz die Ansichten etwas geändert haben, die Hoffnung nicht auf, dass es mit der Zeit gelingen werde, auf diesem so wichtigen Gebiete der schweizerischen Volkswirtschaft eine Lösung zu finden, die die Gemeinschaftsinteressen mit den berechtigten Ansprüchen des initiativen Unternehmergeistes verbindet. An unserer bereitwilligen Mitarbeit soll es nicht fehlen.

Unser eigenes Unternehmen darf mit Befriedigung auf das abgelaufene Geschäftsjahr zurückblicken. Wir haben dank unseren soliden geschäftlichen Grundlagen die Krisenjahre ohne dauernden Schaden überstanden und sind wieder in eine günstigere Entwicklungsphase eingetreten.

Es dürfte unsere Aktionäre interessieren, bei dieser Gelegenheit wieder einmal über den *Finanzhaushalt der NOK* aufgeklärt zu werden.

| | | |
|---|---|---|
| Der Bilanz ist zu entnehmen, dass die NOK an eigenen Geldern ein einbezahltes Aktienkapital von | Fr. | 53 600 000.— |
| besitzen. Dazu kommen fremde Gelder, Obligationen und ein Darlehen von zusammen | Fr. | 54 584 000.— |
| Total eigene und fremde Gelder | Fr. | 108 184 000.— |

Diese Geldmittel sind seit dem Jahre 1929 nur noch vermehrt worden durch das Disagio von Fr. 1 250 000.—, das die St. Gall. App. Kraftwerke für das ihnen überlassene Aktienkapital von 10 Millionen Franken (einbezahlt 4 Millionen Franken) entrichtet haben, und das dem Reservefonds überwiesen worden ist.