der Wirkungsgrade die Möglichkeit, die eingesetzte Energie mit Hilfe des Brennwerts, sowie des Heizwerts zu berechnen. Letzterer beinhaltet nicht die Kondensation des Wasserdampfes im Abgas, weshalb er auf Wirkungsgrade größer als 100~% führen kann und somit physikalisch nicht sinnvoll ist. Im Folgenden werden die Wirkungsgrade sowohl für den Brennwert, als auch für den Heizwert berechnet.

5.6.1 Berechnung der Energieströme

Zur Berechnung der Kennzahlen, werden zunächst die Energieströme am Kessel berechnet. Die Gesamtenergiebilanz des Heizkessels wird durch Gleichung 11 beschrieben.

$$\dot{Q}_{Nutz} + \dot{Q}_{Verlust} = \dot{Q}_B + \dot{Q}_{VL} + P_{elekr} \tag{11}$$

Die einzelnen Terme stehen dabei für

 \dot{Q}_B : Energiestrom des zugefhrten Brennstoffs

 P_{elekr} : zugefhrte elektrische Leistung

 \dot{Q}_{Str} : Strahlungsverluste

 \dot{Q}_{Nutz} : ber Wasser an Umgebung abgegebene Heizleistung

 \dot{Q}_{VL} : Energiestrom der zugefhrten Verbrennungsluft

 $\dot{Q}_{Verlust}: Energie verluss trom \ (Abgas verluste \ Strahlungs verluste \ und \ Kondensations gewinn$

Die Strahlungsverluste können nicht genau gemessen werden, weshalb man sich für die quantitative Bestimmung auf empirische bestimmte Gleichungen verlassen muss, die ebenfalls in DIN EN 12951-15 aufgeführt sind. Die einzelnen benötigten Werte, um den Wirkungsgrad zu bestimmen können nach folgenden Formeln berechnet werden:

$$\dot{Q}_{Nutz} = \dot{V}_{Wasser} \cdot \rho_{Wasser} \cdot c_{p,Wasser} \cdot (T_{Vorl} - T_{Rckl})$$
(12)

$$\dot{Q}_{Verlust} = \dot{Q}_{Abqas} + \dot{Q}_{Str} - \dot{Q}_{Kond} \tag{13}$$

$$\dot{Q}_{Abg} = \dot{V}_{Abg} \cdot c_{p,Abg} \cdot \rho_{Abg} \cdot (T_{Abg} - T_{Bezug}) \tag{14}$$

$$\dot{Q}_{Str} = 0.0113 \cdot (\dot{Q}_{N,max})^{0.7} \tag{15}$$

$$\dot{Q}_{Kond} = \dot{m}_{H_2O,kond} \cdot \Delta h_{Kond} \tag{16}$$

$$\dot{Q}_B = \dot{V}_{BS} \cdot c_{p,BS} \cdot \rho_{BS} \cdot (T_{BS} - T_{Bezuq}) + \dot{V}_{Brenngas,Norm} \cdot h_U \tag{17}$$

$$\dot{Q}_{VL} = \dot{V}_{VL} \cdot c_{p,VL} \cdot \rho_{VL} \cdot (T_{VL} - T_{Bezug})$$
(18)

(19)

Tabelle 3: Stoffwerte zur Berechnung der Energieströme

Mess - #	$c_{p,Abg}$	$c_{p,Brennst}$	$c_{p,VL}$	ρ_{Abg}	$\rho_{Brennst}$	ρ_{VL}	ΔH_{H_2O}	h_O	h_U
	$\left[\frac{kJ}{kg\cdot K}\right]$	$\left[\frac{kJ}{kg\cdot K}\right]$	$\left[\frac{kJ}{kg\cdot K}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\left[\frac{kJ}{kg}\right]$	$\left[\frac{kWh}{m_N^3}\right]$	$\left[\frac{kWh}{m_N^3}\right]$
1	1,1739	2,05	1,01551	1,02633	0,79	1,16554	2381,9	12,1	11
2	1,1739	2,05	1,01551	1,02633	0,79	1,16554	2381,9	12,1	11
3	1,175	2,05	1,01551	0,9859	0,79	1,16554	2381,9	12,1	11
4	1,175	2,05	1,01551	0,9859	0,79	1,16554	2381,9	12,1	11
5	1,175	2,05	1,01551	0,9859	0,79	1,16554	2381,9	12,1	11
6	1,1739	2,05	1,01551	1,02633	0,79	1,16554	2381,9	12,1	11

Für den exemplarischen Messpunkt ergiben sich somit diese Werte: