

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5	1.5.4	Raumänderungsarbeit W_r , Innere Energie U , Wärme Q	40
Formelzeichen und Einheiten	8	1.5.5	Technische Arbeit W_t , Robert Mayer, Enthalpie H	45
Einleitung	10	1.5.6	Spez. Wärmekapazitäten c_p , c_v ; Molwärmen C_{mp} , C_{mv} ; $\kappa = c_p/c_v$	51
1 Physikalisch-wärmetechnische Grundlagen	11	2 Die Zustandsänderungen der Gase und ihre Darstellung im p,v- und T,s-Diagramm		55
1.1 Wärmedehnung fester, flüssiger gasförmiger Stoffe	11	2.1 Isochore ZÄ (gleichbleibendes Volumen), Isovolum		55
1.1.1 Wärmedehnung fester Stoffe	11	2.2 Isobare ZÄ (gleichbleibender Druck)		57
1.1.2 Wärmeausdehnung bei Flüssigkeiten	13	2.3 Isotherme ZÄ (gleichbleibende Temperatur)		60
1.1.3 Wärmeausdehnung der Gase	13	2.4 Adiabate (isentropen) ZÄ (ohne Wärmeeinwirkung)		62
1.2 Zustandsgrößen der Gase	14	2.5 Polytropische ZÄ		65
1.2.1 Volumen V , spez. Volumen v , Dichte ρ	14	2.6 Die Entropie und das T,s -Diagramm (Wärmediagramm)		69
1.2.2 Druck und Druckmessung	16	2.6.1 Entropie-Diagramme, allgemeine Grundlage		70
1.2.3 Temperatur, Temperaturmessung	20	2.7 Die T,s -Diagramme der besprochenen ZÄ		73
1.3 Spezifische Wärmekapazität, Anwendungen	23	2.7.1 Die Isochore ($v = \text{konst.}$) im T,s -Diagramm		73
1.3.1 Wahre und mittlere spez. Wärmekapazität	23	2.7.2 Die Isobare ($p = \text{konst.}$) im T,s -Diagramm		74
1.3.2 Spezifische Wärmekapazitäten von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen	24	2.7.3 Die Isotherme ($T = \text{konst.}$) im T,s -Diagramm		75
1.3.3 Anwendung: Mischungstemperatur	24	2.7.4 Die isentrope (adiabatische) ZÄ im T,s -Diagramm		76
1.3.4 Schmelzen und Verdampfen	26	2.7.5 Die polytropische ZÄ im T,s -Diagramm		77
1.4 Gasgesetze; Zustandsgleichung der Gase	28	2.8 Ein T,s -Diagramm für Luft		79
1.4.1 Gasgesetz von Boyle-Mariotte	28	2.8.1 Zusammenfassung zu einem T,s -Diagramm für Luft		81
1.4.2 Gasgesetz von Gay-Lussac	29	2.8.2 Beispiele zur Anwendung des T,s -Diagramms		83
1.4.3 Die allgemeine Zustandsgleichung der Gase	29			
1.4.4 Avogadro-Konstante, Massebegriff Mol, Molvolumen, universelle Gas-konstante R	33	3 Kreisprozesse mit Maschinen		85
1.5 Wärme und Arbeit	35	3.1 Ein Kreisprozeß mit einer Brennkraft-Kolbenmaschine; Beispiel		85
1.5.1 Der erste Hauptsatz der Wärmelehre	35	3.2 Vom 1. zum 2. Hauptsatz der Wärmelehre		88
1.5.2 Mechanische und elektrische Energie wird in Wärmeenergie umgewandelt	36			
1.5.3 Gas und Dämpfe; Umwandlung von Wärme in Arbeit	38			

3.2.1	Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre und der Carnotprozeß	90	4.3	Das T,s - und das h,s -Diagramm von Wasserdampf	138
3.3	Abwärme und Frischwärme beim Kreisprozeß; Bedeutung des Carnotprozesses; Kälteprozeß	92	4.4	ZÄ des Wasserdampfes; Beispiele	142
3.4	Ausgeführte Kraftmaschinen-Kreisprozesse	93	4.4.1	Isovolume (Isochore) ZÄ	142
3.4.1	Otto-Prozeß für den Benzin-Kolbenmotor	94	4.4.2	Isobare ZÄ	143
3.4.2	Dieselp-Prozeß im p,v - und T,s -Diagramm	96	4.4.3	Isothermische ZÄ	145
3.4.3	Der Seiligerprozeß	99	4.4.4	Die isentrope und die polytrope ZÄ; Zwischenüberhitzung	146
3.4.4	Der „einfache offene“ Gasturbinen-Kreisprozeß	100	4.4.5	Drosselung	149
3.5	Ausgeführte Arbeitsmaschinen-Prozesse	106	4.5	Der Clausius-Rankine-Dampf-kraftprozeß	150
3.5.1	Kolbenverdichter	106	4.5.1	Darstellung im T,s - und im h,s -Diagramm	150
3.5.2	Mehrstufige Verdichtung	109	4.5.2	Vorteile des Hochdruck-Hochtemperatur-Kreisprozesses	152
3.5.3	Der Kolbenverdichter im T,s -Diagramm	113	4.5.3	Der Dampfkraftprozeß im Kernkraftwerk	153
3.6	Linkslaufender Carnotprozeß, Kältemaschine, Wärmepumpe	115	4.6	Dampfturbinen, Dampfkraftprozeß, Kopplung von Kraft und Wärme	157
3.6.1	Linkslaufender Carnotprozeß, Leistungsziffer ϵ	115	5	Möglichkeiten der Wirkungsgradverbesserung durch Kreislaufkombinationen	159
3.6.2	Der Kältemaschinenprozeß	117	5.1	Vergleich verschiedener Prozesse	159
3.6.3	Die Wärmepumpe	120	5.1.1	Gasturbinenprozeß (Jouleprozeß)	159
3.7	Die wirklichen Maschinen. Verluste, die über den η_{th} hinaus zum η_e führen. Kolben- und Strömungsmaschinen	121	5.1.2	Dampfturbinenprozeß (Rankineprozeß)	160
3.7.1	Umkehrbare und nicht umkehrbare (reversible und irreversible) Vorgänge	122	5.2	Gas- und Dampfturbinenprozeß (GuD-Prozeß) (Kombination von Joule- und Rankineprozeß	161
3.7.2	Verluste durch Reibung, Wärmeleitung, Drosselung	123	5.3	Joule-Ericsson-Rankine-Prozeß	164
3.7.3	Die zusätzlichen Verluste bei der Energie-Umwandlung in den Kolben- und Strömungsmaschinen	124	5.4	2fach-Dampfprozeß (2fach-Rankine-Prozeß)	167
3.7.4	Die Kolbenmaschinen	124	5.5	Organik-Rankine-Prozeß (ORC-Prozeß)	167
3.7.5	Die Strömungsmaschinen	127	Anhang	171	
4	Der Wasserdampf	131	Zusammenfassung der wichtigsten Gleichungen	178	
4.1	Zustandsgrößen p, t, v – vom Wasser bis zum Heißdampf	132	Literaturverzeichnis	183	
4.2	Das h,p -Diagramm von Wasser bis Heißdampf	135	Stichwortverzeichnis	185	