

Monographien zur Feuerungstechnik  
Band 9

# Die Luftvorwärmung im Dampfkesselbetrieb

Eine Studie über den Bau, die Berechnung und  
den Betrieb von Luftvorwärmern und über  
wirtschaftliche Abwärmeverwertung  
im Dampfkesselbetrieb

Von

**Dipl.-Ing. Wilhelm Gumz**

Charlottenburg

Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage

Mit 146 Abbildungen im Text und 20 Zahlentafeln



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1933

ISBN 978-3-662-33667-0  
DOI 10.1007/978-3-662-34065-3

ISBN 978-3-662-34065-3 (eBook)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1933  
Ursprünglich erschienen bei Otto Spamer, Leipzig 1933  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1933

## Vorwort.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage ist die Zahl der ausgeführten Luftvorwärmanlagen ganz bedeutend gestiegen, wertvolles Erfahrungsmaterial über den Bau von Luftvorwärmern und den Betrieb mit vorgewärmter Luft wurde gesammelt, und die Konstruktionen wurden stetig verbessert und allen praktischen Erfordernissen angepaßt. Eine eingehende Kenntnis dieses Sondergebietes ist daher für jeden Kesselfachmann dringendes Erfordernis geworden. Diese Entwicklung machte eine vollständige Umarbeitung des Textes, eine weitgehende Ergänzung des Bildmaterials und eine Weglassung aller allgemein feuerungstechnischen Betrachtungen, die in das Bändchen „Feuerungstechnisches Rechnen“, Monographien zur Feuerungstechnik Bd. 12, übernommen wurden, notwendig. Neben dem Wesen und Wert der Luftvorwärmung wurde besonders das Verhalten der einzelnen Feuerungssysteme im Warmluftbetrieb, die organischen und wirtschaftlichen Zusammenhänge mit den übrigen Gliedern des Kraftwerksbetriebes und die Wirtschaftlichkeitsfragen in den Vordergrund gestellt. Der Beschreibung der wichtigsten Luftvorwärmersysteme folgt eine ausführliche Darstellung der Berechnung von Luftvorwärmern an Hand von Zahlenbeispielen und Versuchsberichten. Nachteile und mögliche Betriebsschwierigkeiten sind mit Absicht breit und ohne Beschönigung behandelt, um dem Betriebsmann Wege zur Auffindung und Beseitigung von Mängeln aufzuzeigen. Wenn der Versuch einer vollständigen Darstellung dieses Sondergebietes diese Aufgabe erfüllt, darf der Zweck des Buches und sein Erscheinen in wirtschaftlich schwerer Zeit als voll gerechtfertigt gelten.

Allen Firmen und allen Herren, die mich durch Mitteilungen, Versuchsberichte und Beobachtungsmaterial unterstützt haben, spreche ich hiermit meinen besten Dank aus und werde für weitere Anregungen sehr dankbar sein.

Berlin-Charlottenburg, im September 1932.

W. Gumz.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	3
Einleitung . . . . .	9
I. Einfluß der Luftvorwärmung auf den Kessel- wirkungsgrad, den Temperaturverlauf und die Kesselleistung . . . . .	11
a) Kesselwirkungsgrad und Brennstoffverbrauch . . . . .	11
b) Verlauf des Wirkungsgrades . . . . .	16
c) Temperaturverlauf im Kessel (Strahlungsteil) . . . . .	19
d) Temperaturverlauf im Kessel (Konvektionsteil) . . . . .	27
e) Leistungssteigerung durch Luftvorwärmung . . . . .	31
II. Einfluß der Luftvorwärmung auf den Verbren- nungsvorgang . . . . .	33
a) Verbrennung fester Brennstoffe . . . . .	33
b) Einfluß der Luftvorwärmung . . . . .	41
c) Bedeutung des Verkokungsvorganges . . . . .	43
d) Bedeutung des Schlackenschmelzverhaltens . . . . .	47
e) Die Mindestluftvorwärmung . . . . .	50
f) Einfluß der Luftvorwärmung auf die Zündvorgänge . . . . .	52
g) Verbrennung flüssiger Brennstoffe . . . . .	54
h) Verbrennung gasförmiger Brennstoffe . . . . .	54
III. Anwendungsmöglichkeit der Luftvorwärmung . . . . .	56
1. Die Luftvorwärmung bei Rostfeuerungen . . . . .	56
a) Mechanische Anforderungen . . . . .	56
b) Kühlwirkung der Verbrennungsluft . . . . .	58
c) Das Brennstoffbett . . . . .	60
d) Der Feuerraum . . . . .	63
e) Sekundarluft . . . . .	65
f) Rauchgasrückführung . . . . .	67
g) Wasser- und Wasserdampfzusatz . . . . .	75
h) Zulässige Lufttemperaturen . . . . .	75
i) Rostverschleiß . . . . .	79
k) Verhalten der Luftvorwärmer . . . . .	81
2. Die Luftvorwärmung bei Halbgas-, Holz- und Schwebef Feuerungen . . . . .	82
a) Halbgasfeuerungen . . . . .	82
b) Holzfeuerungen . . . . .	83
c) Zusatzbrennstoffe oder Luftvorwärmung? . . . . .	86
d) Müllverbrennung . . . . .	87
e) Bagasse . . . . .	87
f) Schwebef Feuerungen . . . . .	88

	Seite
3. Die Luftvorwärmung bei Kohlenstaubfeuerungen . . . . .	89
a) Verbrennungsvorgang in der Kohlenstaubfeuerung . . . . .	89
b) Einfluß der Luftvorwärmung . . . . .	91
c) Zulässige Lufttemperaturen . . . . .	92
d) Verhalten der Luftvorwärmer . . . . .	94
4. Die Luftvorwärmung bei Öl- und Gasfeuerungen . . . . .	94
a) Ölfeuerungen . . . . .	94
b) Zulässige Lufttemperaturen . . . . .	96
c) Gasfeuerungen . . . . .	97
5. Der nachtragliche Einbau von Luftvorwär- mern in vorhandene Kesselanlagen . . . . .	98
a) Grundlegende Gesichtspunkte . . . . .	98
b) Brennstoff- und Temperaturverhältnisse . . . . .	99
c) Feuerraum . . . . .	100
d) Strömungsquerschnitte . . . . .	102
e) Zugverhältnisse . . . . .	103
f) Platzverhältnisse . . . . .	104
g) Zahlenbeispiele . . . . .	104
IV. Die Luftvorwärmung im Rahmen des Kraft- werksbaues und Betriebes . . . . .	107
1. Die Vorteile der Luftvorwärmung . . . . .	107
2. Die Nachteile der Luftvorwärmung . . . . .	108
3. Rückwirkung der Luftvorwärmung auf den Kraftwerksbau . . . . .	110
a) Feuerungen . . . . .	110
b) Kessel . . . . .	112
c) Speisewasservorwärmung . . . . .	113
4. Saugzug- und Unterwindanlagen . . . . .	117
a) Saugzug und Schornstein . . . . .	117
b) Indirekt und direkt wirkende Saugzuganlagen . . . . .	122
c) Ventilatoren . . . . .	124
d) Antrieb und Regelung der Ventilatoren . . . . .	129
e) Gebläseanordnung . . . . .	135
V. Luftvorwärmer-Bauarten . . . . .	138
1. Allgemeines . . . . .	138
a) Definitionen . . . . .	138
b) Der mittlere Wirkungsgrad . . . . .	140
c) Der Baustoff . . . . .	143
2. Rekuperativ-Luftvorwärmer . . . . .	149
a) Röhren-Luftvorwärmer . . . . .	149
b) Platten-Luftvorwärmer . . . . .	159
c) Maßnahmen zur Steigerung des Wärmeübergangs . . . . .	168
d) Umlaufende Rekuperatoren . . . . .	175

	Seite
3. Regenerativ-Luftvorwärmer . . . . .	176
a) Allgemeines. . . . .	176
b) Der Ljungstrom-Luftvorwärmer . . . . .	179
c) Andere Dreh- und Schub-Regeneratoren. . . . .	184
d) Ventil-Regeneratoren . . . . .	186
4. Vergleich zwischen Rekuperativ- und Re- generativ-Luftvorwärmern . . . . .	188
5. Andere Luftvorwärmersysteme . . . . .	193
a) Vorwärmer mit Flüssigkeitsumlauf . . . . .	193
b) Vorwärmung durch Anzapfdampf . . . . .	195
c) Luftkondensatoren . . . . .	195
d) Strahlungs-Luftvorwärmer . . . . .	196
6. Einige Sonderbauarten und Anwendungs- gebiete für Luftvorwärmer . . . . .	197
a) Luftvorwärmer für hohe Temperaturen . . . . .	197
b) Luftvorwärmer für Abhitzekeßanlagen. . . . .	201
c) Lufterhitzer für Trocknungsanlagen . . . . .	202
d) Gaskühler . . . . .	203
7. Schaltungsarten und Einbau . . . . .	204
a) Schaltungsarten bei festen und flüssigen Brenn- stoffen . . . . .	204
b) Schaltungsarten bei gasförmigen Brennstoffen . . . . .	209
c) Gasumföhrung und Regelung der Vorwärmer . . . . .	211
d) Räumliche Anordnung . . . . .	215
VI. Berechnung und Bemessung von Luftvorwar- mern . . . . .	218
1. Berechnungsgrundlagen . . . . .	218
a) Wärmeübergang und Stromungsverluste . . . . .	218
b) Wärmeübertragung in Platten-Luftvorwärmern. . . . .	219
c) Praktisch erzielbare Wärmedurchgangszahlen . . . . .	224
d) Zug- und Druckverluste . . . . .	229
e) Beispiel . . . . .	231
f) Berechnung eines Platten-Luftvorwärmers . . . . .	235
g) Die mittlere Temperaturdifferenz . . . . .	235
h) Zahlenbeispiel . . . . .	238
i) Einfluß der Spaltbreite . . . . .	241
k) Einfluß des mittleren Wirkungsgrades. . . . .	242
l) Einfluß der Gas- und Luftföhrung . . . . .	243
m) Einfluß der Geschwindigkeit . . . . .	245
n) Die wirtschaftlichste Geschwindigkeit . . . . .	246
Die wirtschaftlichste Luftgeschwindigkeit bei natür- lichem Zug . . . . .	248
p) Berechnung von Röhren-Luftvorwärmern . . . . .	249
q) Heizflächenbestimmung von Regeneratoren . . . . .	251
r) Berechnung dampfbeheizter Lufterhitzer. . . . .	252
s) Bemessung von Heißluftleitungen . . . . .	254
2. Wirtschaftliche Abwärmeverwertung . . . . .	257
a) Wirtschaftliche Grundbedingungen . . . . .	257
b) Die wirtschaftlichste Abgastemperatur . . . . .	259
c) Wirtschaftliche Bewertung von Luftvorwärmern . . . . .	263

	Seite
VII. Betriebsschwierigkeiten und Abhilfsmaßnahmen	264
a) Nachteiliger Einfluß der Luftvorwärmung . . . .	264
b) Betriebsschwierigkeiten an Luftvorwärmern . . . .	265
c) Verzundern und Verbrennen von Heizflächen . . . .	265
d) Korrosionen an rauchgasberührten Heizflächen . . . .	268
e) Einfluß des Kohlenschwefels auf den Taupunkt der Rauchgase . . . . .	270
f) Temperaturverteilung auf der Heizfläche . . . . .	277
g) Korrosionsschutzmaßnahmen . . . . .	281
h) Flugaschewirkungen . . . . .	290
i) Korrosionsfestes Material . . . . .	291
k) Folgen der Korrosion . . . . .	292
l) Heizflächenverschmutzung . . . . .	293
m) Bekämpfung der Heizflächenverschmutzung . . . .	295
VIII. Kontrolle projektierter und ausgeführter Luft- vorwärmanlagen . . . . .	299
a) Garantien . . . . .	299
b) Abnahmeprüfung . . . . .	301
c) Durchführung von Abnahmeversuchen . . . . .	303
IX. Versuchsergebnisse . . . . .	308
X. Geschichtlicher Überblick . . . . .	316
Namenverzeichnis . . . . .	326
Sachverzeichnis . . . . .	328