

Online-Ergänzungen

OE 1 Messung der Wasser- und der Abgastemperatur

Zusätzlich zur Wassertemperatur lässt sich die Abgastemperatur messen, wenn der Abb. 17 entsprechend ein zweiter Thermofühler unter Verwendung eines Dreiwegehahns in den Abgasschlauch eingebaut wird.



Abb. 17 Versuch 23.1 Messung der Wasser- und Abgastemperatur mit zwei Thermofühlern

Messergebnis (Beispiel)

Die Abgastemperatur liegt während des Erhitzens unter der Wassertemperatur, wie das Diagramm (Abb. 18) zeigt.

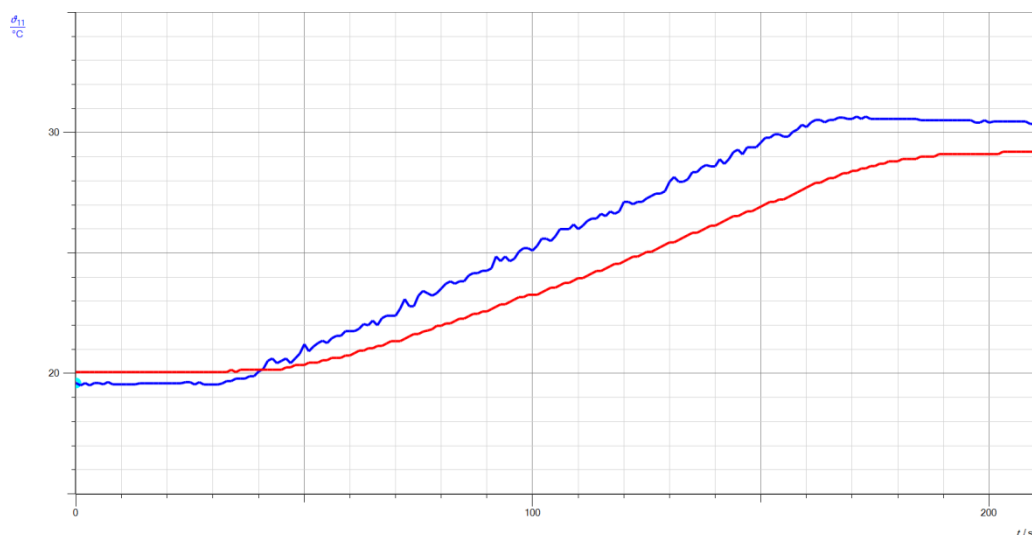


Abbildung 18: Verbrennungsenthalpie von Autogas Temperatur/Zeit-Diagramm (blau: Wassertemperatur, rot: Abgastemperatur)

Eine zusätzliche Variante besteht darin, während der Durchführung des Experiments den Druck der (Wasserstrahl-)Pumpe zu variieren. Dabei wird deutlich, wie die Abgas-Temperatur mit dem Unterdruck korreliert. Die Diskussion des Zusammenhangs kann gewinnbringend sein und führt auf die Begriffe Heizwert und Brennwert.

Versuch 23.2: Variation des Unterdrucks der Pumpe während der Messung

Geräte und Chemikalien, Aufbau und Durchführung:

siehe Versuch 22.3, jedoch wird der Unterdruck der Pumpe mehrfach verändert.

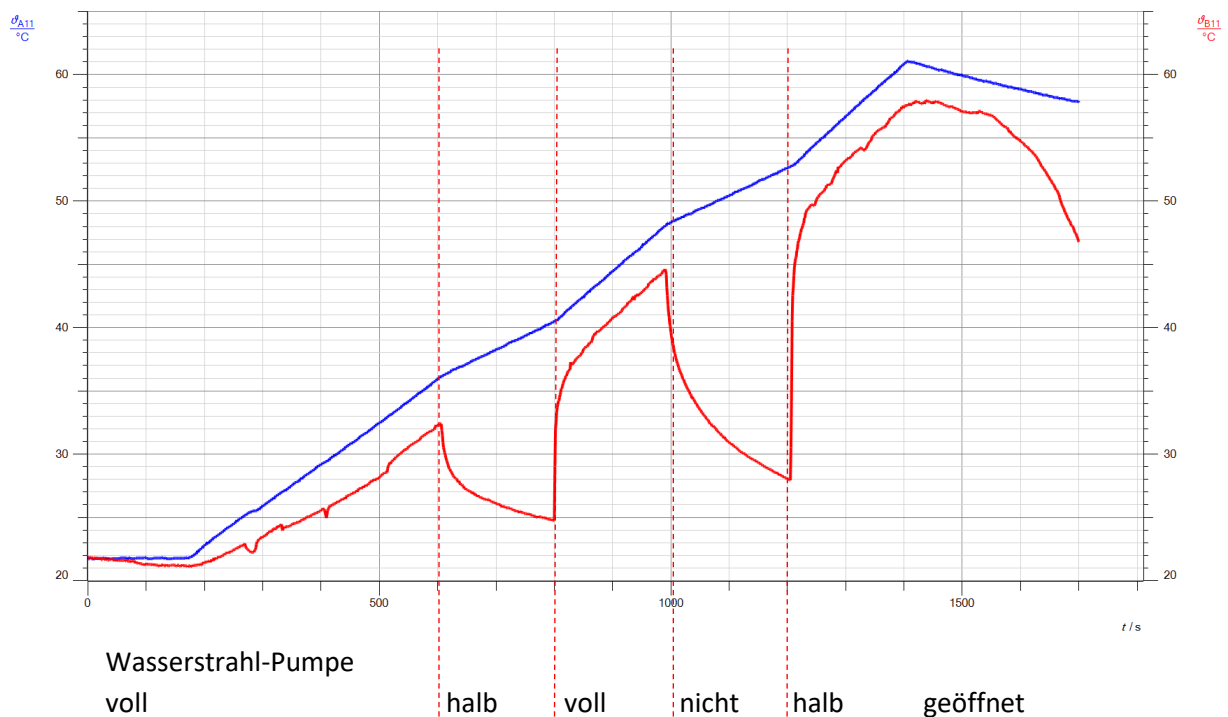


Abbildung 19: Veränderung der Abgas-Temperatur bei Veränderung des Unterdrucks der Pumpe (blau: Wassertemperatur, rot: Abgastemperatur)

Auswertung:

Das Diagramm zeigt, wie die "Abgastemperatur" vom Unterdruck der Pumpe abhängt. Es regt zur Diskussion über die optimale Einstellung des Drucks an.

Hinweis: Bei zu geringem Unterdruck erlischt die Flamme aufgrund des Sauerstoffmangels.

OE 2 Erfahrungen mit unterschiedlich konstruierten Verbrennungskalorimetern

Bei der Arbeit mit dem Verbrennungskalorimeter ergeben sich mehrere Durchführungsvarianten, die zusätzlich zur Kalorimeterkonstruktion zu beachten sind und das Ergebnis beeinflussen:

Die Gassorte* und die Füllmenge des Brenners, * sehr gut geeignet ist Komet-Gas
die Position des Brenners, bzw. der Brennerflamme im Brennraum,
die Flammengröße/-stärke (z. B. 2/3 oder 3/4 der maximalen Gaszufuhr),
die Brenndauer und die entsprechende Temperaturerhöhung,
die Anfangs-Temperatur des Wassers und die Zimmertemperatur,
die Einstellung der (Wasserstrahl-)Pumpe,
die Rührergeschwindigkeit.

Die Abb. 20 zeigt drei Kalorimeter, die bei den Versuchen eingesetzt wurden. Die unterschiedlichen Konstruktionen sind deutlich erkennbar. Die Wasserportionen sind verschieden (660 g, 700 g, 500 g). Der Verbrennungsraum ist unterschiedlich hoch und breit. Das Gasableitungsrohr sitzt mittig (Nr. I und III) oder seitlich (Nr. II). Beim Kalorimeter II wird außerdem zur besseren Wärmeübertragung eine Wendel aus Kupferrohr eingesetzt. Bei den Modellen I und II ist ein Ringrührer unnötig.

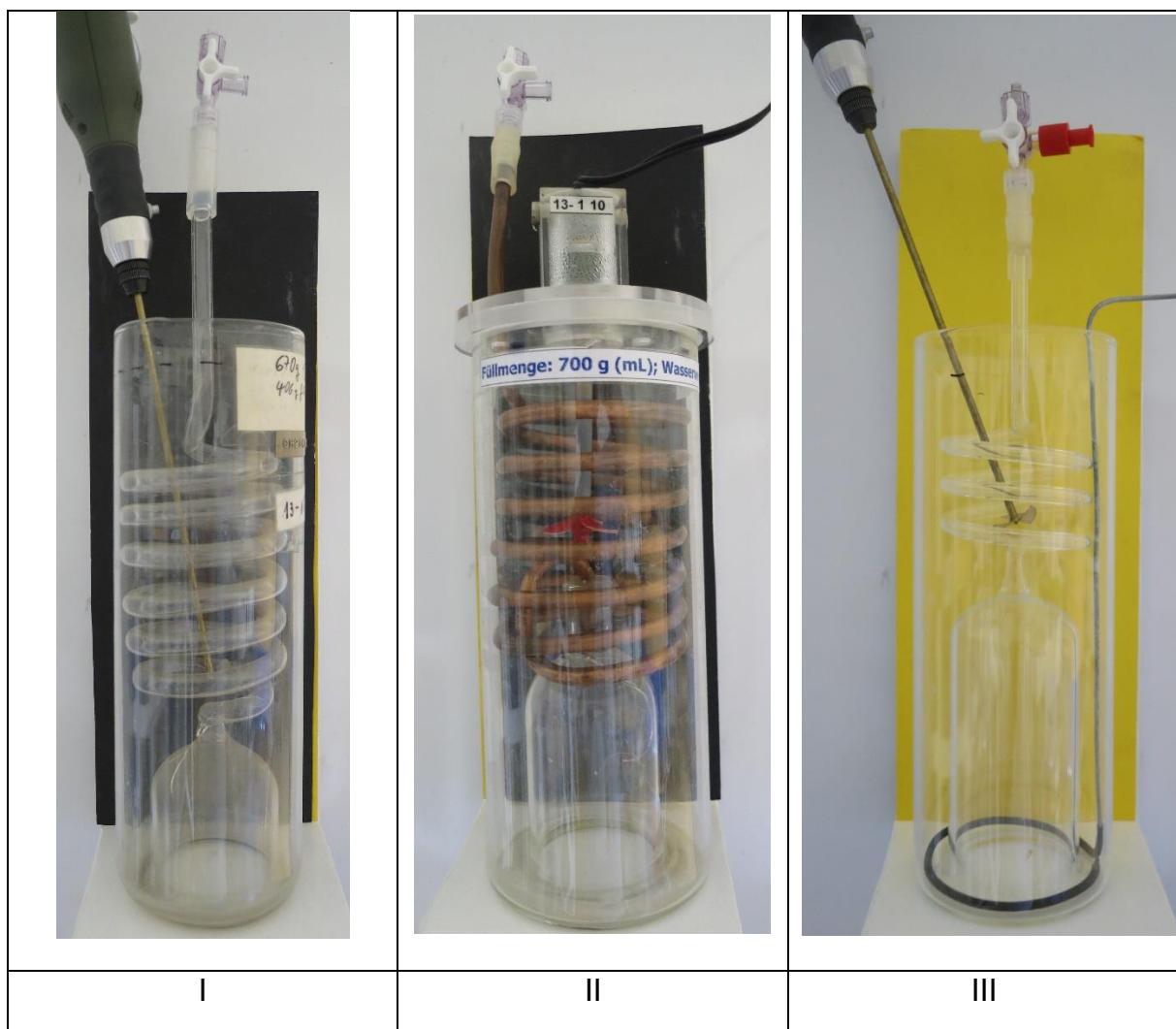


Abb. 20: Drei unterschiedlich konstruierte Verbrennungskalorimeter

Tabelle zu den drei Kalorimeter-Versionen

	Nr. I	Nr. II	Nr. III
Wasserportion	600 g	700 g	500 g
Maße (gesamte Höhe und Außendurchmesser)	22,5 cm hoch, 7,6 cm breit	20,0 cm hoch, 8,4 cm breit	20,0 cm hoch, 7,5 cm breit
Verbrennungsraum (Höhe, Durchmesser)	h = 5,0 cm d = 4,3 cm	h = 8 cm d = 4,5 cm	h = 10 cm d = 4,5 cm
Wasserhülle um den Verbrennungsraum	1,5 cm	2,2 cm	1,5 cm
Gasableitungswendel (Material, Bogenzahl, Lage des Ausgangs)	Glas 5 Bögen mittig	Kupfer 7 Bögen seitlich	Glas 3 Bögen mittig
Propeller-Rührer	schräg	mittig	schräg
Ringrührer	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich

In den letzten drei Jahren wurden sämtliche Messungen mit dem Verbrennungskalorimeter III (vgl. Abb. 20) durchgeführt, weil die Vorgänger-Modelle I und II defekt waren. Die ersten Experimente mit diesem Gerät führten zu Verbrennungsenthalpien, die oberhalb der Literaturwerte lagen. Eine Überprüfung ergab, dass das Wasser in diesem Kalorimeter unterschiedliche Temperaturen besaß. Im unteren Bereich war die Temperatur deutlich niedriger als im oberen Bereich, in dem sich der Temperaturfühler befand. Als Ursache stellte sich heraus, dass der Propeller-Rührer nur eine unzureichende Durchmischung des Wassers erreicht. Das Problem ließ sich durch den Einsatz eines "Ring-Rührers" lösen. Das Rühren von Hand ist ermüdend und wenig professionell. Entweder arbeitet man nur mit dem Ring-Rührer oder man setzt ihn als zusätzlichen Rührer ein. Die Zeit/Temperatur-Diagramme sind verschieden, die Auswertung ist bei ausschließlicher Verwendung des Ringrührers schwierig, wie die Abbildung 21 deutlich macht.

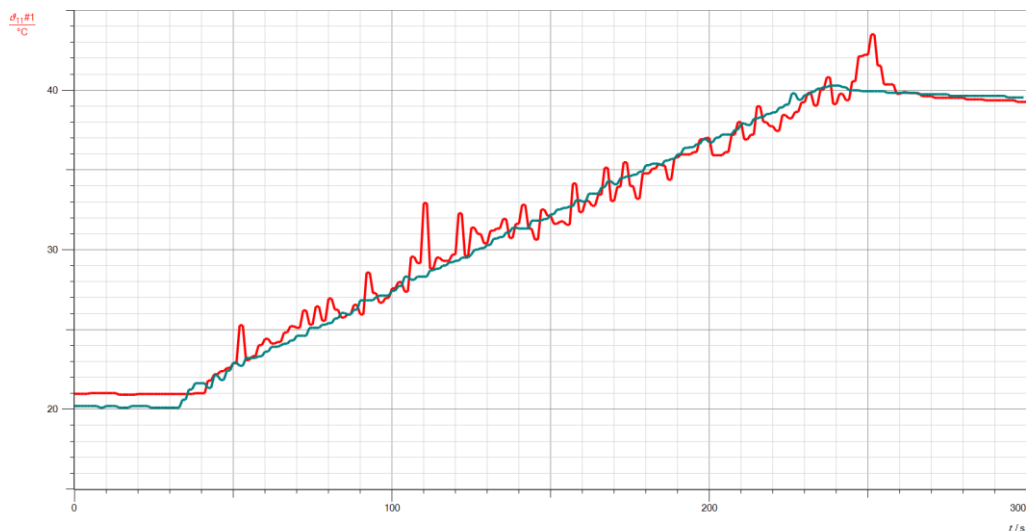


Abb. 21: zwei Diagramme zum Vergleich - Verbrennungskalorimeter III
rot: nur Ringrührer verwendet, grün: Propellerrührer + Ringrührer verwendet

Wünschenswert – vornehmlich für Demonstrationsversuche - ist ein Verbrennungskalorimeter, bei dem ein Ringrührer unnötig ist. Dazu darf der Brennraum nicht zu hoch und zu breit sein, damit eine gute Durchmischung des Wassers mit Hilfe des Propeller-Rührers möglich ist und keine Temperaturunterschiede entstehen. Die Gasableitungswendel sollte oben nicht mittig, sondern seitlich enden, damit ein Propeller-Rührer mittig positioniert werden kann (vgl. Kalorimeter II).