

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

Verbrennungsrechnung für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe

Berechnung ist beendet

F:\Verbrennungsrechnung\Beispiel_1\

Autor: Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Glück (Version 1 2011)

Hinweise: Dateneingabe nur Zahlen, Komma und Minuszeichen!

Alle Grundlagen und Berechnungsansätze zum Thema "Verbrennungsrechnung" sind im Buch "Zustands- und Stoffwerte" zu finden. Download: <http://berndglueck.de/stoffwerte.php>

Brennstoffart: Kohle (B=1) Öl (B=2) Gas (B=3) (programmierte Kennzeichnung)

Abgasanalyse des trockenen Abgases? bekannt (bitte Analysewerte eingeben) unbekannt (bitte Luftverhältnis eingeben)

Verbrennungsluft: Omega Sauerstoffgehalt (normale Luft: Omega = 0,21) x Wasserdampfgehalt in kg / kg trockene Luft

Eingabe für festen oder flüssigen Brennstoff (Brennstoffanalyse): Kohlenstoff Wasser Wasserstoff Asche Schwefel Sauerstoff Stickstoff Kontrolle Summe

Eingabe für gasförmigen Brennstoff (Brennstoffanalyse): CO Kohlenoxid H2 Wasserstoff H2S Schwefelwasserstoff O2 Sauerstoff N2 Stickstoff CO2 Kohlendioxid SO2 Schwefeldioxid H2O Wasser Kohlenwasserstoffe vom Typ: CxHy: 1. Kohlenwasserstoff C H 2. Kohlenwasserstoff C H 3. Kohlenwasserstoff C H 4. Kohlenwasserstoff C H Kontrolle Summe

Ergebnisse der Verbrennungsrechnung: Kenngrößen nach Mollier und Boie: K sigma omega zeta ny

Luft- und Abgasvolumina (Normkubikmeter): L Luftbedarf in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas Vt trockenes Abgasvolumen in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas Vf feuchtes Abgasvolumen in m³/kg Brennstoff bzw. m³/m³ Brenngas

Abgaszusammensetzung:

Stoff	trockener Anteil m³/m³ t. AG	feuchter Anteil m³/m³ f. AG
CO2	0,1074	0,0883
CO	0,0000	0,0000
SO2	0,0000	0,0000
N2	0,8715	0,7184
O2	0,0210	0,0173
H2O	-----	0,1780

Abgasparameter für die Stoffwertberechnung: t Temperatur in °C p Druck in kPa

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

Stoffwerte des Abgasgemisches bei den Parametern t und p:

Größe	trockenes Abgas	feuchtes Abgas	Einheit
Dichte	0,880	0,818	m³/kg
Wärmekapazität	1,026	1,128	kJ/(kg K)
Wärmeleitfähigkeit	0,033	0,032	W/(m K)
Dyn. Viskosität	2,226	2,076	10 ⁻⁵ Pa s

Abgastemperatur: Taupunkt beim Druck p °C Säuretaupunkt °C

START LADEN LÖSCHEN vorhandener Daten DATEN EINLESEN und PRUEFEN RECHNEN und SPEICHERN DRUCK ENDE

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 $\Omega = 0,210 \text{ m}^3/\text{m}^3$ trockene Luft
 Wasserdampfgehalt $x = 0,005 \text{ kg/kg}$ trockene Luft

Volumina (in Normkubikmeter):

Luftbedarf $L = 10,70 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Brenngas
 Trockenes Abgasvolumen $V_t = 9,63 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Brenngas
 Feuchtes Abgasvolumen $V_f = 11,72 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Brenngas

Abgaszusammensetzung:

Stoff	trockener Anteil m^3/m^3 trockenes Abgas	feuchter Anteil 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 $t = 140,0 \text{ }^\circ\text{C}$
 Druck $p = 101,3 \text{ kPa}$
 Taupunkt $t_{\tau} = 57,9 \text{ }^\circ\text{C}$

Abgasvolumina (in Zustandskubikmeter):

Trockenes Abgasvolumen $V_{tz} = 14,57 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Brenngas
 Feuchtes Abgasvolumen $V_{fz} = 17,73 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Brenngas

Stoffwerte des Abgasgemisches:

Größe		trockenes Abgas	feuchtes Abgas	Einheit
Dichte	ρ	0,880	0,818	kg/m^3
Wärmekapazität	c_p	1,026	1,128	$\text{kJ}/(\text{kg K})$
Wärmeleitfähigkeit	λ	0,033	0,032	$\text{W}/(\text{m K})$
Dyn. Viskosität	η	2,226	2,076	10^{-5} Pa s