

Rund ums Flüssiggas

nur Teil 2: Experimente

2 Experimente

2.1 qualitativ

2.1.1 Verdampfen, Verbrennen

2.1.2 Verflüssigen

2.1.3 Löslichkeit und Flammen

2.1.4 Springbrunnenversuch (Butan, Benzin)

2.2 quantitativ

2.2.1 Verdampfen (Volumenänderung)

2.2.2 Verbrennungsenthalpie (Autogas – Erdgas)

2.2.3 Gaschromatogramme

2.2.4 Siedetemperaturen (Druckabhängigkeit)

2.2.5 Dichte und Molekülmasse

2.3 spektakulär

2.3.1 Butan-Rakete

Vorbemerkung zu den Experimenten

Beim Experimentieren mit Flüssiggasen nach der Methode „Arbeit weist den Weg“ ergaben sich nach und nach viele Ideen, deren Umsetzung teilweise faszinierend, aber auch desillusionierend war. Dies sei am Beispiel der quantitativen Experimente dargestellt.

Die Siedetemperaturen von z. B. drei Flüssiggasen unterscheiden sich deutlich, weil die Gemische aus den Hauptbestandteilen Propan, i-Butan und n-Butan unterschiedlich zusammengesetzt sind.

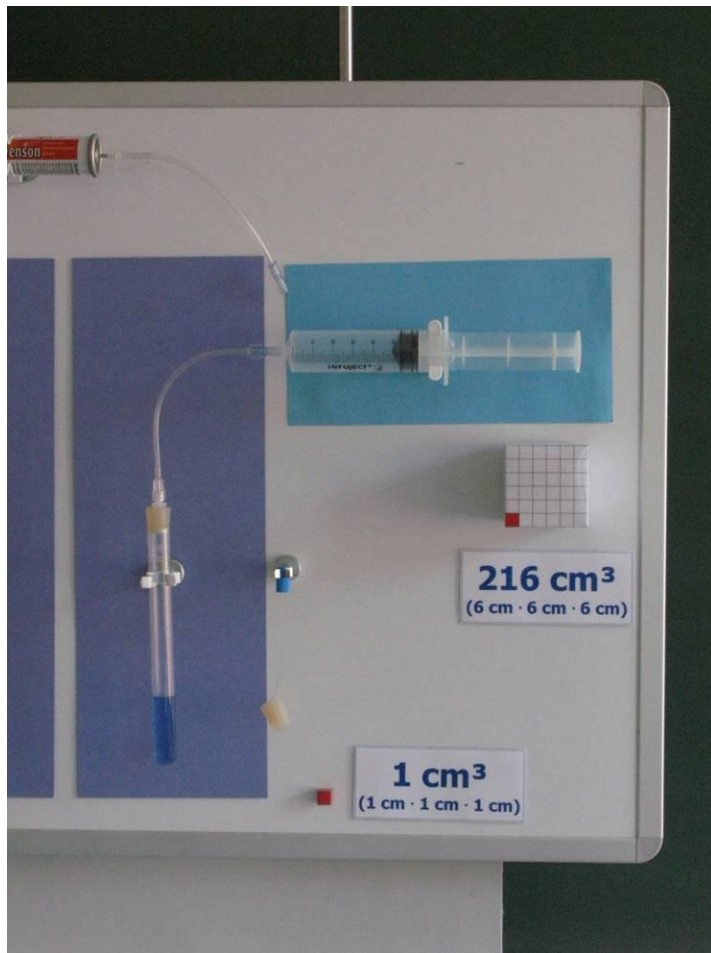
Deshalb lagen quantitative Experimente nahe. Gaschromatogramme, Molekülmassenbestimmungen, Verbrennungsenthalpien und Flammentemperaturen lassen sich mit Schulversuchen ermitteln.

Die Einzeluntersuchungen ergaben mehr oder weniger deutliche Unterschiede zwischen den Proben, allerdings zeigte der Vergleich sämtlicher Ergebnisse eine Fülle von Problemen. Die Werte widersprachen sich oder sie stimmten mit den Angaben der Hersteller nicht überein. Zusätzlich ändert sich die Zusammensetzung sowohl mit der Charge, als auch beim Entleeren der Dosen. Die Analyse übersteigt auf Grund ihrer Komplexität vermutlich die schulischen Möglichkeiten.

Dennoch lassen sich die Mess-Methoden am Beispiel Flüssiggas im Unterricht gewinnbringend behandeln, wenn das Thema auf einzelne Beispiele beschränkt wird.

2.1.1 Einfüllen, Verdampfen und Verbrennen von Flüssiggas

Collin, Lange, Flint; *Feuerzeuggas flüssig oder gasförmig?* Chemkon 16(3), 147-148 (2009)



2.1.1 Verbrennen (Varianten)

Kanülen als Verbrennungsdüsen; Butan-Verbrennung im Einweckglas



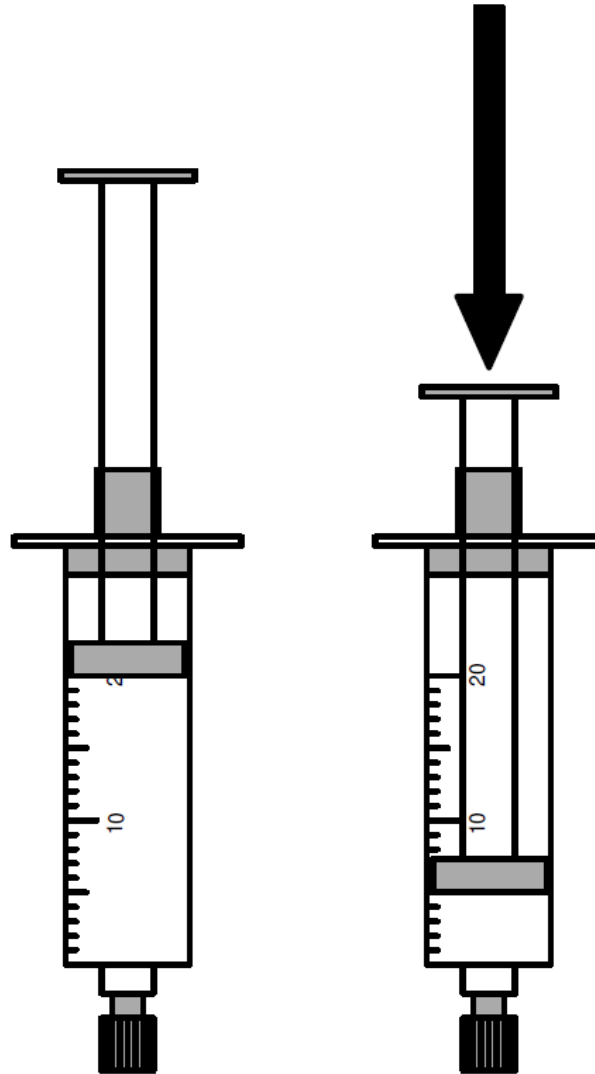
2.1.1 Verdampfen, Verbrennen (weitere Varianten)

Flüssiggas in Spritze (Stempel mit Nagel fixiert), mit Dreiwegehahn und Kanüle
– Modell eines Feuerzeuges -



2.1.2 Butan-Verflüssigung unter Druck

Brand-Skript (7.16)



2.1.2 Die Verflüssigung von Butan(g) gelingt nur unter bestimmten Bedingungen:

1) Die Verwendung einer kleinen Spritze (20- oder 10- mL) ermöglicht höhere Drücke als in großen Spritzen.

2) Die Zusammensetzung des „Butan-Gases“ ist entscheidend. Wenn das Gemisch zu viel Propan (oder Isobutan) enthält gelingt die Kondensation nicht oder nur sehr schlecht.

Selbst in Produkten ein und desselben Herstellers kann die Zusammensetzung je nach Charge deutlich schwanken.

(vgl. hierzu 2.2.3 Gaschromatogramme)

Beim Entleeren der Kartuschen kann sich die Zusammensetzung des Gemisches ändern.

Tipp: Produkte mit garantierten Gehaltsangaben sind zwar teurer als andere, die Ergebnisse bei der Kondensation sind aber besser.

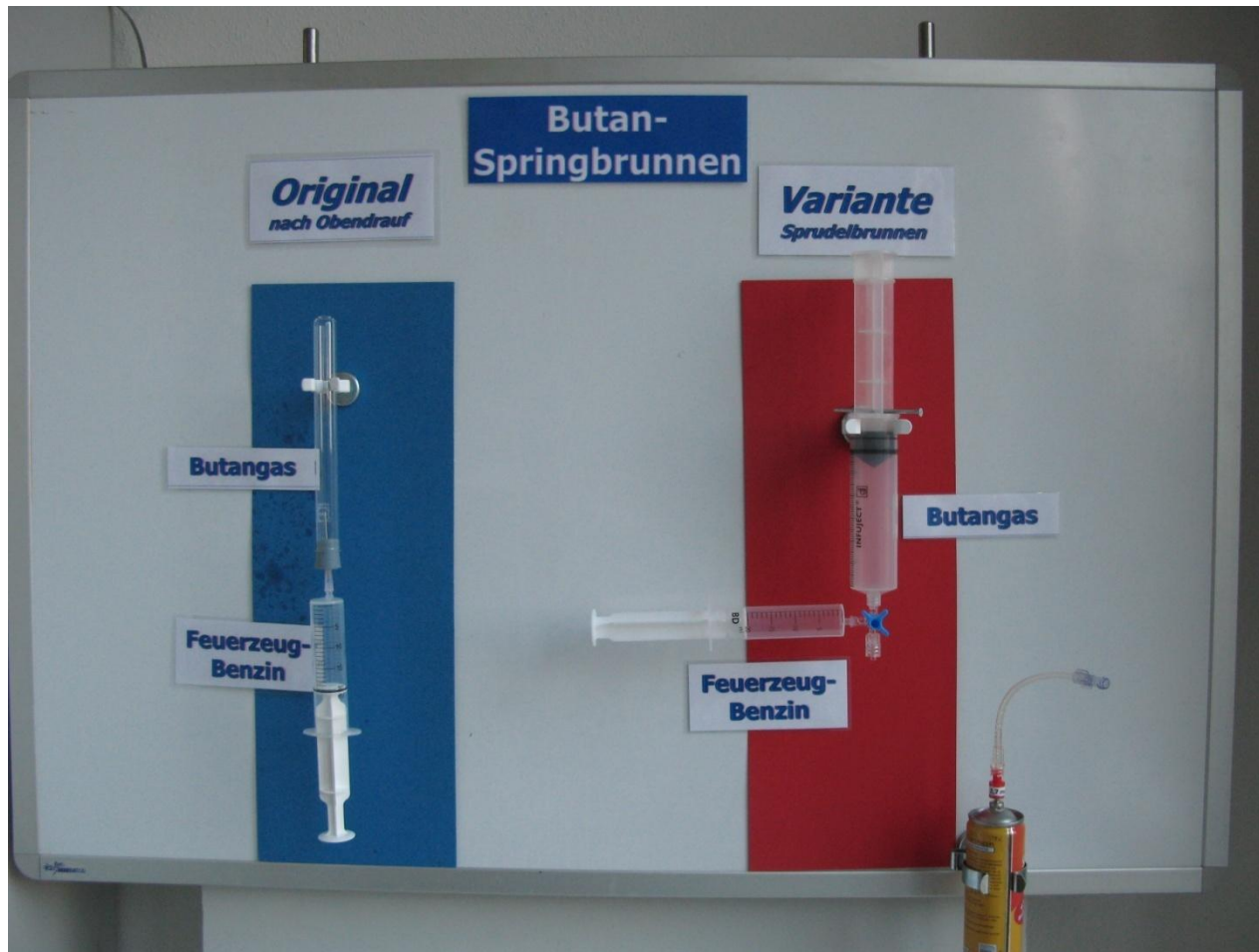
2.1.3 Löslichkeit und Flammen

Wasser wird ersetzt durch (Feuerzeug-)Benzin, Brennspritus oder andere Lösungsmittel



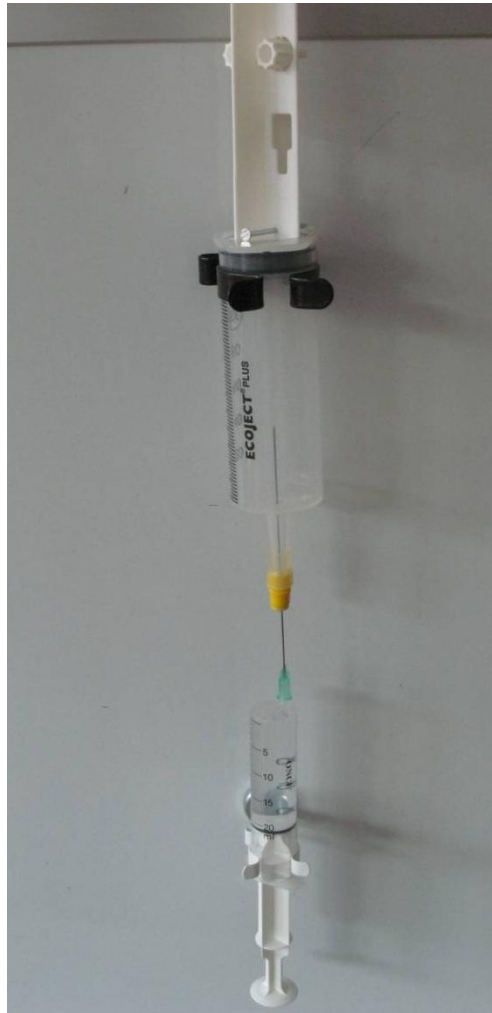
2.1.4 Springbrunnen-Versuch mit Butan und Benzin

V. Obendrauf; Chem.Sch.(Salzbg.) 18 (2003). Nr. 1, S. 11-22



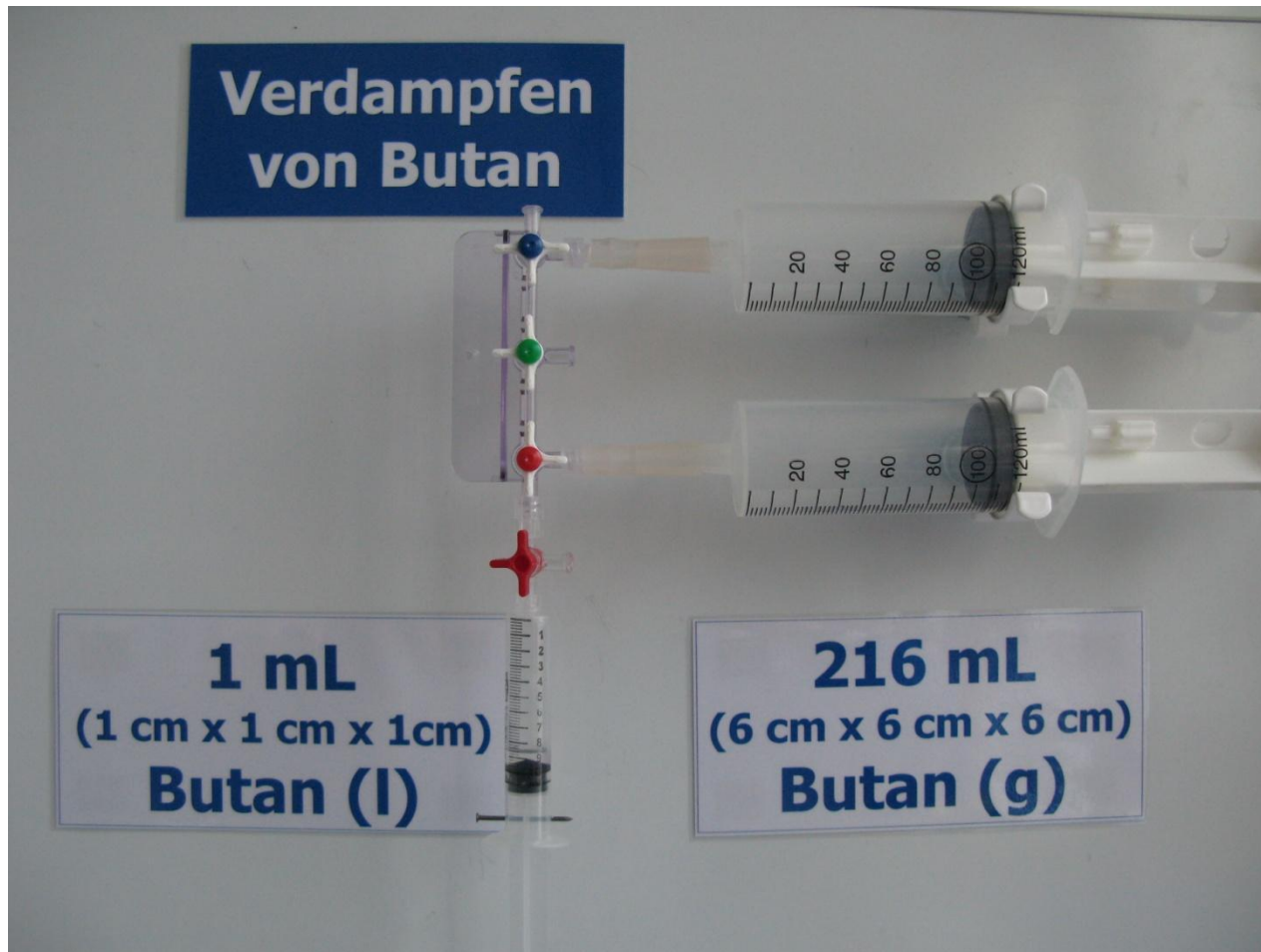
2.1.4 Springbrunnen-Versuch mit Butan und Benzin

Jubiläums-DVD Nr. 081 - auf CD als Filmclip enthalten

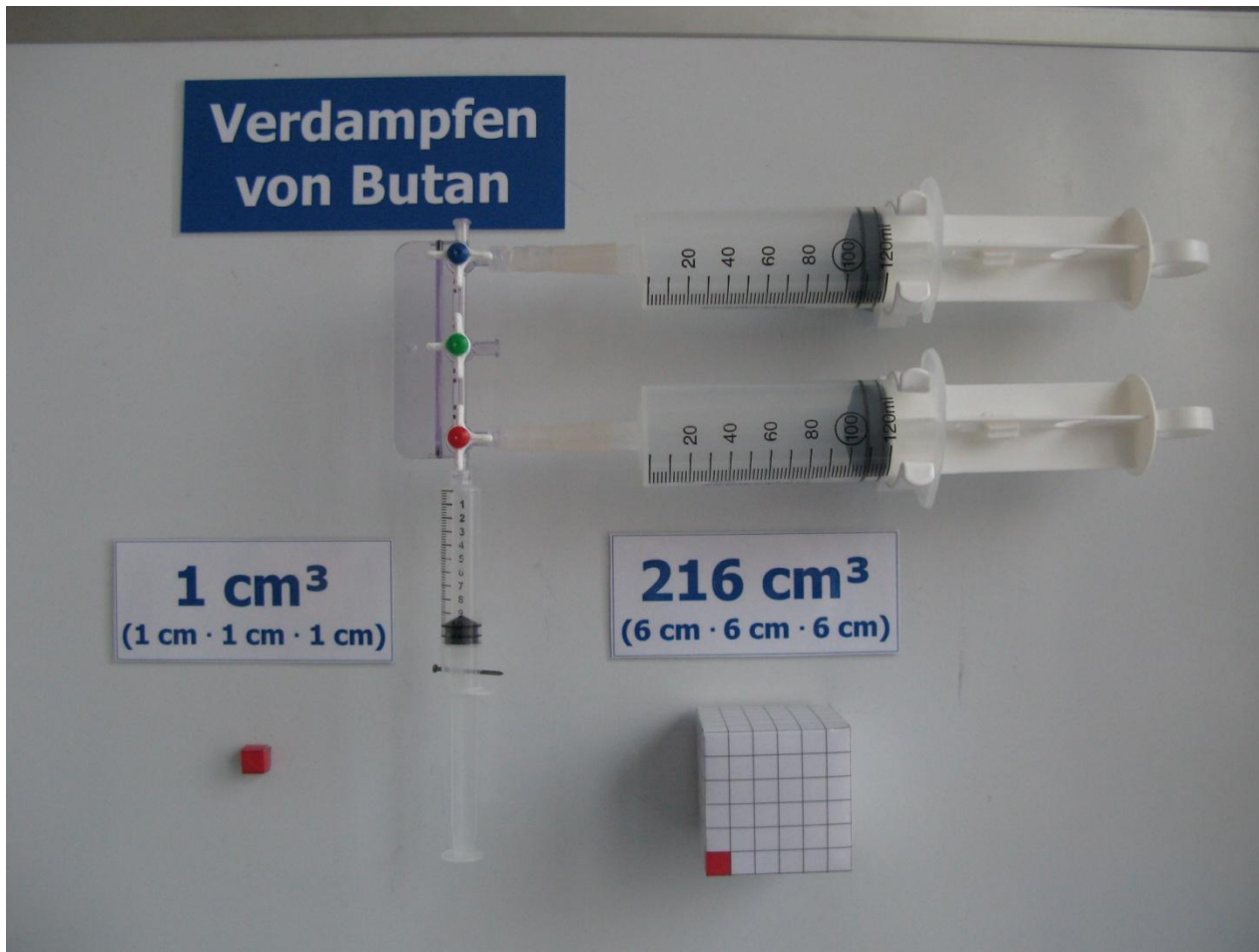


2.2.1 Verdampfen: Aus 1 mL Butan(l) entstehen 216 mL Butan(g)

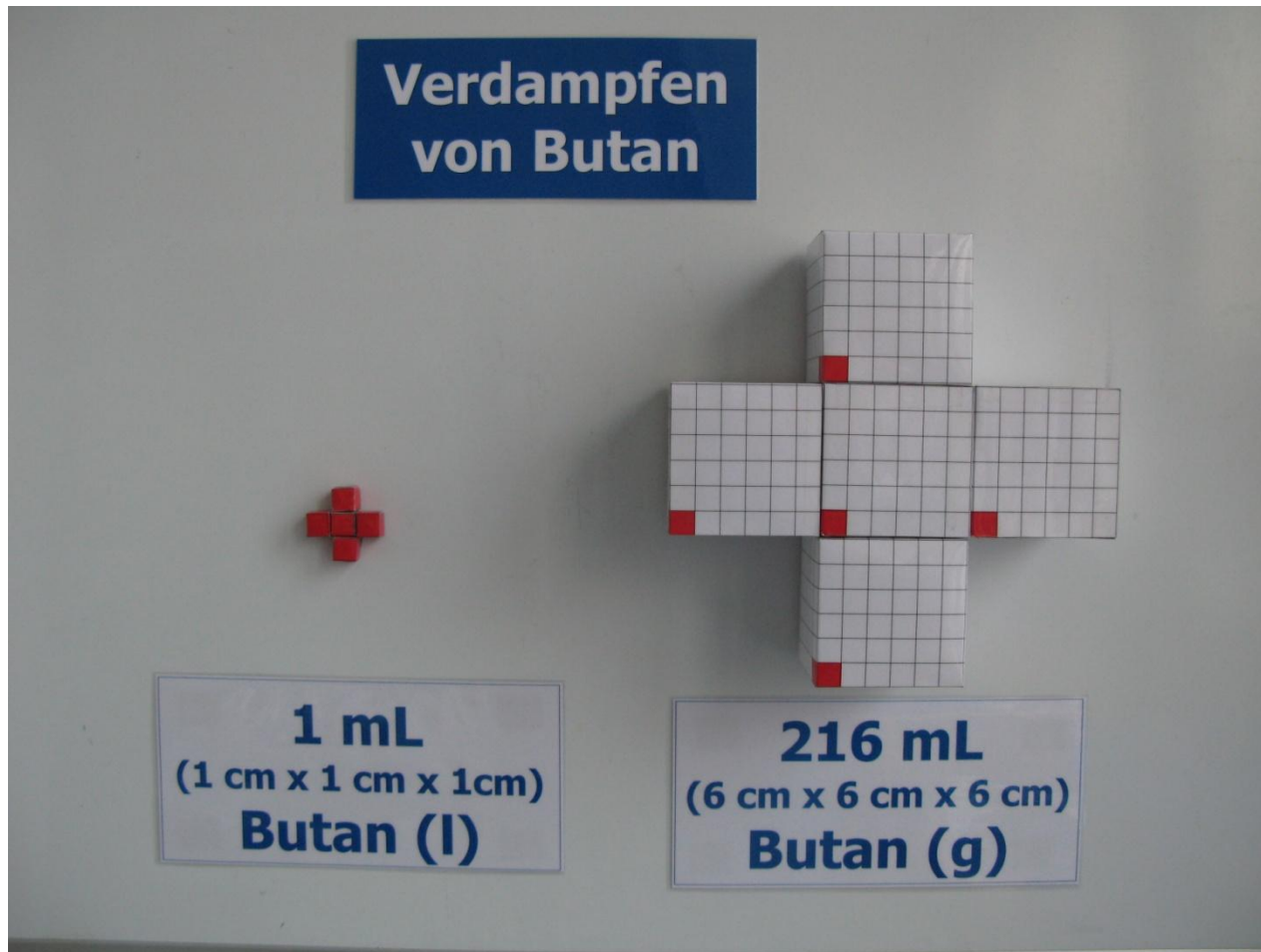
Petermann, Friedrich, Oetken; Die Quantifizierung des „Horror vacui“; PdN-CiS 60(2), 45-48 (2011)



2.2.1 Verdampfen: Aus 1 mL Butan(l) entstehen 216 mL Butan(g)
Teilchenmodell: Volumenzunahme um den Faktor 216

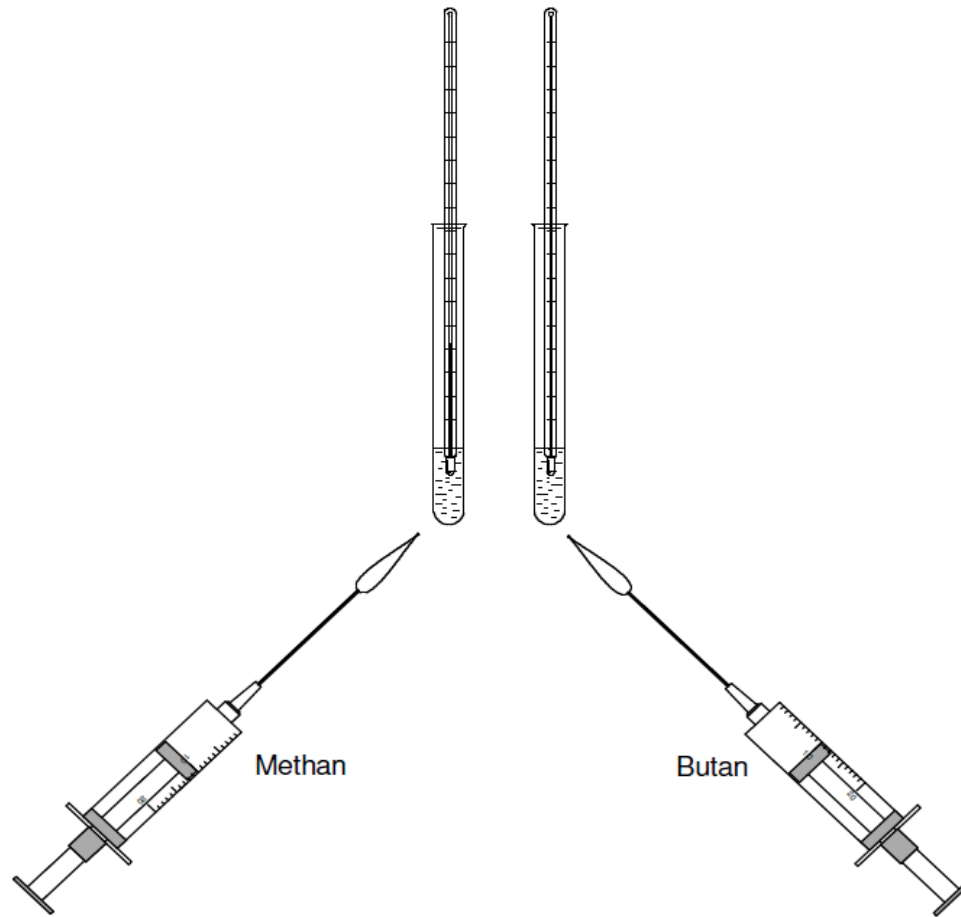


2.2.1 Verdampfen: Aus 1 mL Butan(l) entstehen 216 mL Butan(g)
Teilchenmodell: Vergrößerung des Teilchenabstandes um den Faktor 6

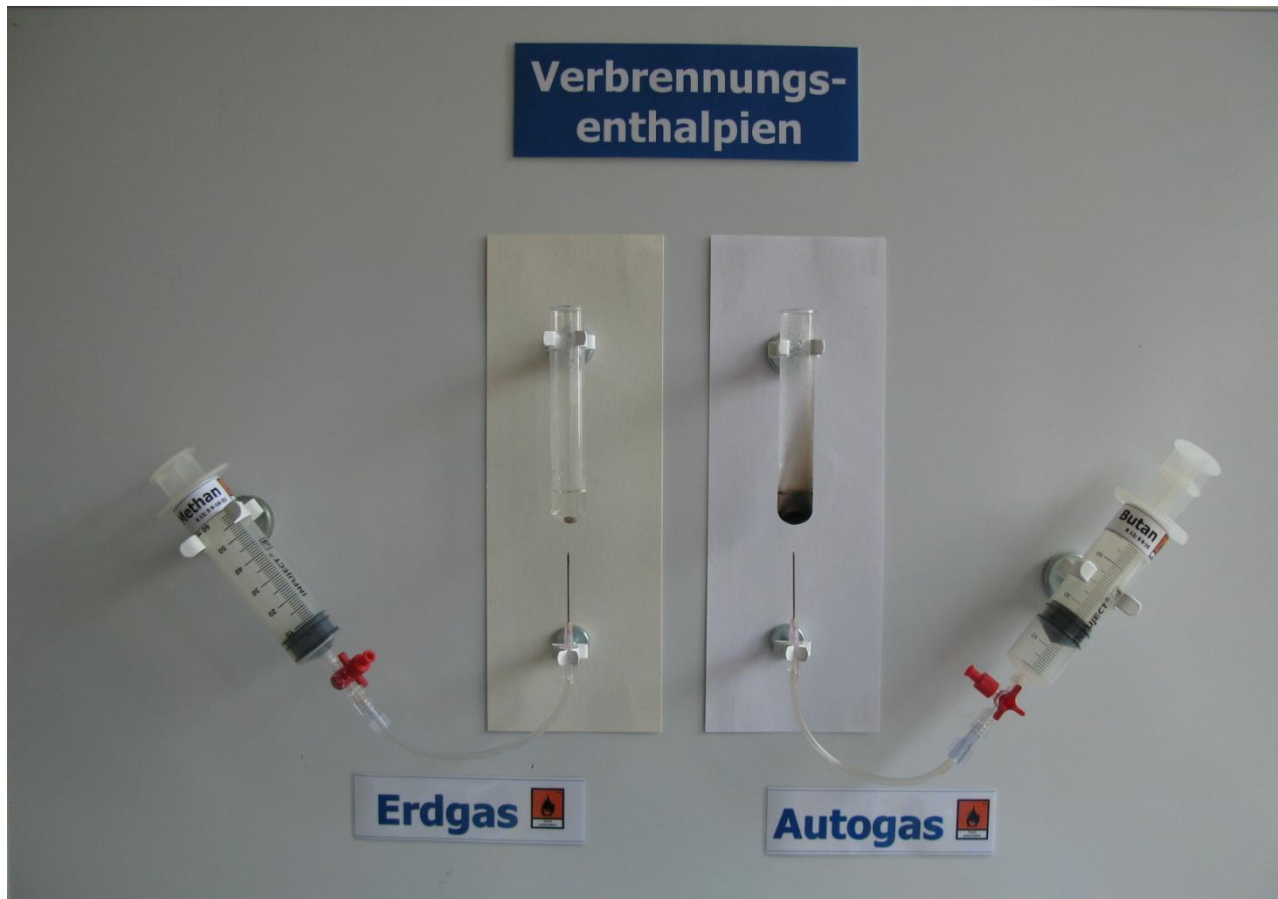


2.2.2 Verbrennungsenthalpien von Methan und Butan (Einstieg)

vgl. Brand-Skript (7.18); Jubiläums-DVD Nr. 076



2.2.2 Verbrennungsenthalpien von Methan und Butan (Einstieg) *vgl. Brand-Skript (7.18); Jubiläums-DVD Nr. 076*



2.2.2 Quantitative Bestimmung der Verbrennungsenthalpie

Jubiläums-DVD Nr. 076 - auf der CD als Filmclip vorhanden



2.2.3 Gaschromatogramme von Flüssiggas-Sorten

Verschiedene Flüssiggasdosen enthalten die (Haupt-)Bestandteile in verschiedenen Zusammensetzungen:
(Methan, Ethan,) Propan, i-Butan, n-Butan

Beachte:

Die quantitative Zusammensetzung ändert sich beim Entleeren der Dosen.

2.2.3 Gaschromatographie

Low-Cost-Gaschromatograph (nach Kappenberg)



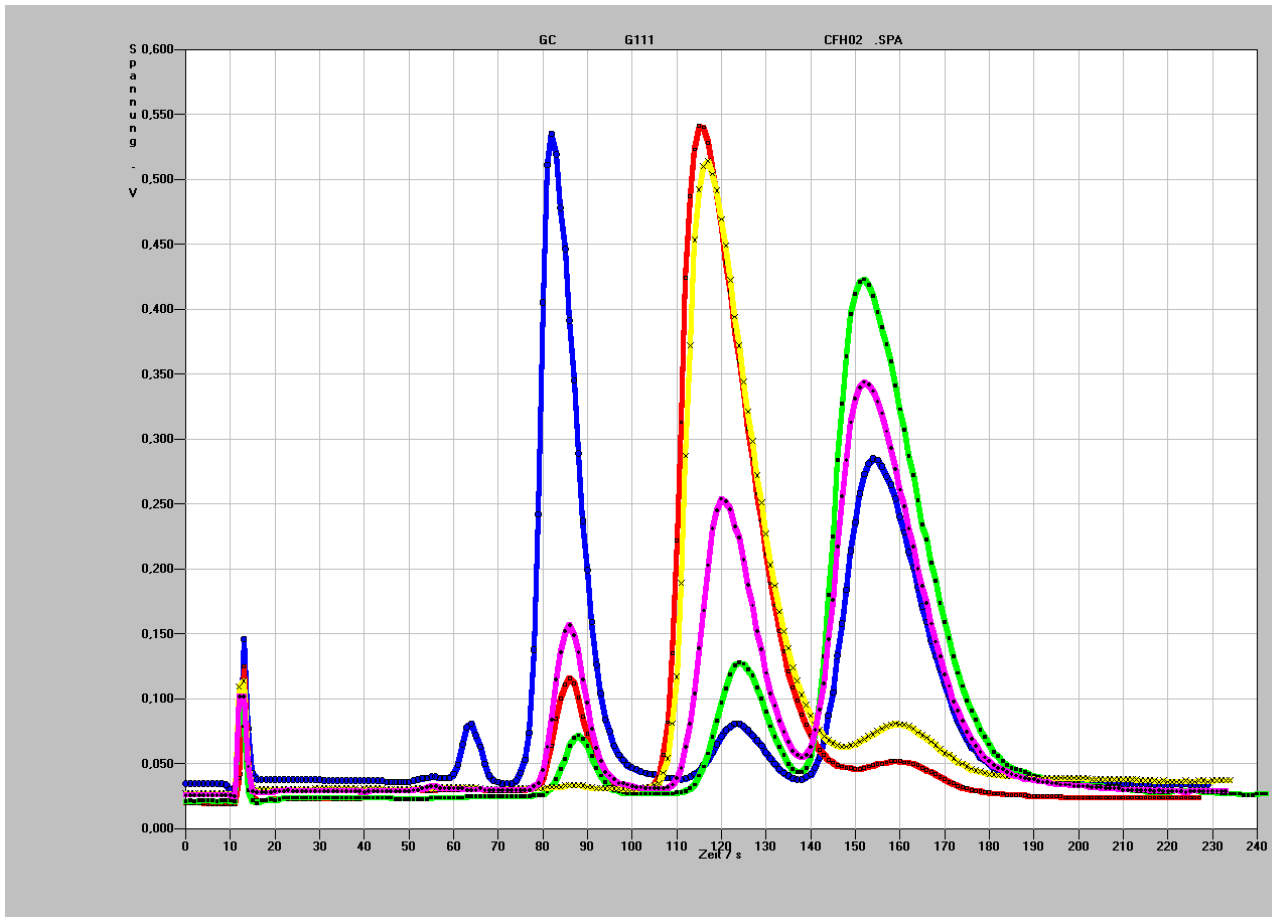
2.2.3 Ergebnis

10 verschiedene Flüssiggasdosen
enthalten die (Haupt-)Bestandteile in
10 verschiedenen Zusammensetzungen:

Ethan; Propan, i-Butan, n-Butan

2.2.3 Gaschromatograph: Low-Cost-GC nach Kappenberg (26.2.2005)

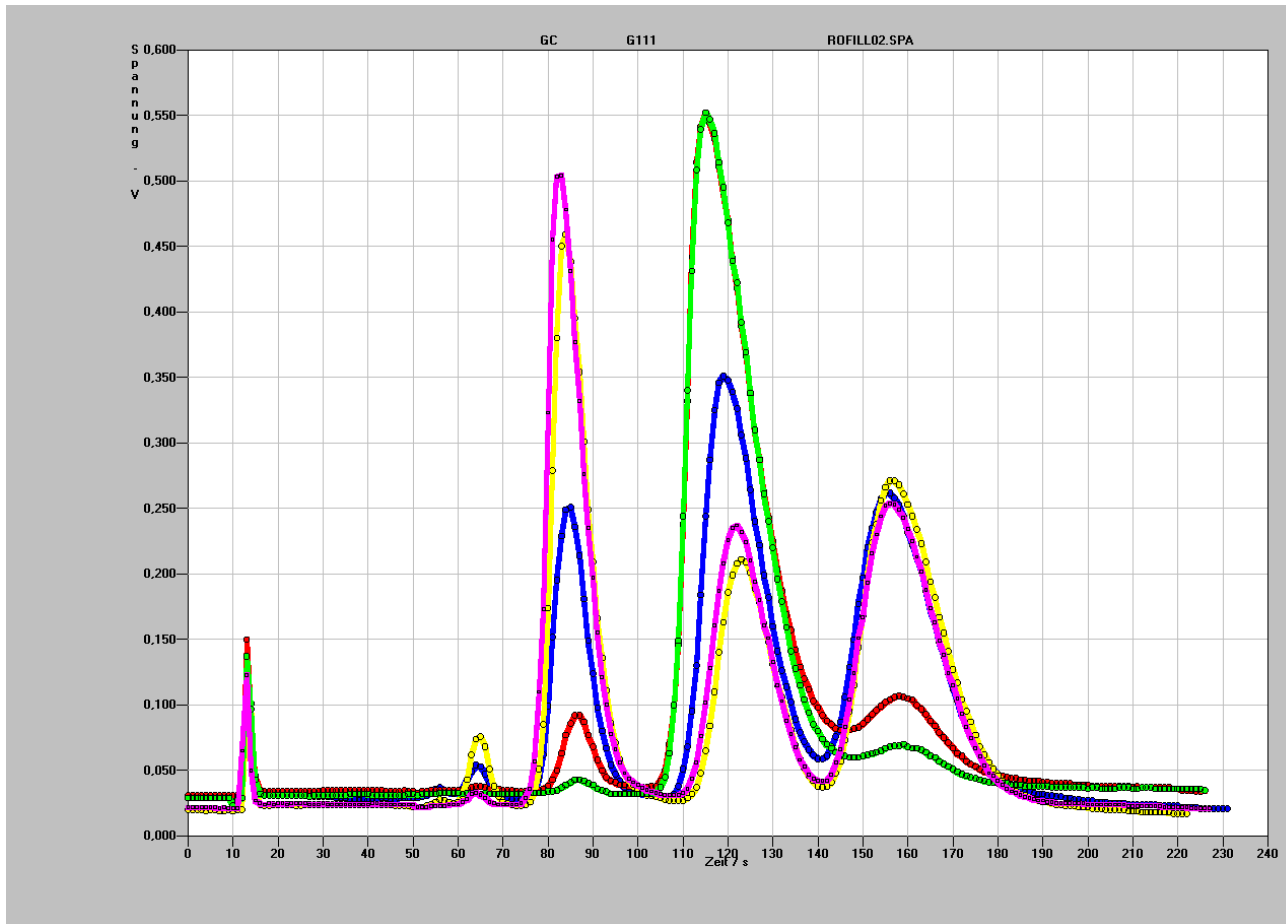
5 Feuerzeuggase (Nr. 1 – 5)



CFH (blau), Clipper (rot), EGRA (gelb), Esso (grün), Niemeyer (violett)

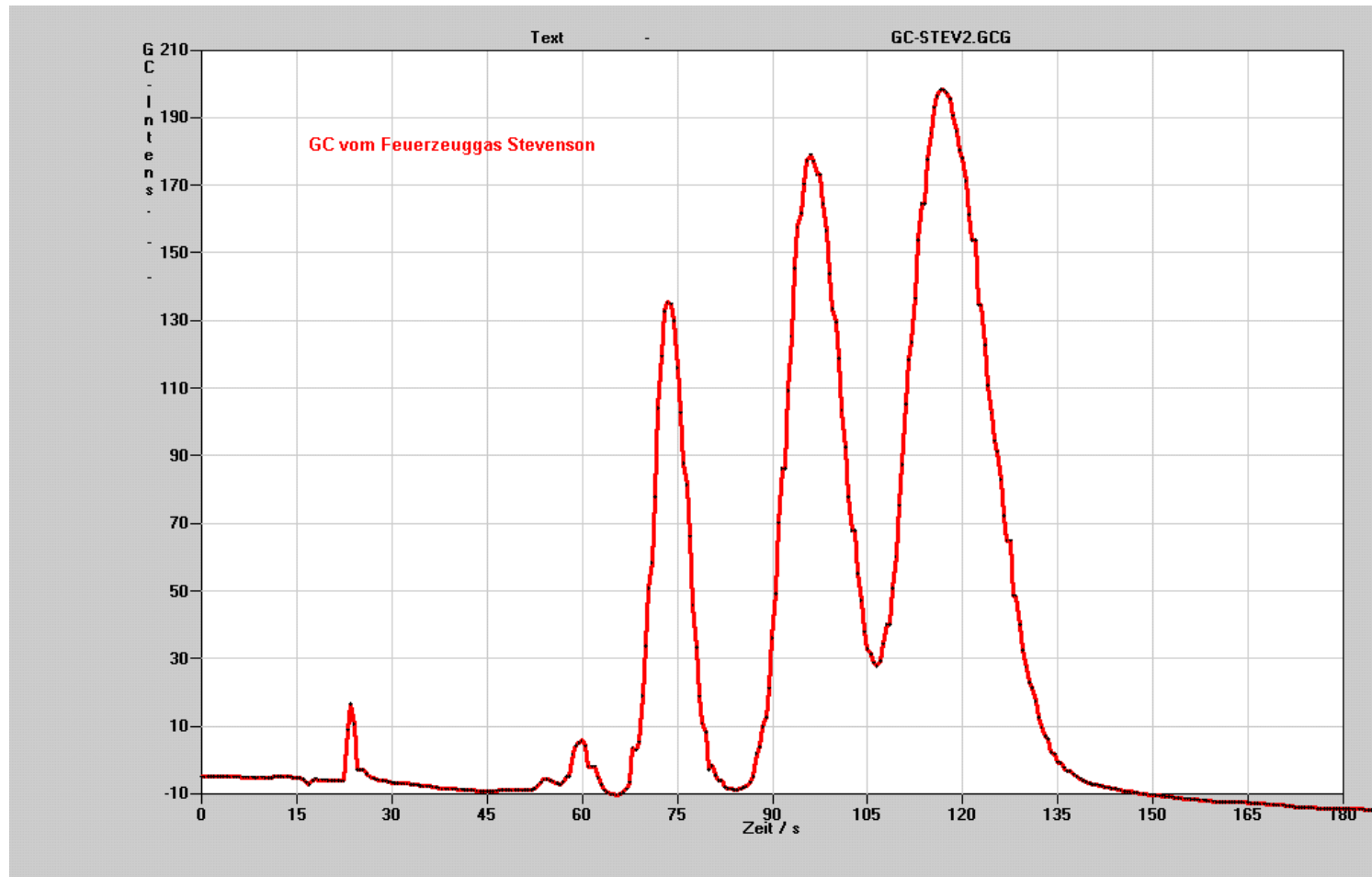
2.2.3 Gaschromatograph: Low-Cost-GC nach Kappenberg (26.2.2005)

5 Feuerzeuggase (Nr. 6 – 10)

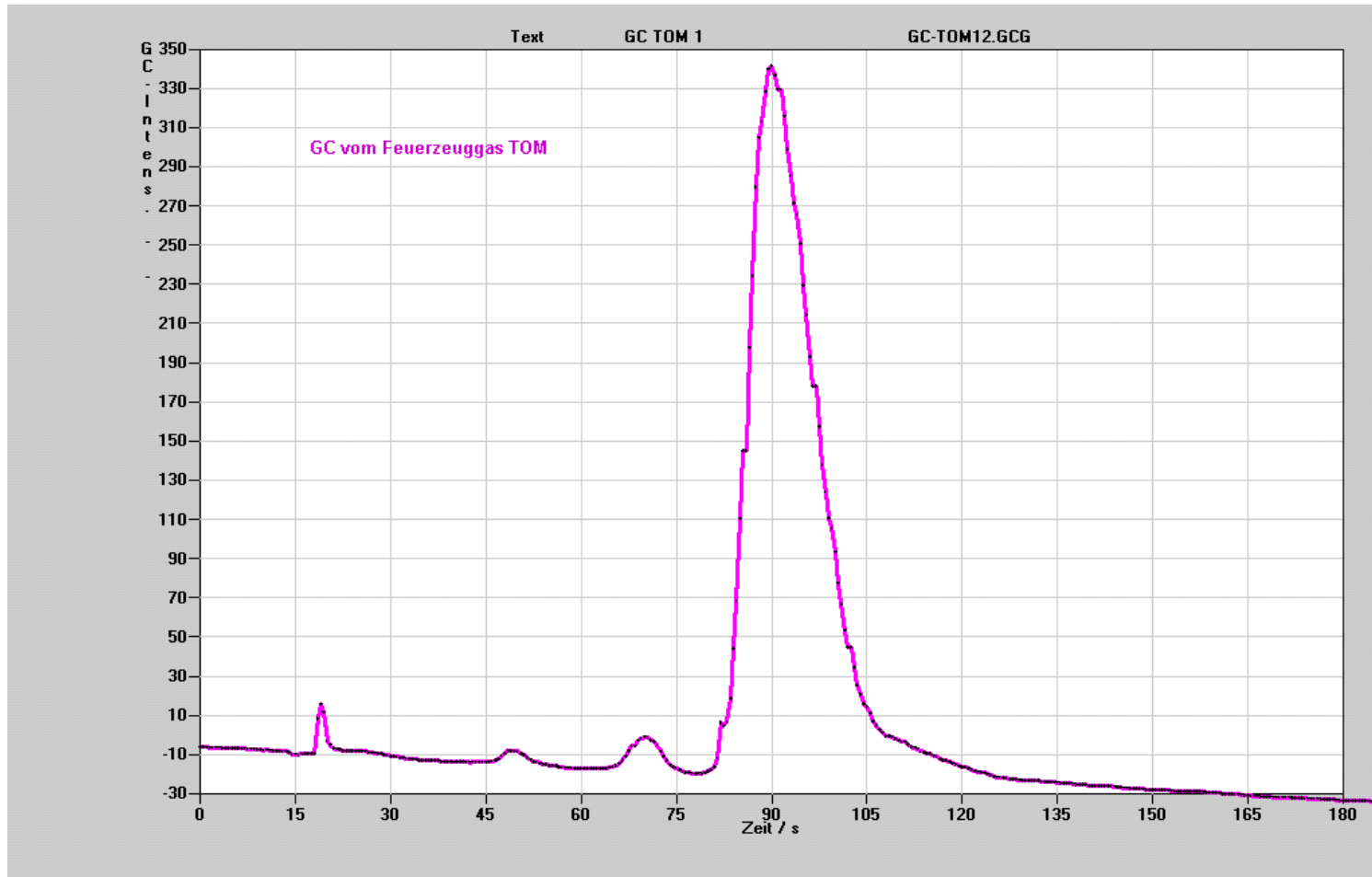


Rofill (blau), Rowenta (rot), Smart (gelb), TOB (grün), Unilite (violett)

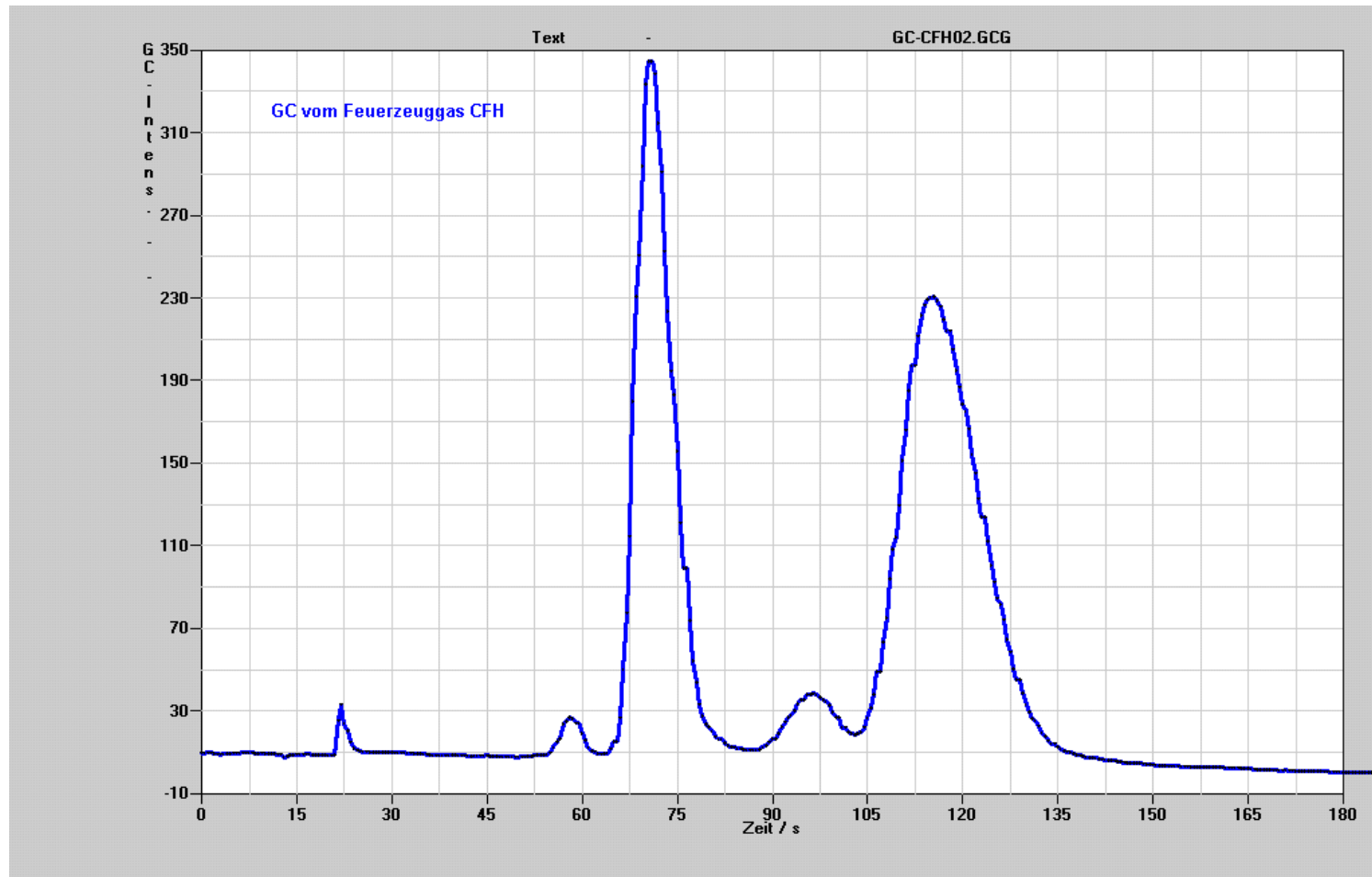
2.2.3 Zusammensetzung des Flüssiggases Stevenson: Propan, i-Butan, n-Butan (22.2.2013)



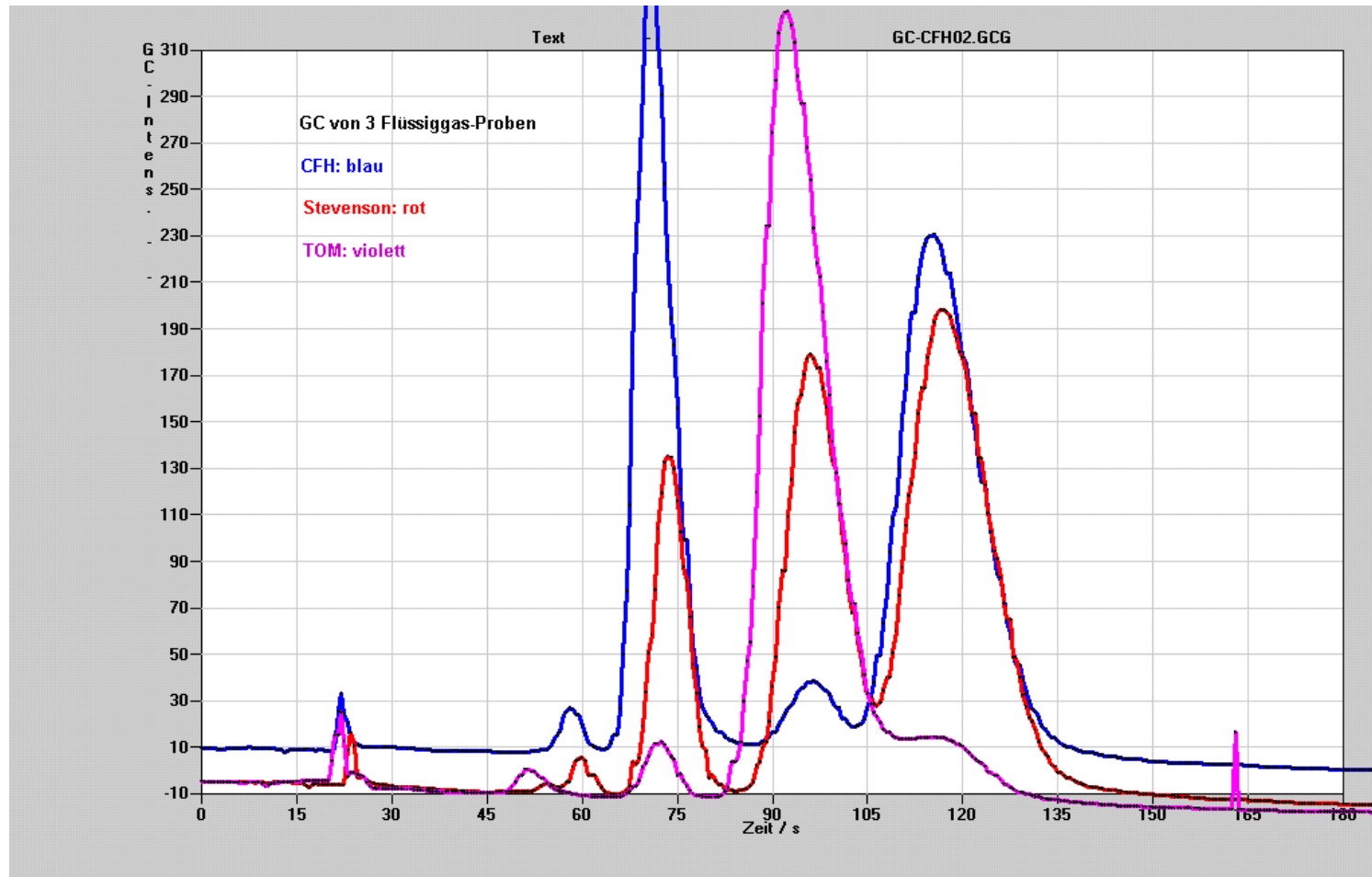
2.2.3 Zusammensetzung des Flüssiggases TOM: i-Butan, (n-Butan) (22.2.2013)



2.2.3 Zusammensetzung des Flüssiggases CFH: Propan, (i-Butan), n-Butan (22.2.2013)



2.2.3 Vergleich der drei Flüssiggas-Proben (Methan, Ethan,) Propan, i-Butan, n-Butan (22.2.2013)



2.2.3 Welches Flüssiggas gehört zu welcher Siedetemperatur?

A: $-10,5\text{ °C}$

B: $-7,5\text{ °C}$

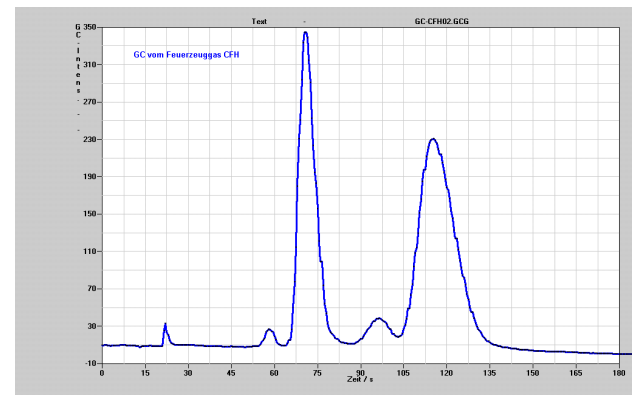
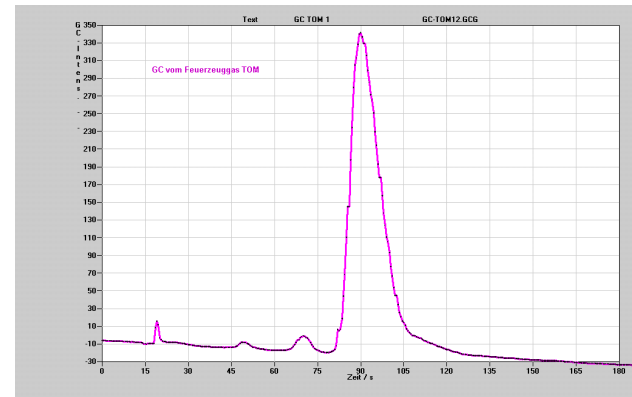
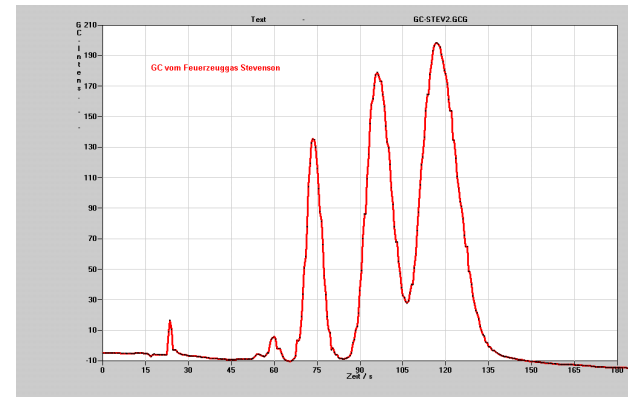
C: $-5,5\text{ °C}$

Siedetemperaturen der Reinstoffe

Propan: $-42,1\text{ °C}$

i-Butan: $-11,7\text{ °C}$

n-Butan: $-0,5\text{ °C}$



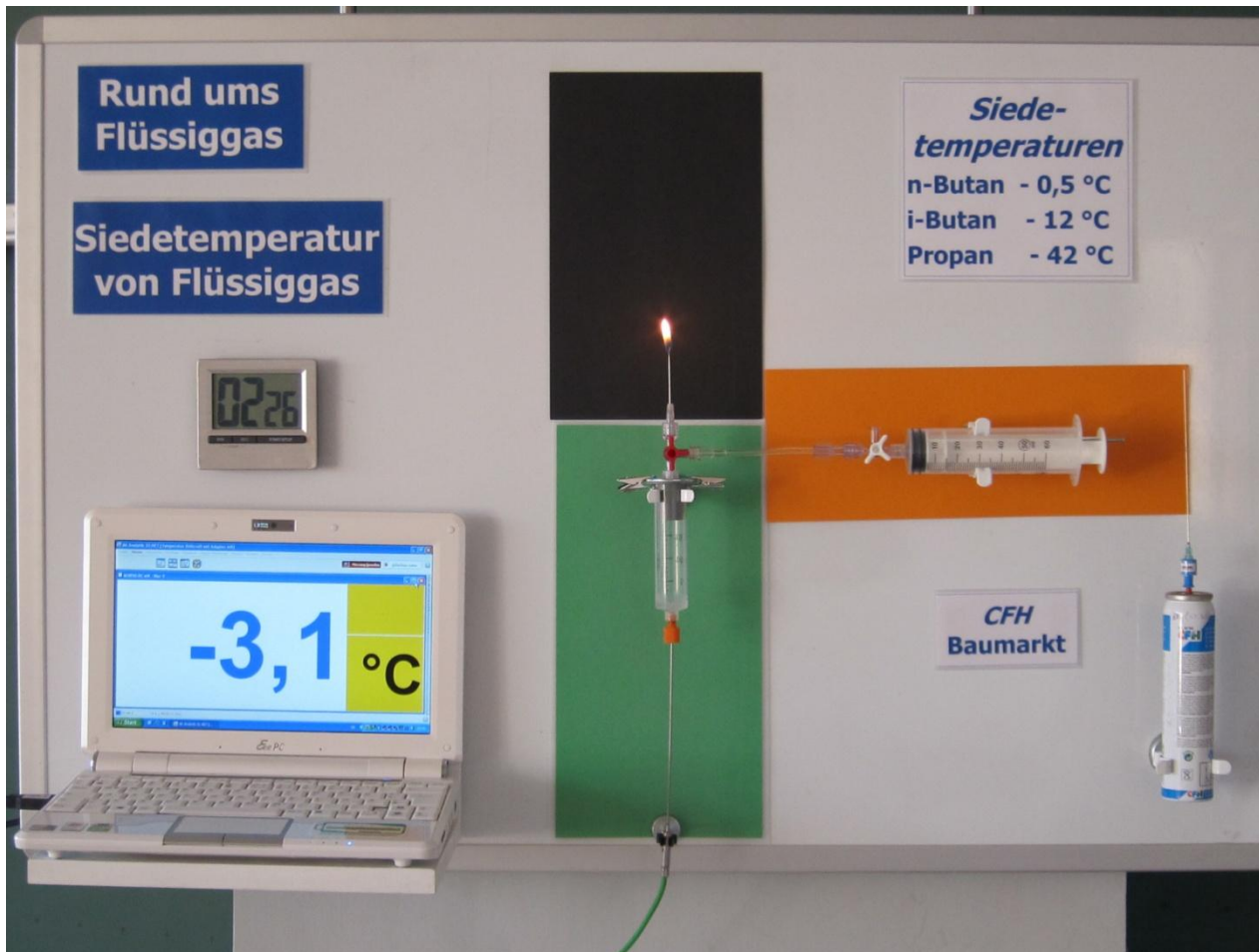
2.2.4 Siedetemperaturen von Flüssiggas

Abhängig von der Sorte: TOM (Großmarkt)



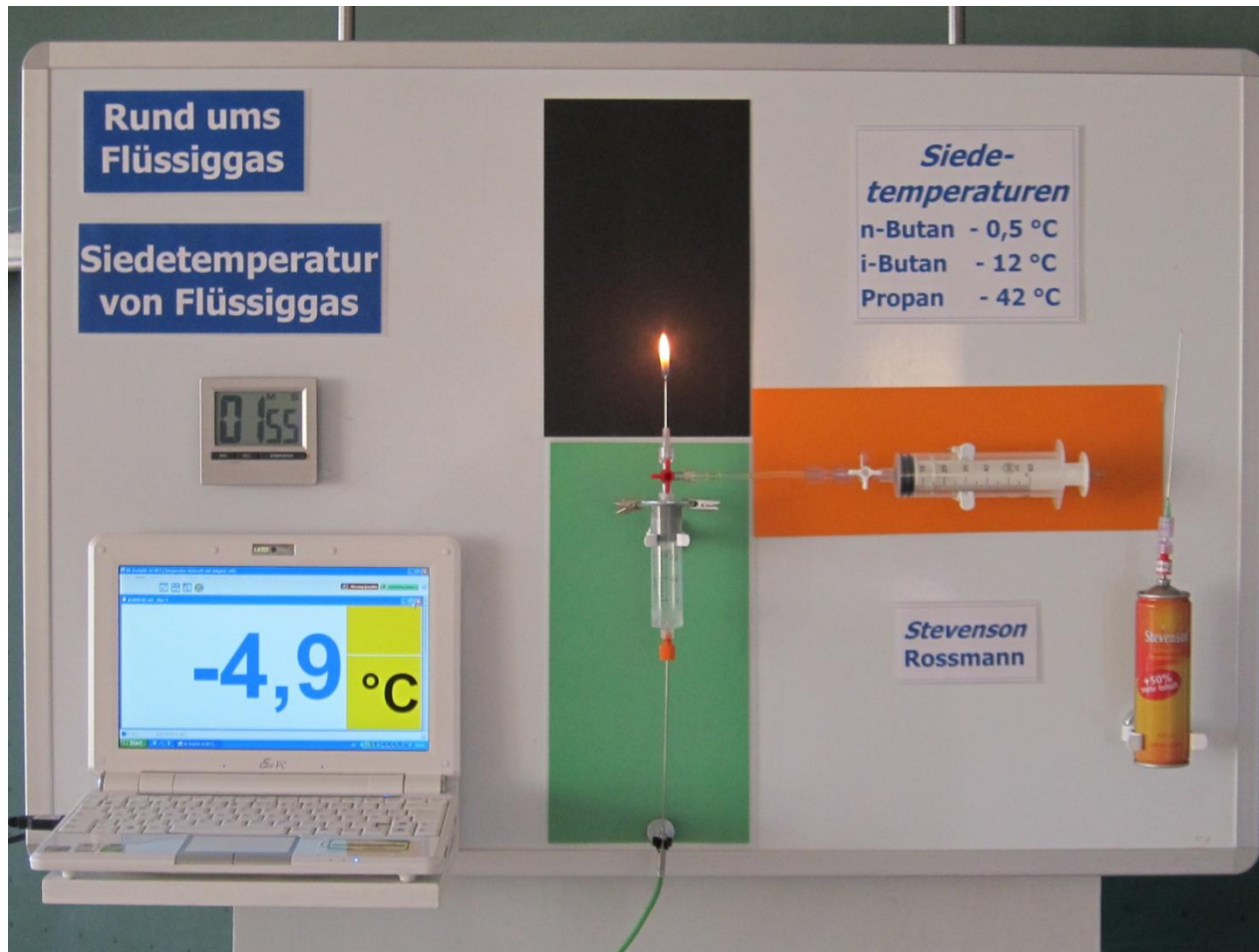
2.2.4 Siedetemperaturen von Flüssiggas

Abhängig von der Sorte: CFH (Baumarkt)



2.2.4 Siedetemperaturen von Flüssiggas

Abhängig von der Sorte: Stevenson (Rossmann)



2.2.4 Welches Flüssiggas gehört zu welcher Siedetemperatur?

Messwerte

A: -10,5 °C

Probe 2: TOM

B: -7,5 °C

Probe 3: CFH

C: -5,5 °C

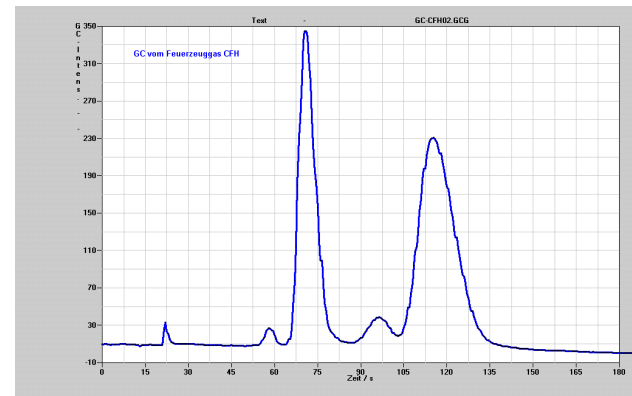
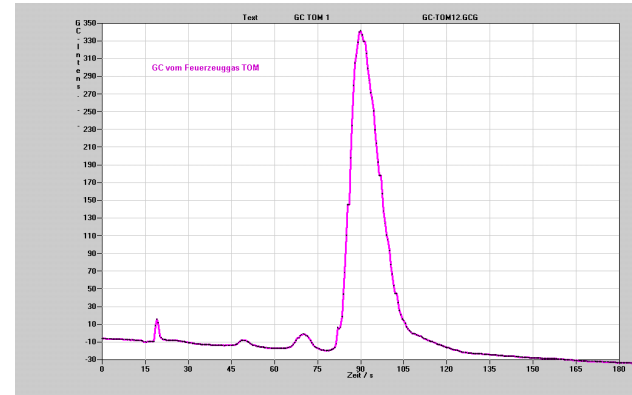
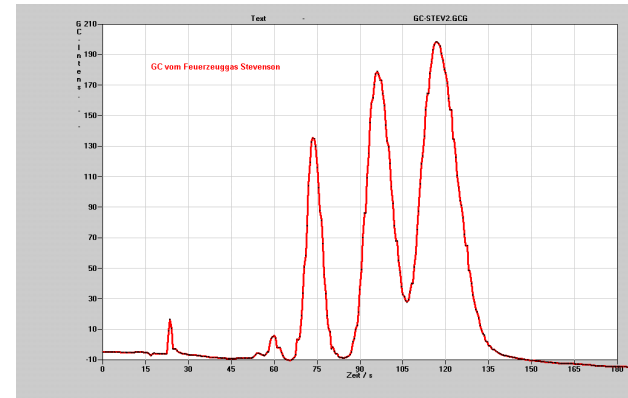
Probe 1: Stevenson

Siedetemperaturen der Reinstoffe

Propan: -42,1 °C

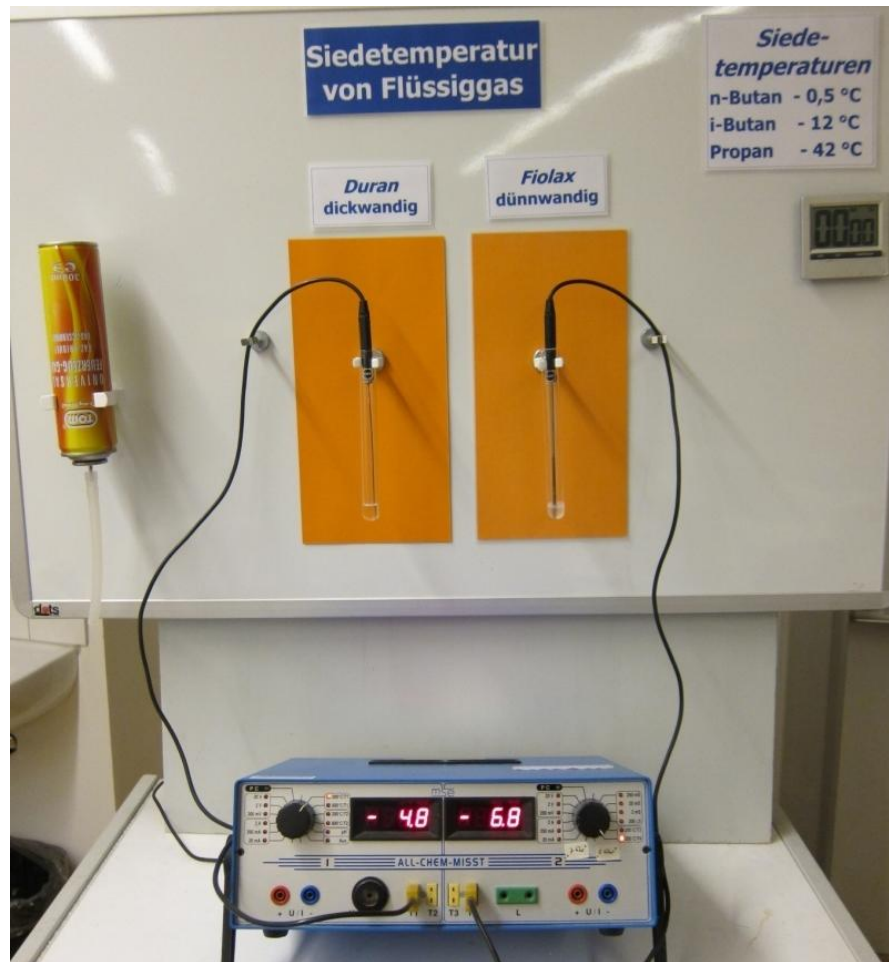
i-Butan: -11,7 °C

n-Butan: -0,5 °C



2.2.4 Siedetemperaturen von Flüssiggas

Abhängig von der Sorte, vom Reagenzglas, vom Wasser usw.



2.2.4 Siedetemperaturen und Flammengrößen von Flüssiggas

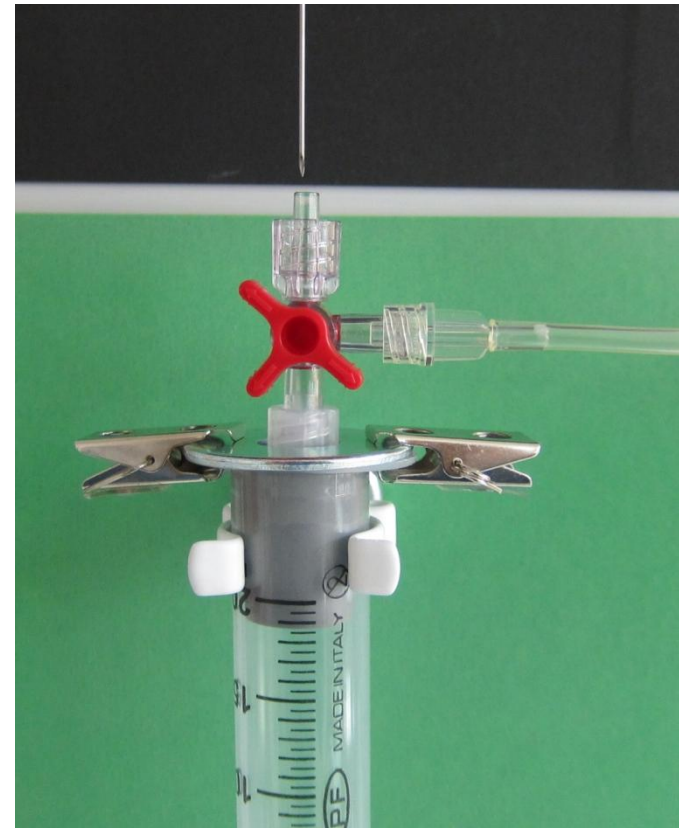
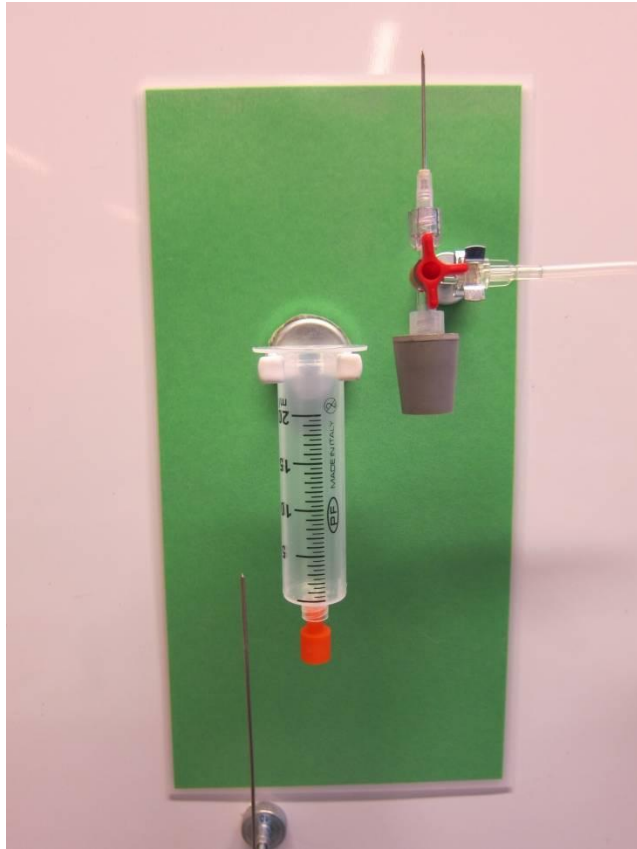
Abhängig von der Sorte, vom Reagenzglas, vom Wasser usw.

Temperaturen (von links nach rechts): - 5,5 °C, - 6,3 °C, - 4,3 °C, - 6,3 °C



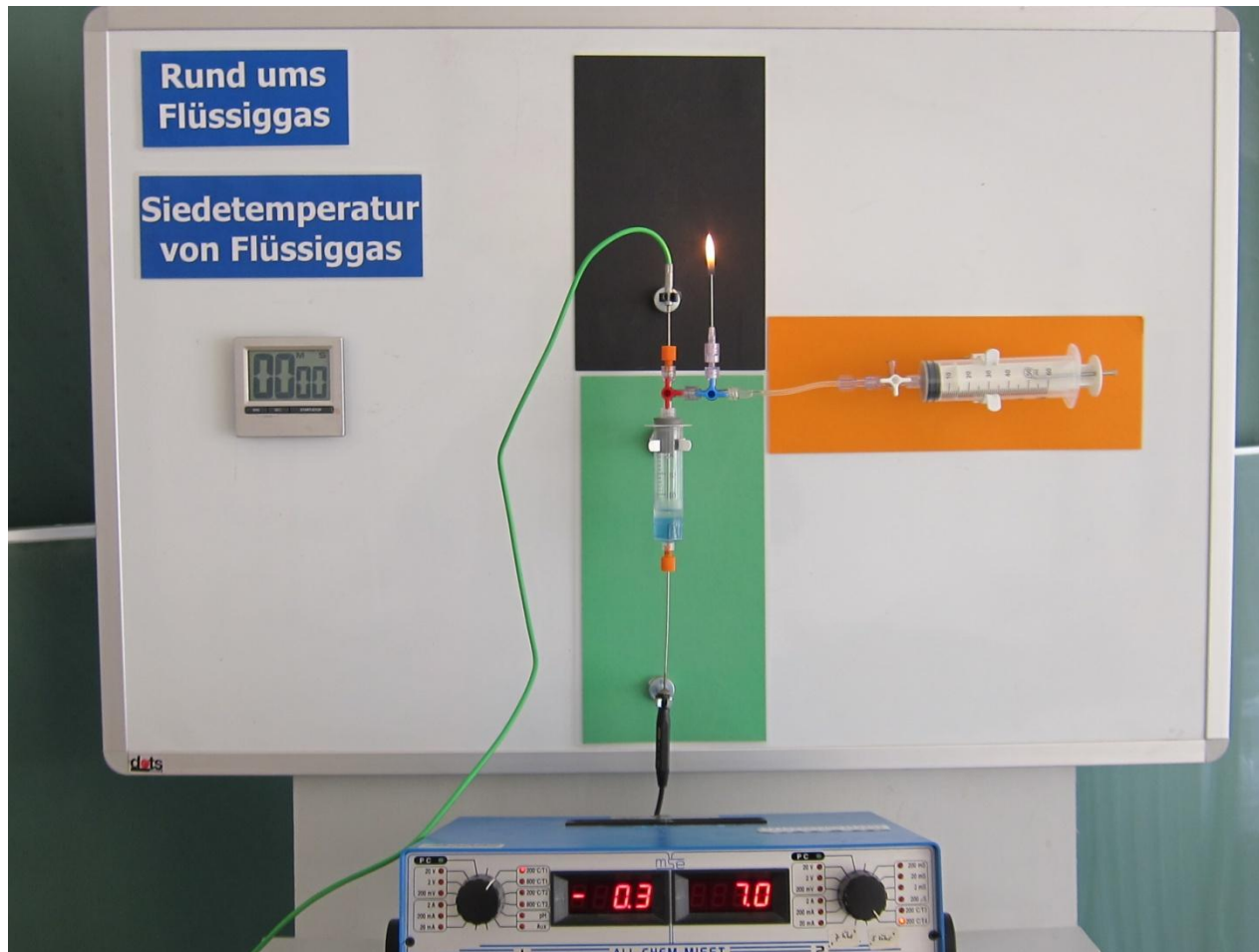
2.2.4 Aufbau der Apparatur (von unten nach oben):

Messsonde, durchbohrter Kombistopfen, 20 mL-Spritze, durchbohrter Gummistopfen mit Mini-Adapter-weiblich, Dreiwegehahn mit Kanüle und H.-V.
Zur Sicherung des Stopfens: Karosseriescheibe M12, 2 Klammern.



2.2.4 Siedetemperatur, Flammengröße, Verdampfungsgeschwindigkeit

Messung in einer Apparatur: Aufbau mit zwei Temperaturfühlern
Temperatur des Flüssiggases (links) – Temperatur des Wassers (rechts)



2.2.4 Siedetemperatur, Flammengröße, Verdampfungsgeschwindigkeit

Messung in einer Apparatur:

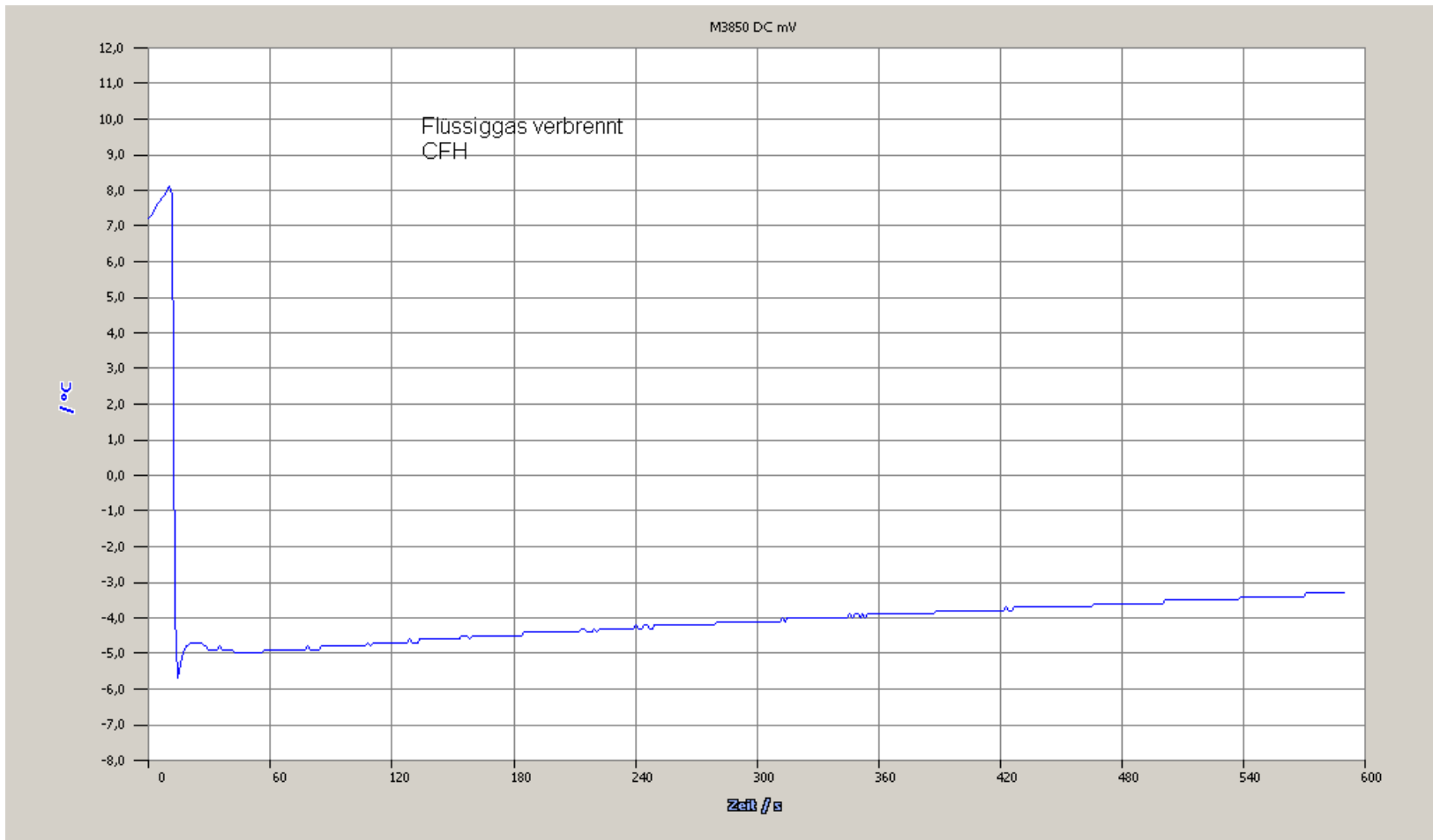
Temperatur des Flüssiggases (oben) und des Wassers (unten)



2.2.4 Temperatur des Flüssiggases beim Verbrennen

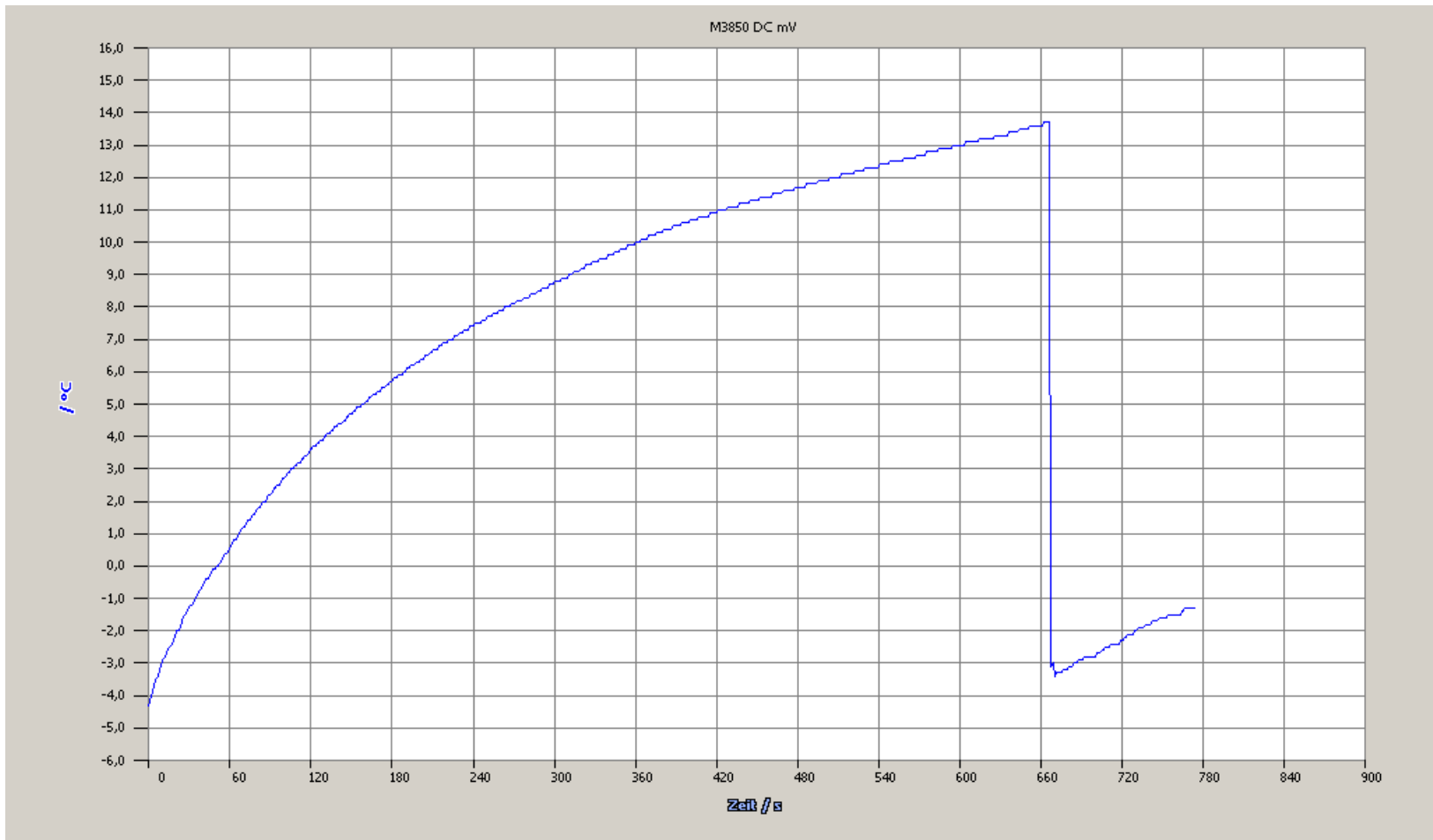
Die Temperatur steigt sehr langsam ($0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Min}$)

(23.02.2013)

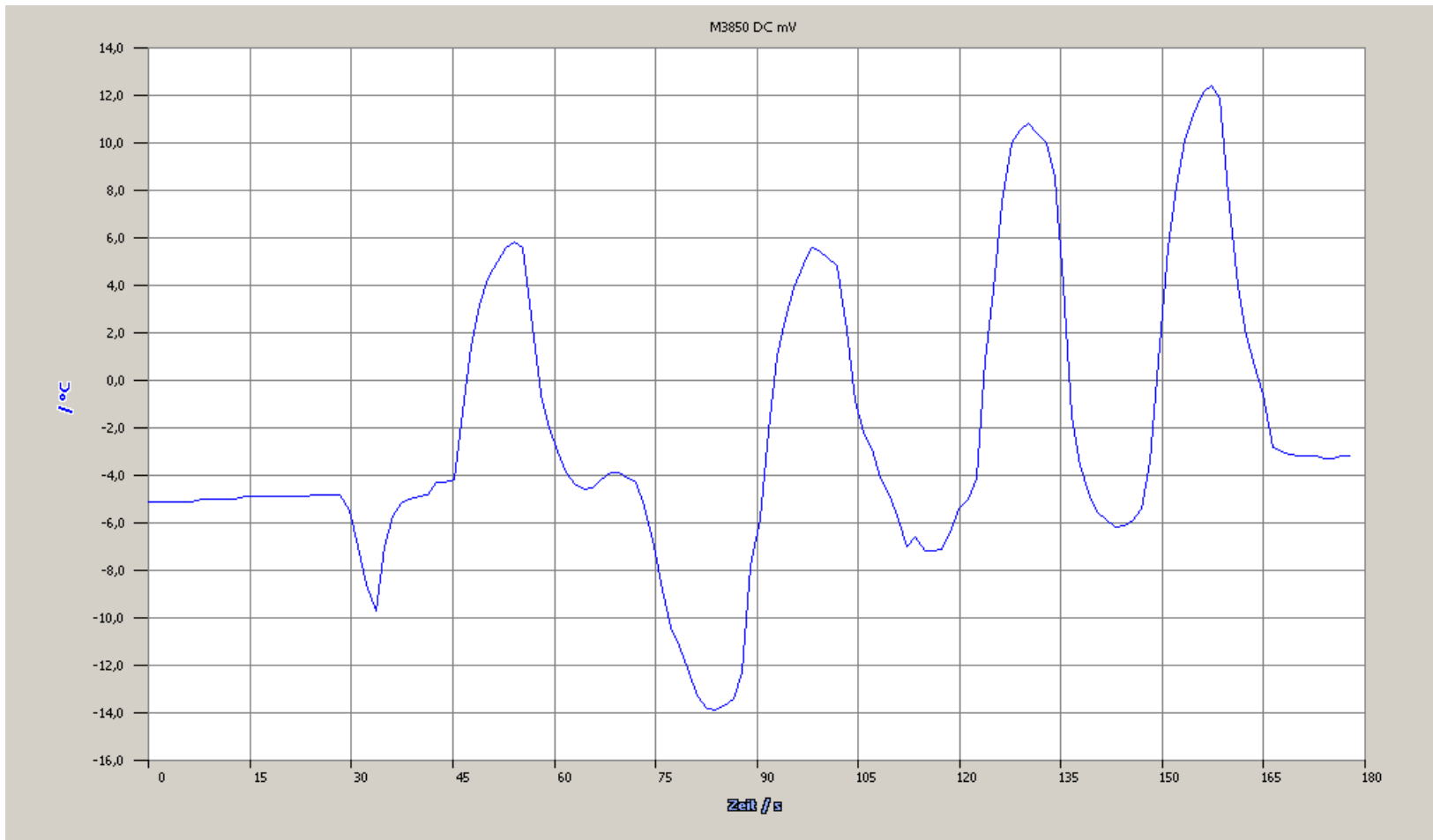


2.2.4 Temperatur bei Druckänderung

- (1) 0 – 11 Minuten: DWH geschlossen – Druckaufbau,
- (2) 11. Minute: DWH geöffnet – Druckabfall auf Normaldruck,
- (3) ab 11. Minute: Gas verbrennt

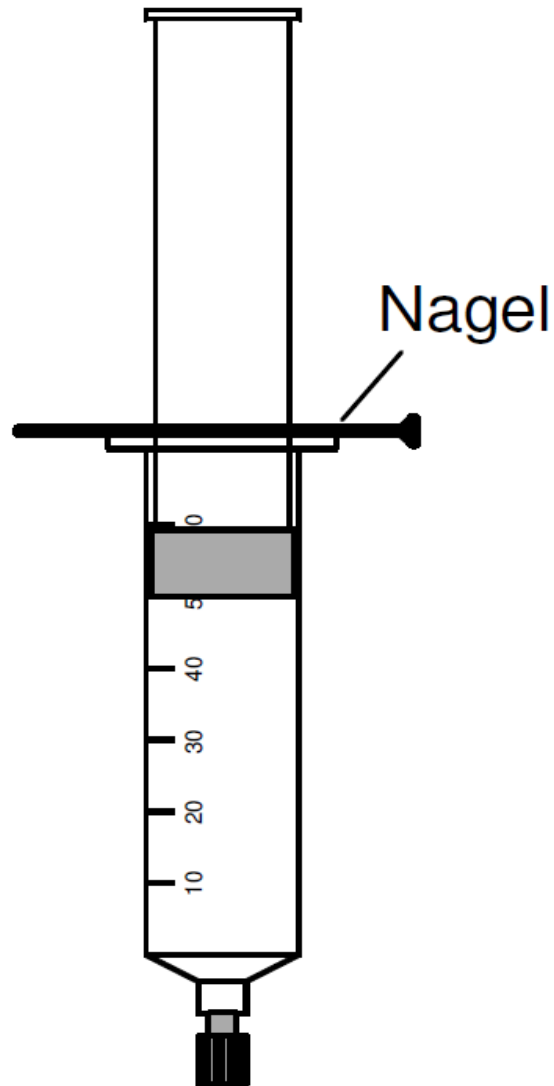


2.2.4 Temperatur des Flüssiggases bei Druckänderung: Im Wechsel wird Über- und Unterdruck (durch Spritze) erzeugt



2.2.5 Dichte-, bzw. Molekülmassenbestimmung

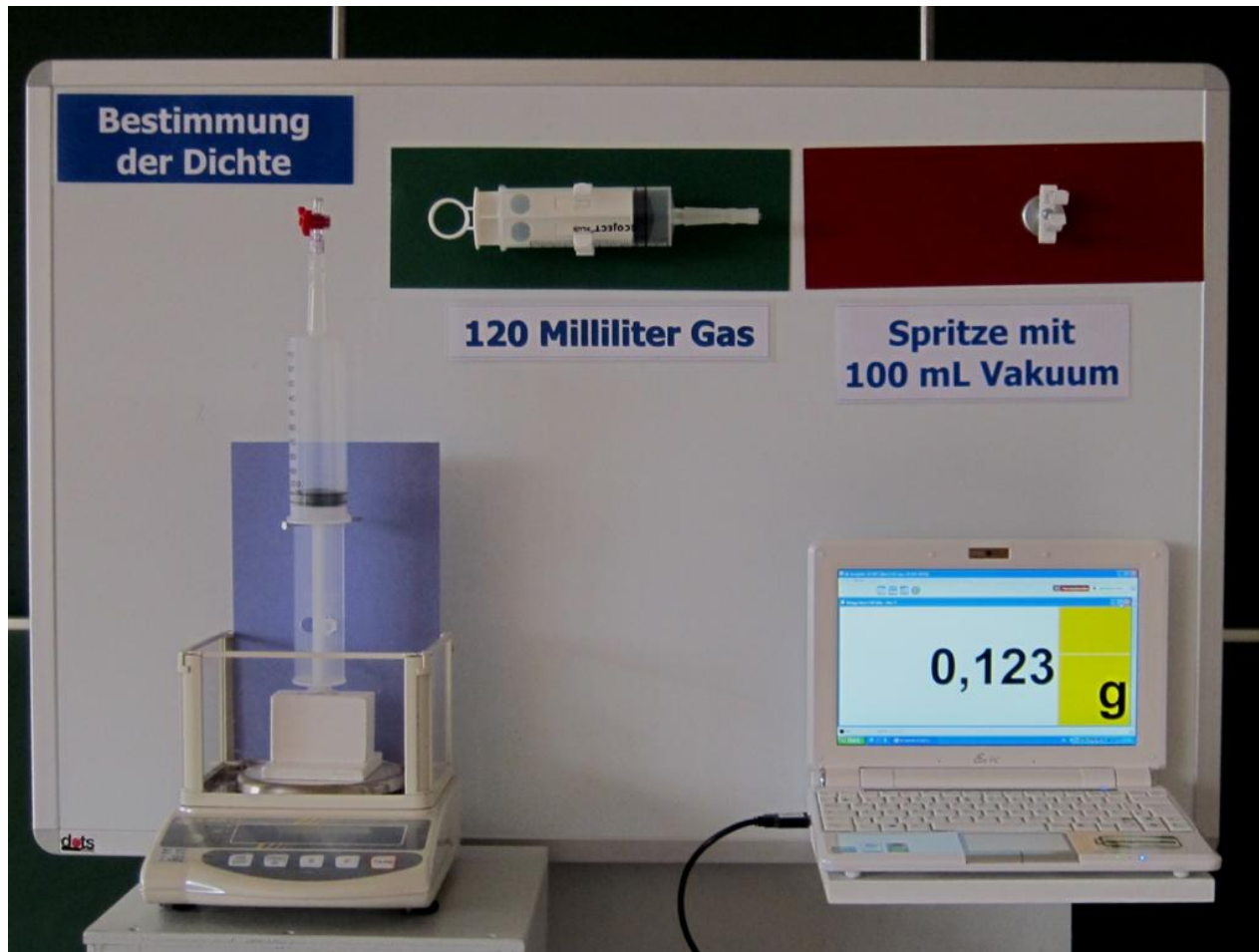
Brand-Skript (7.17)



2.2.5 Dichte-, bzw. Molekülmassenbestimmung

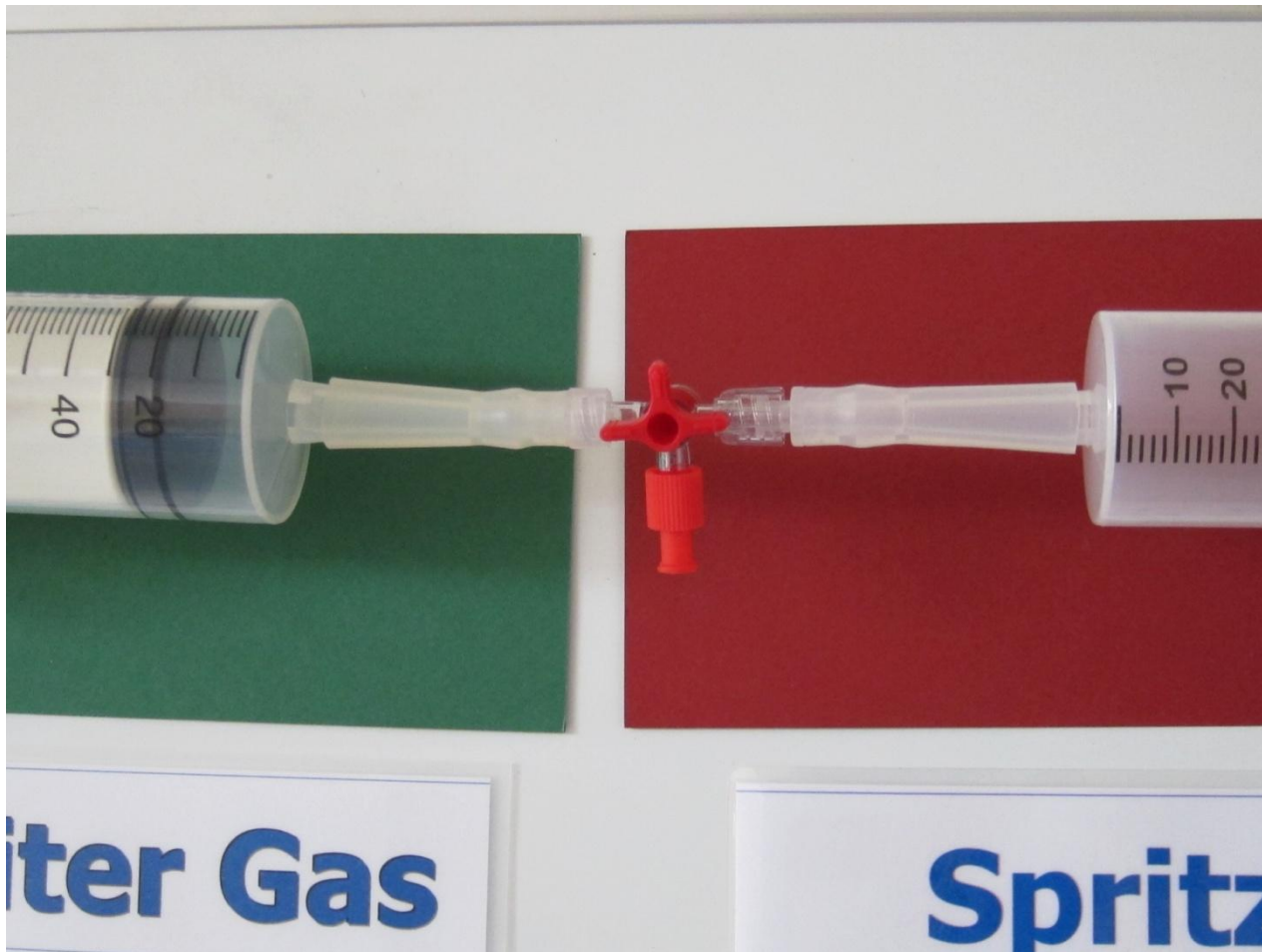
Magnettafelwagen: Waage; Einsatz des Netbooks als Großanzeige

Beispiel: Dichte von Luft = 123 mg/100 mL = 1,23 g/L; d. h. Molekülmasse = 29 u



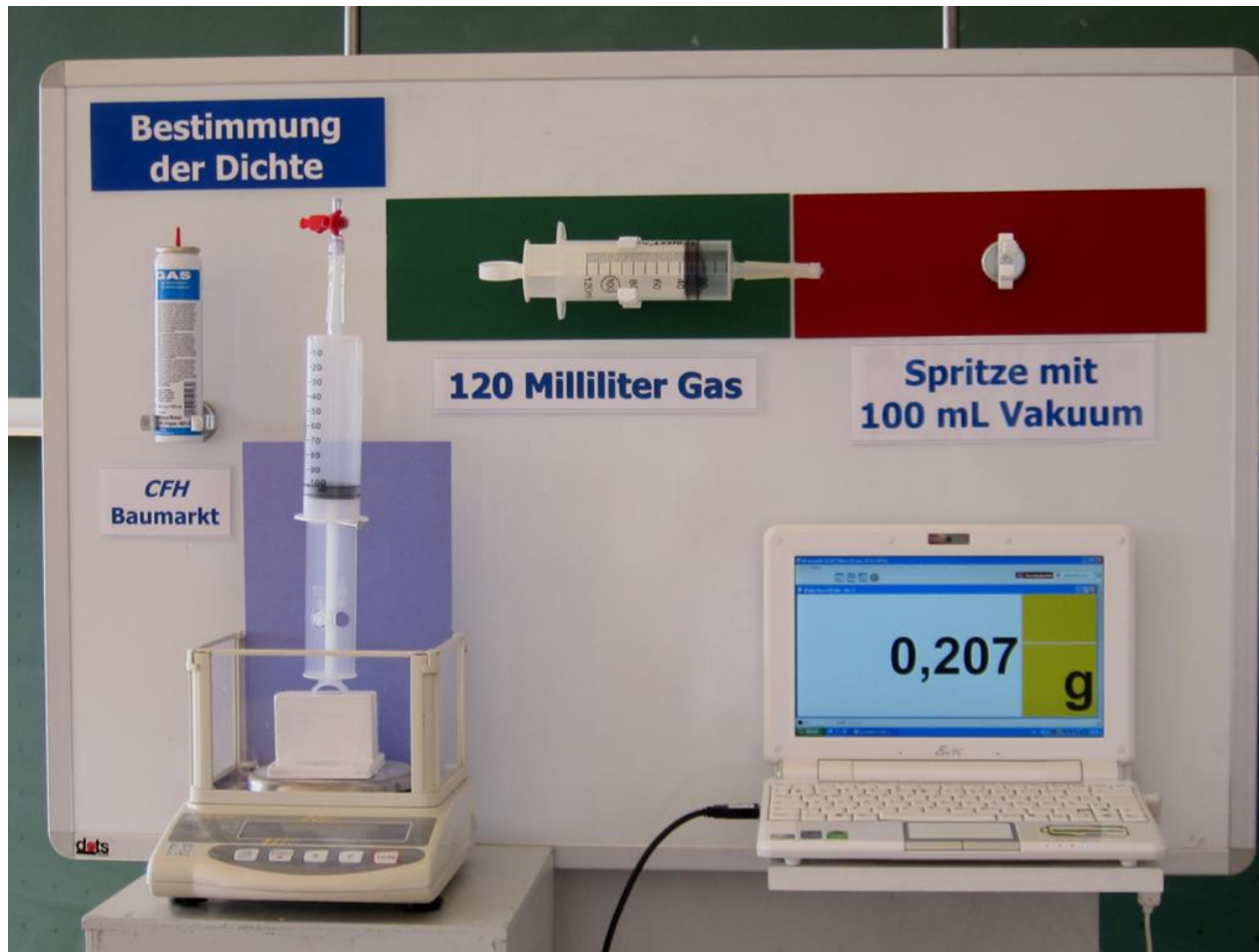
2.2.5 Dichte-, bzw. Molekülmassenbestimmung

Restvolumen in der 120 mL-Spritze: 20 mL



2.2.5 Dichte-, bzw. Molekülmassenbestimmung

Beispiel: 207 mg / 96 mL – Dichte = 2,2 g/L – Molekülmasse = 52 u



Vergleich der Ergebnisse: Molekülmassenbestimmung und GC-Auswertung

	CFH	Stevenson	TOM
Dichtebestimmung	52 u	55 u	54 u
aus GC berechnet	51 u	56 u	57 u
	passt nicht zur Angabe 56% Butan		

2.3 Butan-Rakete:

Einfüllen der Gase (200 mL Butan + 1300 mL Sauerstoff)

Jubiläums-DVD Nr. 036



Flüssiggas und „low cost“

Die Preise des Flüssiggases sind extrem unterschiedlich

Quelle	Menge	Preis
Feuerzeug-Gas CFH	100 mL-Kartusche (2,69 €)	27,00 € pro 1000 mL
Feuerzeug-Gas Rossmann	100 mL-Kartusche (1,49 €)	15,00 € pro 1000 mL
Feuerzeug-Gas Großmarkt	300 mL-Kartusche (1,90 €)	6,30 € pro 1000 mL
Campingaz	2,8 kg-Flasche (23,50 €)	4,80 € pro 1000 mL
Autogas Tankstelle	Beliebige Menge	0,80 € pro 1000 mL