

Bedienanleitung für das Rechenprogramm "Verbrennung"

Das Rechenprogramm und ein Beispiel stehen in der zip-Datei "[Verbrennungsrechnung](#)" zum kostenlosen Download bereit.

Aus dem Programmlisting sind alle inhaltlichen Details – gut strukturiert und mit zahlreichen Kommentaren versehen – ersichtlich.

Die thermodynamischen Grundlagen der technischen Verbrennung und das vorliegende Rechenprogramm mit Beispiel sind Bestandteil des Buches "Stoffwerte", das ebenfalls kostenlos downloadbar ist.

Erfolgt die Programmabarbeitung in der Programmierumgebung [MICROSOFT VISUALBASIC.NET STANDARD](#), sind mögliche Fehlbedienungen und/oder noch vorhandene Programmfehler durch Nutzung des Debuggers relativ leicht auffindbar. Ersatzweise kann auch [Visual Basic 2010 Express](#) verwendet werden. Die bisherige Programmanwendung lief unter dem Betriebssystem Microsoft Windows XP mit Service Pack 1.

Auf jegliche Spezialsoftware, die einige wesentliche Programmiererleichterungen – beispielsweise bei der Erzeugung von Ausgabetafeln – bewirkt hätten, wurde bewusst verzichtet. Es werden lediglich Verbindungen zu MICROSOFT WORD hergestellt.

- [Laden und Start des Rechenprogramms](#)

Die Dateien im Ordner "[Verbrennungsrechnung](#)" sind in ein eigenes Verzeichnis auf die Festplatte zu kopieren und zu entpacken. Im genannten Ordner befinden sich:

- [Verbrennung](#) (Rechenprogramm zur Berechnung der Verbrennung und der Abgasstoffwerte)
- [Beispiel_1](#) (Beispiel "Erdgas" gemäß Seiten 132/133 des Buches "Zustands- und Stoffwerte")

Die Programmabarbeitung kann generell auf zweierlei Weise erfolgen.

I. Beispielhafte Abarbeitung ohne Entwicklungsumgebung:

Ordner " Verbrennung " öffnen ⇒ Datei " bin " öffnen ⇒ " Verbrennung.exe " Doppelklick
--

II. Beispielhafte Abarbeitung mit Entwicklungsumgebung:

Visual Basic.NET starten ⇒ Menüleiste " Datei " ⇒ " Öffnen " ⇒ " Projekt " Einfachklick ⇒ Ordner " Verbrennung " auswählen ⇒ " Verbrennung.sin " Doppelklick ⇒ Menüleiste " Debuggen " Einfachklick ⇒ " Starten " Einfachklick
--

Zu Beginn wird in einem Fenster ein Pfad für das zu bearbeitende Beispiel angegeben. Dieser Vorschlag ist in der Regel mit dem selbst gewählten Pfad zu überschreiben! Ist das Beispiel noch nicht vorhanden, so muss der Ordner dafür **vorher** angelegt werden.

- [Bearbeitung des Programmlistings](#)

Im Ordner "[Verbrennung](#)" sind der Quellcode (Form1) enthalten. Der Aufruf der Form1 kann mit Hilfe des Projektmappen-Explorers vorgenommen werden.

- [Beispielabarbeitung](#)

1. [START](#) drücken und Beispiel mit Pfad und Ordner eingeben.

2. Eventuell vorhandenes Beispiel **LADEN** oder Zahleneingabe gemäß Beschreibung auf der Bedienoberfläche vornehmen.
3. Eventuell **LÖSCHEN vorhandener Daten** vornehmen, z. B. bei einer neuen Berechnung.
4. **DATEN EINLESEN** und **PRUEFEN** aktivieren.
5. **RECHNEN** und **SPEICHERN** drücken.
6. Eventuell **DRUCK** der Eingaben und Ergebnisse mit **WORD**.

• Bedienoberfläche und Ausdruck für Beispiel_1

Ergebnisse der Verbrennungsrechnung

Kenngrößen nach Mollier und Boie:
 1,035 K | 1,957 sigma | 0,000 zeta | 2,016 omega | 0,014 ny

Luft- und Abgasvolumina (Normkubikmeter):
 10,70 L Luftbedarf in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas
 9,63 Vt trockenes Abgasvolumen in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas
 11,72 Vf feuchtes Abgasvolumen in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas

Abgaszusammensetzung:

trockener Anteil m ³ /m ³ t AG		feuchter Anteil m ³ /m ³ f AG		Erklärungen:	
CO2	0,1074	N2	0,8715	CO2	0,0883
CO	0,0000	O2	0,0216	CO	0,0000
SO2	0,0000	H2O	0,0000	O2	0,0173
				H2O	0,1780

Abgasparameter für die Stoffwertberechnung:
 140,0 t Temperatur in °C | 101,3 p Druck in kPa

Abgasvolumina bei den Parametern t und p (Zustandskubikmeter):
 14,57 Vtz trockenes Abgasvolumen in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas
 17,73 Vtz feuchtes Abgasvolumen in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas

Stoffwerte des Abgasgemisches bei den Parametern t und p:

	trockenes / feuchtes Abgas	
Dichte	0,880 / 0,818	m ³ /kg
Wärmekapazität	1,026 / 1,126	kJ/(kg K)
Wärmeleitfähigkeit	0,033 / 0,032	W/(m K)
Dyn. Viskosität	2,226 / 2,076	10 ⁻⁵ Pa s

OBJEKTBEZEICHNUNG: F:\VERBRENNUNGSRECHNUNG\BEISPIEL_1\

TECHNISCHE VERBRENNUNGSRECHNUNG

Brennstoffart: Gas

Qualität der Verbrennung:

Vollkommenheit alpha = 0,000 (alpha = 0 bedeutet kein CO im Abgas)

Brennstoffanalyse:

Kohlenwasserstoff C1H4 = 0,941 m³/m³ Brenngas
 Kohlenwasserstoff C2H6 = 0,025 m³/m³ Brenngas
 Kohlenwasserstoff C3H8 = 0,006 m³/m³ Brenngas
 Kohlenwasserstoff C4H10 = 0,004 m³/m³ Brenngas
 Kohlenoxid CO = 0,000 m³/m³ Brenngas
 Wasserstoff H2 = 0,000 m³/m³ Brenngas
 Schwefelwasserstoff H2S = 0,000 m³/m³ Brenngas
 Sauerstoff O2 = 0,000 m³/m³ Brenngas
 Stickstoff N2 = 0,014 m³/m³ Brenngas
 Kohlendioxid CO2 = 0,010 m³/m³ Brenngas
 Schwefeldioxid SO2 = 0,000 m³/m³ Brenngas
 Wasserdampf H2O = 0,000 m³/m³ Brenngas

Verbrennungskenngrößen:

K = 1,035 sigma = 1,957 omega = 2,016 zeta = 0,000 ny = 0,014

Mit diesen von Mollier und Boie definierten Größen wird programmintern gearbeitet, wodurch die stöchiometrische Berechnung bedeutend abgekürzt werden kann.

Luftkenngrößen:

Luftverhältnis Lambda = 1,100
 Sauerstoffgehalt Omega = 0,210 m³/m³ trockene Luft
 Wasserdampfgehalt x = 0,005 kg/kg trockene Luft

Volumina (in Normkubikmeter):

Luftbedarf L = 10,70 m³/m³ Brenngas
 Trockenes Abgasvolumen Vt = 9,63 m³/m³ Brenngas
 Feuchtes Abgasvolumen Vf = 11,72 m³/m³ Brenngas

Abgaszusammensetzung:

Stoff	trockener Anteil	feuchter Anteil
	m ³ /m ³ trockenes Abgas	m ³ /m ³ feuchtes Abgas
CO ₂	0,1074	0,0883
CO	0,0000	0,0000
SO ₂	0,0000	0,0000
N ₂	0,8715	0,7164
O ₂	0,0210	0,0173
H ₂ O	-----	0,1780

Abgasparameter:

Temperatur	t = 140,0 °C
Druck	p = 101,3 kPa
Taupunkt	ttau = 57,9 °C

Abgasvolumina (in Zustandskubikmeter):

Trockenes Abgasvolumen	Vtz = 14,57 m ³ /m ³ Brenngas
Feuchtes Abgasvolumen	Vfz = 17,73 m ³ /m ³ Brenngas

Stoffwerte des Abgasgemisches:

Größe		trockenes	feuchtes	Einheit
		Abgas	Abgas	
Dichte	rho	0,880	0,818	kg/m ³
Wärmekapazität	cp	1,026	1,128	kJ/(kg K)
Wärmeleitfähigkeit	lambda	0,033	0,032	W/(m K)
Dyn. Viskosität	eta	2,226	2,076	10 ⁻⁵ Pa s