

1. Grundlagen und Allgemeines

Formelzeichen und Einheiten	1.1.1
Umwandlung von Einheiten	1.1.2
Symbole für Schaltpläne von Wärmekraftanlagen	1.1.3
Massen- und Stoffmengenbilanzen. Beispiel Verbrennung	1.2.1.1
Charakterisierung der Zusammensetzung	1.2.1.2
Energie- und Exergiebilanz	1.2.2
Berechnung der Energie- und Exergiebilanz	1.2.3
Die Anteile der Exergie von Stoffströmen	1.2.4
Exergetische Bewertungskennzahlen	1.2.5
Energie- und Exergieflussbilder	1.2.6
Abschreibung und Verzinsung von Anlagekapital	1.3

2. Stoffeigenschaften

h,s -Diagramm für Wasser und Wasserdampf (Ausschnitt, rechtwinklig)	2.1.1.1
h,s -Diagramm für Wasser und Wasserdampf (schiefwinklig)	2.1.1.2
T,s -Diagramm für Wasser und Wasserdampf	2.1.2
$h, \log p$ -Diagramm für Wasser und Wasserdampf	2.1.3
$h, \log \varphi$ -Diagramm für Wasser und Wasserdampf	2.1.4.1
Fanno-Linien zu Bild 2.1.4.1	2.1.4.2
Realgasfaktor des Wassers	2.1.5
Spezifische Wärmekapazität von Wasser und Wasserdampf	2.1.6
Isentropenexponent von Wasserdampf	2.1.7.1
Isenthalpenexponent von Wasserdampf	2.1.7.2
Beispiele zum Rechnen mit Isentropen- und Isenthalpenexponenten	2.1.7.3
Wärmeleitfähigkeit λ von Wasser und Wasserdampf	2.1.8
Dynamische Viskosität η von Wasser und Wasserdampf	2.1.9
h,s -Diagramm für Luft	2.2.1
h, φ -Diagramm für Luft	2.2.2.1
Fanno-Linien zu Bild 2.2.2.1	2.2.2.2
Spezifische Wärmekapazität der Luft	2.2.3
Wärmeleitfähigkeit der Luft	2.2.4
Dynamische Viskosität der Luft	2.2.5
Realgasfaktor der Luft (0 °C bis 1200 °C)	2.2.6
h,x -Diagramm für feuchte Luft (Temperaturbereich –10 °C bis 60 °C)	2.2.7.1
s,x -Diagramm für feuchte Luft (Temperaturbereich –10 °C bis 60 °C)	2.2.7.2
h,x -Diagramm für feuchte Luft (Temperaturbereich 0 °C bis 350 °C)	2.2.7.3
s,x -Diagramm für feuchte Luft (Temperaturbereich 0 °C bis 350 °C)	2.2.7.4
h/ξ -Diagramm für das Stoffgemisch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$	2.2.8.1
$\log(p)-1/T$ -Diagramm für das Stoffgemisch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$	2.2.8.2
Konstanten für die molare Wärmekapazität, Enthalpie und Entropie	2.3.1
Thermodynamische Stoffwerte von feuchter Luft und Verbrennungsgasen nach VDI 4670	2.3.2
h,s -Diagramm eines für Gasturbinen typischen Verbrennungsgases	2.3.3
Exergie der Wärme	2.4.1
Thermomechanische Exergie idealer Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe	2.4.2
Exergie realer Gase. Berechnungsgleichungen	2.4.3
Exergie realer Gase. Diagramme	2.4.4
Exergie von Gemischen, Konzentrationsexergie	2.4.5
Chemische Exergie. Berechnungsmethoden	2.4.6.1
Chemische Exergie, chemische Elemente	2.4.6.2
Chemische Exergie, anorganische Verbindungen	2.4.6.3
Chemische Exergie, Gruppenanteile für organische Verbindungen	2.4.6.4
Chemische Exergie, Brennstoffe	2.4.6.5

3. Wärmeübertragung

Wärmeübertragung	3
Reynolds-Zahl und kinematische Zähigkeit für Luft	3.1.1.1
Dichte und Prandtl-Zahl für Luft	3.1.1.2
Wärmeübergangskoeffizient für Luft bei bekannter Nußelt-Zahl	3.1.1.3
Grashof-Zahl und kinematische Zähigkeit für Luft	3.1.1.4
Reynolds-Zahl und kinematische Zähigkeit für Wasser	3.1.2.1
Dichte und Prandtl-Zahl für Wasser	3.1.2.2
Wärmeübergangskoeffizient für Wasser bei bekannter Nußelt-Zahl	3.1.2.3
Grashof-Zahl und kinematische Zähigkeit für Wasser	3.1.2.4
Nußelt-Zahl bei laminarer Rohrströmung	3.2.1.1
Nußelt-Zahl bei turbulenter Rohrströmung	3.2.1.2
Nußelt-Zahl bei laminarer Ringspaltströmung – Wärmeübergang nur am Innenrohr	3.2.2.1
Nußelt-Zahl bei laminarer Ringspaltströmung – Wärmeübergang nur am Außenrohr	3.2.2.2
Nußelt-Zahl bei laminarer Ringspaltströmung – Wärmeübergang am Innen- und Außenrohr	3.2.2.3
Nußelt-Zahl bei turbulenter Ringspaltströmung	3.2.2.4
Nußelt-Zahl bei überströmter ebener Platte und bei angeströmten Einzelkörpern	3.2.3
Nußelt-Zahl bei querdurchströmten Glattrohrbündeln	3.2.4
Nußelt-Zahl bei freier Konvektion an vertikalen Platten und horizontalen Zylindern	3.3.1
Wärmeübergangskoeffizient beim Behältersieden von Wasser	3.4.1
Betriebscharakteristik von Gleich- und Gegenstrom-Wärmeübertragern	3.5.1
Betriebscharakteristik von Kreuzstrom-Wärmeübertragern	3.5.2

4. Verbrennung

Zusammenhang zwischen Kohlendioxid- und Sauerstoffgehalt des Rauchgases	4.1
Bezogene trockene Verbrennungsluftmasse für feste Brennstoffe	4.2.1
Bezogene trockene Verbrennungsluftmasse für Heizöle	4.2.2
Bezogene trockene Verbrennungsluftmasse für Erdgase in kg/kg	4.2.3
Bezogene trockene Verbrennungsluftmasse für Erdgase in kg/m ³	4.2.4
Bezogene Rauchgasmasse (ohne Luftfeuchtigkeit) für feste Brennstoffe	4.3.1
Bezogene Rauchgasmasse (ohne Luftfeuchtigkeit) für Heizöle	4.3.2
Bezogene Rauchgasmasse (ohne Luftfeuchtigkeit) für Erdgase in kg/kg	4.3.3
Bezogene Rauchgasmasse (ohne Luftfeuchtigkeit) für Erdgase in kg/m ³	4.3.4
Bezogenes Rauchgasvolumen (ohne Luftfeuchtigkeit) für feste Brennstoffe	4.4.1
Bezogenes Rauchgasvolumen (ohne Luftfeuchtigkeit) für Heizöle	4.4.2
Bezogenes Rauchgasvolumen (ohne Luftfeuchtigkeit) für Erdgase in m ³ /kg	4.4.3
Bezogenes Rauchgasvolumen (ohne Luftfeuchtigkeit) für Erdgase in m ³ /m ³	4.4.4
Dichte des Rauchgases für feste Brennstoffe und Heizöle	4.5.1
Dichte des Rauchgases für Erdgase	4.5.2
Anforderungen der Großfeuerungsanlagenverordnung GFAVO (13. BImSchV)	4.6.1
Aufzeichnung und Auswertung der kontinuierlichen Emissionsmessungen (GFAVO)	4.6.2
Anforderungen der Großfeuerungsanlagenverordnung GFAVO (13. BImSchV)	4.6.3
Anforderungen der TA Luft (feste und flüssige Brennstoffe)	4.6.4
Anforderungen der TA Luft (gasförmige Brennstoffe und Gasturbinenanlagen)	4.6.5

5. Dampferzeuger

Statische Schornsteinzugstärke	5.1
Schornsteinzugverluste	5.2
Integrale spezifische Wärmekapazität des Rauchgases	5.3
Abgasverlust bei festen Brennstoffen ($\vartheta_b = 25^\circ\text{C}$; $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0062$)	5.4.1
Abgasverlust bei Heizölen ($\vartheta_b = 25^\circ\text{C}$; $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0062$)	5.4.2
Abgasverlust bei Erdgasen ($\vartheta_b = 25^\circ\text{C}$; $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0062$)	5.4.3
Verlust durch unvollkommene Verbrennung bei festen Brennstoffen	5.5.1
Verlust durch unvollkommene Verbrennung bei Heizölen	5.5.2
Verlust durch unvollkommene Verbrennung bei Erdgasen	5.5.3
Dampferzeuger-Strahlungsverlust	5.6

6. Anforderungen an Speisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern

VdTÜV-Richtlinien. Salzhaltiges Speisewasser für Umlaufkessel (Wasserrohr- und Großwasserkessel)/ Kesselwasser aus salzhaltigem Speisewasser	6.1
VdTÜV-Richtlinien: Salzfrees Speisewasser bei alkalischer Fahrweise von Dampfkesseln und Einspritzwasser zur Dampftemperaturregelung/Kesselwasser aus salzfreiem Speisewasser	6.2
VGB-Richtlinie für Kesselspeisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern über 6,8 Mpa zulässigem Betriebsüberdruck	6.3
Tabelle 1: Salzfrees Speisewasser im Dauerbetrieb	
Tabelle 2: Kesselwasser aus salzfreiem Speisewasser, im Dauerbetrieb	
VGB-Richtlinie für Kesselspeisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern über 6,8 Mpa zulässigem Betriebsüberdruck	6.4
Tabelle 3: Dampf, im Dauerbetrieb	

7. Dampfturbinen

Kupplungswirkungsgrad von Gegendruckturbinen	7.1
Bestimmung der spezifischen ND-Austrittsenergie oder der Abdampfgröße von Kondensationsturbinen ohne Zwischenüberhitzung, Schnellläufer, bis 20 MW	7.2.1
Bestimmung der spezifischen ND-Austrittsenergie oder der Abdampfgröße von Kondensationsturbinen ohne Zwischenüberhitzung, normaltourig, 10 bis 110 MW	7.2.2
Wärmeverbrauch von Turbinen mit Zwischenüberhitzung; Basis-Wärmeverbrauch	7.3
Wärmeverbrauch von Turbinen mit Zwischenüberhitzung; Einfluss von Änderungen der Temperatur, des Druckverlustes und der Vorwärmung	7.4
Wärmeverbrauch von Turbinen mit Zwischenüberhitzung; Einfluss von Änderungen des Gefälles, der Austrittsenergie und des Generatorwirkungsgrades. Kondensatordampfstrom, Zweigturbine . . .	7.5
Schluckfähigkeit von Düsen bei überkritischen Druckverhältnissen	7.6
Durchflussbeiwert bei unterkritischen Druckverhältnissen	7.7
Dampfkegelgesetz; Ermittlung des Dampfstroms	7.8.1
Dampfkegelgesetz; Ermittlung des Drucks	7.8.2

8. Kühlsysteme

Wärmedurchgangskoeffizient liegender Kondensatorrohre nach <i>Kraußold/Nußelt/Neumann</i>	8.1
Wirksame Kühlrohrlänge bei Kondensatoren	8.2
Anzahl der Kondensatorrohre und Größe der Kondensatorkühlfläche	8.3
Reduzierter Wärmedurchgangskoeffizient in Kondensatoren zur Betriebsüberwachung	8.4
Naturzugnasskühlturm-Kennfeld; Rechenschema und Beispiel	8.5
Ventilatornasskühlturm-Kennfeld; Rechenschema und Beispiel	8.6
Verdunstungskennzahl (Merkel-Zahl) bei Nasskühltürmen; Rechenschema	8.7
Trockenkühlturm-Kennfeld; Rechenschema und Beispiel	8.8
Kühlwassergrenzpreis	8.9

9. Rohrleitungen

Reibungszahl für Rohre	9.1.1
Absolute Wandrauigkeit (Richtwerte)	9.1.2
Reynolds-Zahl in dampfdurchströmten Rohren	9.2
Strömungsgeschwindigkeit in dampfdurchströmten Rohren	9.3
Spezifischer Druckverlust in dampfdurchströmten Rohren	9.4
Reynolds-Zahl bei wasserdurchströmten Rohren	9.5
Strömungsgeschwindigkeit und Rohrdurchmesser bei wasserdurchströmten Rohren	9.6
Spezifischer Druckverlust bei wasserdurchströmten Rohren	9.7
Widerstandsbeiwerte von Armaturen	9.8
Widerstandsbeiwerte von Formstücken	9.9
Widerstandsbeiwerte von Formstücken	9.10
Widerstandsbeiwerte von Düsen und Blenden	9.11

Widerstandsbeiwerte, verschiedene	9.12
Wärmeverlust ungedämmter Rohre (ruhende Luft)	9.13.1
Wärmeverlust ungedämmter Rohre (luftumströmt)	9.13.2
Wärmeverlust und Außentemperatur wärmegeämmter Rohre (Wärmedurchlasswiderstand)	9.14.1
Wärmeverlust und Außentemperatur wärmegeämmter Rohre (natürliche Konvektion; Temperaturgefälle 60 K bis 220 K)	9.14.2
Wärmeverlust und Außentemperatur wärmegeämmter Rohre (natürliche Konvektion; Temperaturgefälle 220 K bis 520 K)	9.14.3
Wärmeverlust und Außentemperatur wärmegeämmter luftumströmter Rohre	9.14.4
Wärmeverlust wärmegeämmter Rohre durch Armaturen, Dämmschicht-Einbauten und Rohrhalterungen	9.15
Abkühlung strömender Fluide in Rohren	9.16
Wirtschaftliche Dämmschichtdicke von Rohren	9.17
Hochviskose Öle: Kinematische Viskosität und Reynolds-Zahl bei Strömung in Rohrleitungen	9.18
Hochviskose Öle: Spezifischer Druckverlust in Rohren	9.19

10. Energiespeicherung

Speicher für thermische Energie – Begriffe, Richtwerte	10.1
Speicher für thermische Energie – Definitionen	10.2
Volumenbezogene Speicherkapazität eines Gefällespeichers	10.3
Volumenbezogene Speicherkapazität eines Gefällespeichers (Niederdruckbereich)	10.4
Spezifische und volumetrische Speicherkapazität von Speichermedien	10.5

11. Arbeits- und Kraftmaschinen

Ermittlung der totalen spezifischen Gasarbeit für einstufige Verdichter	11.1
Ermittlung der totalen spezifischen Gasarbeit für einstufige Turbinen	11.2
Cordier-Diagramm für einstufige und einflutige Turbomaschinen	11.3
Rückkühltemperatur bei der Verdichtung von Luft oberhalb des Taupunktes	11.4
Bestimmung des Betriebspunktes von Pumpen	11.5
Ermittlung der Umrechnungsfaktoren $f_{Q,W}$, $f_{H,W}$ und $f_{\eta,W}$ für zähe Medien	11.6
Ermittlung der Umrechnungsfaktoren $f_{Q,Z}$ und $f_{H,Z}$ für zähe Medien	11.7
Ermittlung der spezifischen Drehzahl von Kreiselumpen	11.8

12. Gasturbinenanlagen

Normiertes Kennfeld einer Einwellen-Gasturbine	12.1
Normiertes Kennfeld eines Zweiwellen-Aeroderivats	12.2
Normiertes Kennfeld einer Zweiwellen-Gasturbine für den industriellen Einsatz	12.3
Normiertes Kennfeld einer Zweiwellen-Gasturbine zum mechanischen Antrieb	12.4
Energieaufteilung bei einer industriellen Einwellen-Gasturbine bei Betrieb unter Normbedingungen entsprechend Kennfeld 12.1	12.5
Energieaufteilung bei einer Aeroderivat-Gasturbine bei Betrieb unter Normbedingungen entsprechend Kennfeld 12.2	12.6
Wirkungsgrade und Leistungsaufteilungen verschiedener kombinierter Gas-/Dampfturbinenkraftwerke im Kondensationsbetrieb mit ungefeuerten Abhitzeesseln bei ISO-Umgebungsbedingungen	12.7
CO- und NO _x -Emissionen bei Erdgasbetrieb unter Normbedingungen bei vorgemischter und nicht vorgemischter Verbrennung	12.8
Standards für die Gasturbinenindustrie	12.9

13. Verbrennungsmotoranlagen

Motor-Hauptdaten	13.1
Umrechnung von Abgasemissionen	13.2
Einfluss der Gaszusammensetzung auf die Methanzahl	13.3.1
Änderung der Gaskennwerte bei Butan/Luft-Zumischung zu verschiedenen Grundgasen	13.3.2
Änderung der Gaskennwerte bei Propan/Luft-Zumischung zu verschiedenen Grundgasen	13.3.3
Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken	13.4
Energieeinsparungspotential Blockheizkraftwerk	13.5
Energieeinsparungspotential Wärmepumpe	13.6

14. Wärme-Kraft-Kopplung

Stromkennzahl und Brennstoffaufwand von Gegendruck-Heizkraftwerken	14.1
Stromeinbuße bei Heizwasserlieferung aus einem Kondensationskraftwerk	14.2

15. Wärmetechnische Messverfahren

Druckmessung	15.1.1
Druckentnahmebohrungen, Messgeräteanordnung	15.1.2
Temperaturmessung – Thermoelemente, Widerstandsthermometer	15.2.1
Temperaturmessung – Fluid- und Oberflächentemperaturmessung	15.2.2
Temperaturmessung – Strahlungsthermometrie	15.2.3
Durchflussmessverfahren	15.3.1
Durchflussmessung mit genormten Blenden, Düsen und Venturirohren	15.3.2
Abgaszusammensetzung – Konzentrationsmaße, Messprinzipien	15.4.1
Abgaszusammensetzung – Messanordnungen	15.4.2
Feuchtemessung – Feuchtemaße, Messtechnik	15.5.1
Feuchtemessung – Auswertung anhand des Mollier- h,x -Diagramms	15.5.2

Energietechnische Arbeitsmappe

VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hrsg.)

2000, XI, 391 S. 441 Abb. Mit 20 Falttafeln., Hardcover

ISBN: 978-3-540-66704-9