

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Entwicklung im Dampferzeugerbau

- 1.1 Aufgaben.....
- 1.2 Bauarten.....
  - 1.2.1 Großwasserraumkessel .....
  - 1.2.2 Wasserrohrdampferzeuger.....
- 1.3 Einordnung in das Kraftwerk.....

## 2 Brennstoffe

- 2.1 Feste Brennstoffe .....
- 2.1.1 Entstehung und Kennzeichnung .....
- 2.1.1.1 Torf, Braunkohle, Steinkohle .....
- 2.1.1.2 Sonstige Brennstoffe, Abfallstoffe .....
- 2.1.2 Charakterisierung elementarer Brennstoffeigenschaften.....
  - 2.1.2.1 Aschegehalt .....
  - 2.1.2.2 Wassergehalt .....
  - 2.1.2.3 Schwefelgehalt .....
  - 2.1.2.4 Stickstoffgehalt.....
  - 2.1.2.5 Brenn- und Heizwert .....
  - 2.1.2.6 Physikalische Eigenschaften .....
- 2.2 Flüssige Brennstoffe .....
- 2.2.1 Charakterisierung elementarer Brennstoffeigenschaften.....
- 2.2.2 Physikalische Eigenschaften .....
- 2.3 Gasförmige Brennstoffe.....
  - 2.3.1 Physikalische Eigenschaften .....

## 3 Verbrennung

- 3.1 Statik der Verbrennung.....
  - 3.1.1 Brennstoffkenngrößen.....
  - 3.1.2 Vollkommene Verbrennung.....
    - 3.1.2.1 Verbrennungsluftmenge .....
    - 3.1.2.2 Rauchgasmenge.....
  - 3.1.3 Unvollkommene Verbrennung.....
  - 3.1.4 Statistische Verbrennungsrechnung .....
  - 3.1.5 Stoffwerte des Rauchgases.....

3.2	Dynamik der Verbrennung .....	
3.2.1	Reaktionskinetik .....	
3.2.1.1	Homogene Reaktion .....	
3.2.1.2	Heterogene Reaktion .....	
3.2.2	Verbrennung in der Schicht .....	
3.2.2.1	Trocknung .....	
3.2.2.2	Zündung .....	
3.2.2.3	Heterogene und homogene Verbrennungsreaktion in und über der Schicht .....	
3.2.3	Verbrennung in der Wirbelschicht .....	
3.2.3.1	Strömung .....	
3.2.3.1.1	Stationäre Wirbelschicht .....	
3.2.3.1.2	Zirkulierende Wirbelschicht .....	
3.2.3.2	Wärmeübertragung .....	
3.2.3.2.1	Wärmeübergang Fluid zu Partikeln .....	
3.2.3.2.2	Wärmeübergang Wirbelschicht zu Heiz- fläche .....	
3.2.3.3	Verbrennung .....	
3.2.4	Verbrennung in der Schwebe .....	
3.2.4.1	Pyrolyse und Zündung .....	
3.2.4.2	Koksabbrand .....	
3.2.4.3	Abbrandverlauf .....	
3.2.4.4	Mathematische Flammenmodellierung .....	
3.3	NO <sub>x</sub> -Bildungsmechanismus .....	
3.3.1	Brennstoff-NO .....	
3.3.2	Thermisches NO .....	
3.3.3	Prompt-NO .....	
3.3.4	Einflußgrößen auf die NO <sub>x</sub> -Bildung .....	
3.3.4.1	Flammentemperatur .....	
3.3.4.2	Sauerstoffangebot .....	
3.3.4.3	Verweilzeit .....	
3.3.4.4	Brennstoff .....	
3.3.5	Maßnahmen zur Senkung der NO <sub>x</sub> -Emission .....	
<b>4</b>	<b>Feuerungen</b>	
4.1	Charakterisierung der Feuerung .....	
4.1.1	Strömungstechnik .....	
4.1.2	Wärmetechnik .....	
4.1.3	Reaktionstechnik .....	
4.2	Gasfeuerungen .....	
4.2.1	Brennkammer .....	
4.2.2	Gasbrenner .....	
4.2.3	Gasversorgungsanlage .....	
4.3	Ölfeuerungen .....	
4.3.1	Brennkammer .....	

---

4.3.2	Ölbrenner.....	
4.3.2.1	Druckzerstäuber .....	
4.3.2.2	Injektionszerstäuber .....	
4.3.2.3	Rotationszerstäuber .....	
4.3.3	Ölversorgungsanlage .....	
4.4	Rostfeuerungen .....	
4.4.1	Wanderrost .....	
4.4.2	Schürrost.....	
4.4.3	Brennstoffaufgabe .....	
4.4.4	Brennkammer .....	
4.4.5	Betriebsverhalten.....	
4.4.6	Kennwerte .....	
4.5	Wirbelschichtfeuerungen .....	
4.5.1	Stationäre Wirbelschichtfeuerung .....	
4.5.1.1	Verfahrens- und apparatetechnische Aspekte .....	
4.5.1.2	Betriebsanlagen und Erfahrungen .....	
4.5.2	Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung.....	
4.5.2.1	Allgemeine verfahrenstechnische Aspekte.....	
4.5.2.2	Verfahren, Betriebsanlagen und Erfahrungen .....	
4.5.2.2.1	EVT-Verfahren.....	
4.5.2.2.2	Lurgi-Verfahren .....	
4.5.2.2.3	Babcock-CIRCOFLUID-Verfahren .....	
4.5.2.2.4	Steinmüller- und Thyssen-Verfahren .....	
4.5.3	Druck-Wirbelschichtfeuerung .....	
4.5.4	Umweltschutz bei Wirbelschichtfeuerungen.....	
4.5.4.1	SO <sub>2</sub> -Emission .....	
4.5.4.2	NO <sub>x</sub> -Emission.....	
4.5.4.3	CO-Emission .....	
4.5.4.4	Halogenwasserstoff-Emission .....	
4.5.4.5	Feste Rückstände und Verwertungsmöglichkeiten..	
4.6	Staubfeuerungen .....	
4.6.1	Kohlenstaubmahanlage .....	
4.6.1.1	Direkte Einblasung.....	
4.6.1.2	Staubzwischenbunkerung .....	
4.6.1.3	Sicherheitstechnische Anforderungen .....	
4.6.2	Kohlenstaubmühlen.....	
4.6.2.1	Schläger- und Schlagradmühlen.....	
4.6.2.2	Wälzmühle .....	
4.6.2.3	Rohrmühle.....	
4.6.2.4	Mühlenbetrieb .....	
4.6.2.4.1	Mahlfeinheit, Sichtung, Arbeitsbedarf ...	
4.6.2.4.2	Trocknung .....	
4.6.2.4.3	Teillast, Kohledurchsatz, Zustandsänderungen.....	
4.6.2.4.4	Verschleiß.....	
4.6.2.4.5	Mühlenantrieb .....	

4.6.3	Staubfeuerungsbaarten .....	
4.6.3.1	Staubfeuerung mit trockenem Ascheabzug .....	
4.6.3.2	Staubfeuerung mit flüssigem Ascheabzug .....	
4.6.3.3	Brennkammer und Staubzuführung .....	
4.6.4	Kohlenstaubbrenner .....	
4.6.4.1	Anforderungen .....	
4.6.4.2	Bauarten .....	
4.6.4.3	Strömungsfeld .....	
4.6.4.4	Brennerauslegung .....	
4.6.5	Primärentstickung .....	
4.7	Thermische Reststoffbehandlungsanlagen .....	
4.7.1	Gesetzesvorschriften .....	
4.7.2	Abfallstoffe .....	
4.7.3	Thermische Verfahren .....	
4.7.3.1	Verbrennungssysteme .....	
4.7.3.2	Pyrolyse-Verbrennungs-Systeme .....	
4.7.3.3	Vergasungssysteme .....	
4.7.3.4	Verbrennung von Klärschlamm, Industrierückstände und Sonderabfall .....	
4.7.4	Betriebsverfahren .....	
4.8	Brennkammerdimensionierung .....	
4.8.1	Problemstellung .....	
4.8.2	Kenngößen .....	
4.8.3	Wärmeübertragung und Brennkammertemperatur .....	
4.8.4	Wärmestromdichte .....	
4.8.5	Mathematische Brennkammermodelle .....	

## 5 Dampferzeuger-Druckteil

5.1	Gesetzliche Bestimmungen .....	
5.2	Speisewasserqualität .....	
5.3	Naturumlauf-Dampferzeuger .....	
5.3.1	Prinzip .....	
5.3.2	Zweiphasenströmung .....	
5.3.3	Siedekrise, Wärmeübertragung und Druckverlust der Zweiphasenströmung .....	
5.3.4	Naturumlaufströmung .....	
5.3.5	Zuverlässigkeit der Umlaufströmung .....	
5.3.6	Dampferzeuger mit Naturumlauf .....	
5.3.7	Betriebsverhalten .....	
5.4	Zwangumlauf-Dampferzeuger .....	
5.4.1	Prinzip .....	
5.4.2	Umlaufströmung .....	
5.4.3	Dampferzeuger mit Zwangumlauf .....	
5.4.4	Betriebsverhalten .....	

---

5.5	Zwangdurchlauf-Dampferzeuger.....	
5.5.1	Durchlaufströmung.....	
5.5.1.1	Druckverlust.....	
5.5.1.2	Strömungsstabilität.....	
5.5.1.3	Siedekrise, Wärmeübertragung.....	
5.5.2	Durchlaufverdampfer-Ausführungen.....	
5.5.3	Zwangdurchlauf-Dampferzeuger mit variablem Verdampfungs- endpunkt.....	
5.5.3.1	Prinzip.....	
5.5.3.2	Ausgeführte Dampferzeuger.....	
5.5.3.3	Betriebsverhalten.....	
5.5.4	Zwangdurchlauf-Dampferzeuger mit festem Verdampfungs- endpunkt.....	
5.5.4.1	Prinzip.....	
5.5.4.2	Ausgeführte Dampferzeuger.....	
5.5.4.3	Betriebsverhalten.....	
5.6	Überhitzer.....	
5.6.1	Strahlungsüberhitzer.....	
5.6.2	Konvektionsüberhitzer.....	
5.6.3	Überhitzeranordnung.....	
5.6.4	Überhitzerauslegung.....	
5.6.5	Betriebsverhalten.....	
5.6.6	Dampftemperatur-Regelung.....	
5.6.6.1	Anforderungen, dynamisches Verhalten.....	
5.6.6.2	Regelungsverfahren.....	
5.7	Speisewasservorwärmer.....	
5.7.1	Bauarten.....	
5.7.2	Betriebsverhalten.....	
<b>6</b>	<b>Luftvorwärmer</b>	
6.1	Rekuperativ-Luftvorwärmer.....	
6.2	Regenerativ-Luftvorwärmer.....	
6.3	Betriebsverhalten.....	
<b>7</b>	<b>Abwärme-Dampferzeuger</b>	
7.1	Bauarten.....	
7.2	Auslegung.....	
7.3	Ausgeführte Anlagen.....	
<b>8</b>	<b>Wirkungsgrad und Verluste</b>	
8.1	Bedeutung des Wirkungsgrades.....	
8.2	Dampferzeuger-Wirkungsgrad.....	
8.3	Einzelverluste.....	
8.4	Wirkungsgradmessung.....	

## 9 Wärmeübertragung und Druckverlust

9.1	Wärmeübertragung in der Brennkammer .....	
9.1.1	Gasstrahlung.....	
9.1.2	Festkörperstrahlung .....	
9.1.3	Berechnung der Brennkammer.....	
9.2	Wärmeübertragung im Schottraum.....	
9.3	Wärmeübertragung in Konvektionsheizflächen.....	
9.3.1	Wärmeübertragung bei erzwungener Strömung durch Rohre	
9.3.2	Wärmeübertragung bei erzwungener Strömung um Rohre und Rohrbündel.....	
9.3.3	Gasstrahlung.....	
9.3.4	Wärmeübertragung in Regeneratoren.....	
9.3.5	Wärmeübertragung an Rippenrohren .....	
9.4	Berechnung der Heizflächen.....	
9.5	Druckverlust .....	
9.5.1	Druckverlust bei der Strömung durch Rohre und Kanäle .....	
9.5.2	Druckverlust bei der Strömung quer zu Rohrbündeln.....	

## 10 Bauteilverhalten im Betrieb

10.1	Einsatzweise und Manövrierfähigkeit.....	
10.2	Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit .....	
10.3	Bauteilbeanspruchung.....	
10.4	Verschlackung und Verschmutzung der Heizflächen .....	
10.4.1	Untersuchungsmethoden .....	
10.4.2	Mechanismus der Ansatzbildung.....	
10.4.3	Gegenmaßnahmen .....	
10.4.4	Heizflächen-Reinigungsverfahren .....	
10.4.4.1	Reinigungsverfahren während des Betriebes.....	
10.4.4.2	Reinigungsverfahren bei Stillstand.....	
10.5	Abtragverschleiß.....	
10.5.1	Theoretische Grundlagen.....	
10.5.2	Verschleißerscheinungsformen .....	
10.5.3	Verschleißbekämpfung.....	

## 11 Verfahren zur Emissionsminderung bei Dampferzeugern

11.1	Emissionen.....	
11.1.1	Gesetzliche Regelungen .....	
11.1.2	Grenzwerte .....	
11.1.3	Emissionskontrolle .....	
11.2	Feststoffabscheidung .....	
11.2.1	Mechanische Abscheider.....	
11.2.1.1	Grundlagen .....	
11.2.1.2	Technische Anlagen .....	
11.2.1.3	Betriebsverhalten .....	

11.2.2	Filternde Abscheider.....	
11.2.2.1	Grundlagen .....	
11.2.2.2	Textile Filtermaterialien .....	
11.2.2.3	Technische Anlagen .....	
11.2.3	Elektrische Abscheider .....	
11.2.3.1	Grundlagen .....	
11.2.3.2	Technische Anlagen .....	
11.2.3.3	Betriebsverhalten.....	
11.3	Schadgasabscheidung .....	
11.3.1	Rauchgasentschwefelung.....	
11.3.1.1	Naßverfahren .....	
11.3.1.1.1	Absorptionsprinzip .....	
11.3.1.1.2	Technische Anlagen .....	
11.3.1.1.3	Betriebserfahrungen.....	
11.3.1.2	Halbtrockenverfahren .....	
11.3.1.3	Trockenverfahren .....	
11.3.2	Rauchgasentstickung .....	
11.3.2.1	Selektive katalytische Reduktion.....	
11.3.2.2	Selektive nichtkatalytische Reduktion.....	
<b>12</b>	<b>Kombinierte Kraftwerksprozesse</b>	
12.1	Energieerzeugung und Umwelt .....	
12.2	Kraftwerksprozesse.....	
12.2.1	Gas- und Dampfturbinen-Prozeß.....	
12.2.2	Gas- und Dampfturbinenprozeß mit Zusatzfeuerung (Kombiprozeß) .....	
12.2.3	Gas- und Dampfturbinenprozeß mit wasser-/dampfseitiger Kopplung (Verbundprozeß).....	
12.2.4	Gas- und Dampfturbinenprozeß bei Kohleeinsatz.....	
12.2.4.1	Gas- und Dampfturbinenprozeß mit integrierter Kohlevergasung .....	
12.2.4.1.1	Prozesse mit Druckvollvergasung .....	
12.2.4.1.2	Prozesse mit Druckteilvergasung.....	
12.2.4.2	Gas- und Dampfturbinenprozeß in integrierter Kohleverbrennung .....	
12.2.4.2.1	Prozesse mit Druckwirbelschicht- feuerung .....	
12.2.4.2.2	Prozesse mit Druckkohlenstaub- feuerung .....	
12.3	Prozeßvergleich	
<b>Literatur</b>	.....	
<b>Sachverzeichnis</b>	.....	

Dampferzeugung

Effenberger, H.

2000, XIII, 854 S. 525 Abb., 7 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-540-64175-9